

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

MARIANNE COSTA OLIVEIRA

ENSAIOS EM ECONOMIA URBANA E TRANSPORTES

Porto Alegre

2023

MARIANNE COSTA OLIVEIRA

ENSAIOS EM ECONOMIA URBANA E TRANSPORTES

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Economia, área de concentração: Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Sabino da Silva Porto Junior

Porto Alegre

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Costa Oliveira, Marianne
ENSAIOS EM ECONOMIA URBANA E TRANSPORTES / Marianne
Costa Oliveira. -- 2023.
102 f.
Orientador: Sabino da Silva Porto Junior.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas,
Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre,
BR-RS, 2023.

1. Infraestrutura de Transportes. 2. Ferrovias. 3.
Crescimento Econômico. 4. Controle Sintético. 5. EGC.
I. da Silva Porto Junior, Sabino, orient. II. Título.

MARIANNE COSTA OLIVEIRA

ENSAIOS EM ECONOMIA URBANA E TRANSPORTES

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Economia, área de concentração: Economia Aplicada.

Aprovada em: Porto Alegre, 04 de abril de 2023

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Sabino da Silva Porto Junior - Orientador
UFRGS

Prof. Dr. Adelar Fochezatto
PUCRS

Prof. Dr. Cláudio Djissey Shikida
UFPeL

Prof. Dr. Gibran da Silva Teixeira
FURG

*Dedico este trabalho à minha família
com todo amor.*

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar sempre presente em minha vida e, ao longo de toda essa jornada acadêmica, ser um guia e protetor ao me conceder a oportunidade de conhecer e conviver com pessoas tão especiais que levaram felicidade e leveza à cada momento de dificuldade.

À minha mãe Marina da Costa e ao meu pai Antonio Divino que nunca mediram esforços para eu acessar uma boa educação e sempre me ensinaram que o estudo é o melhor caminho.

Aos meus irmãos Renata, Rodrigo e Junior pela torcida e também por compreenderem muitas vezes que não pude estar presente.

Ao meu amado marido Márcio Shigueaki que esteve sempre ao meu lado, seja nos momentos de festejar as conquistas ou de me apoiar diante os obstáculos.

Ao meu orientador Dr. Sabino Porto Junior pela confiança, sugestões e conhecimentos transmitidos na elaboração da tese e em sala de aula.

Aos professores Dr. Adelar Fochezatto, Dr. Cláudio Shikida e Dr. Gibran Teixeira por aceitarem participar da banca examinadora e dividirem seus conhecimentos no aperfeiçoamento dessa tese.

Ao Programa de Pós Graduação em Economia Aplicada PPGE-UFRGS, que me acolheu muito bem durante o curso, tanto no suporte ofertado pelos secretários em todas as minhas solicitações quanto na condução das disciplinas ofertadas pelos professores ou, ainda, na integração proporcionada aos alunos, professores e secretários durante os divertidos churrascos do PPGE.

Aos colegas do PPGE-UFRGS que, em momentos distintos ao longo dessa trajetória deixaram suas marcas, seja nos grupos de estudos, nos cafés do intervalo das aulas, nas parcerias em determinadas disciplinas ou para além de relações acadêmicas. Em especial e com risco de esquecer alguém, agradeço Maria Eduarda, Natália, Eleonora, Alexandre, Pietro, Mateus Bandeira, Mateus Mallmann, Lucas, Matheus, Caroline e Eduardo.

À Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) pelo apoio financeiro.

*"Tudo posso, naquele que
me fortalece."*

RESUMO

Vários são os esforços realizados na literatura na tentativa de encontrar os mecanismos que levam, em última instância, ao crescimento econômico. Dentro desse amplo universo de estudos, se destaca o investimento em infraestrutura e, em especial, a infraestrutura de transportes como uma forte sugestão de política pública a ser adotada pelos *policy makers* como estratégia para impulsionar o desenvolvimento econômico de determinada região. Historicamente, as políticas voltadas para a infraestrutura de transporte não ocorreram de maneira homogênea ao longo do território brasileiro, ou seja, enquanto as regiões sul e sudeste se beneficiaram com a ampliação de suas estruturas de transportes, regiões como norte e nordeste se distanciaram destas na dotação desses recursos. No entanto, a partir do ano de 2008, ações do Governo Federal voltadas para a melhoria da logística de transporte nacional vêm atendendo, intencionalmente ou não, regiões como o Norte e o Nordeste do país, a exemplo da Ferrovia Norte Sul e da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL). Nesse sentido, foram realizadas análises de impacto e de cenários de previsão dos efeitos dos respectivos empreendimentos de transportes sobre as regiões atendidas. No primeiro caso, realizou-se a avaliação do impacto da ferrovia Norte Sul sobre o nível de emprego formal e a renda dos municípios afetados pela intervenção utilizando, para tanto, a metodologia de inferência causal denominada controle sintético. No segundo caso, com o auxílio do método de Equilíbrio Geral Computável, foram criados cenários para mensurar os possíveis efeitos macroeconômicos e microeconômicos que a FIOL pode promover sobre a economia baiana, uma vez que, a mesma ainda não se encontra em operação. Por fim, com o auxílio de um modelo de Vetores Auto-Regressivos (VAR) investigou-se a relação dos gastos públicos em infraestruturas de transporte, energia e comunicação com o PIB *per capita* das regiões Sul e Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Infraestrutura de Transportes. Ferrovias. Crescimento Econômico. Controle Sintético. EGC.

ABSTRACT

There are several efforts made in the literature in an attempt to find the mechanisms that ultimately lead to economic growth. Within this broad universe of study, the investment in infrastructure and, especially transport infrastructure, stands out as a strong suggestion of public policy to be adopted by policy makers as a strategy to boost the economic development of a given region. Historically, the policies focused on transport infrastructure did not occur homogeneously throughout the Brazilian territory, that is, while the south and southeast regions benefited from the expansion of their transport structures, regions such as north and northeast distanced them from these resources. However, since 2008, the actions aimed at improving national transport logistics have intentionally or not been serving regions such as the North and Northeast of the country, such as the North South Railway and the West-East Integration Railway (FIOL). In this sense, the impact analyses and scenarios were carried out to predict the effects of the respective transport projects on the regions served. In the first case, the impact of the Norte Sul railroad on the level of formal employment and income of the municipalities affected by the intervention was evaluated, using the causal inference methodology called synthetic control. In the second case, with the help of the Computable General Equilibrium method, scenarios were created to measure the possible macroeconomic and microeconomic effects that FIOL can promote on the Bahian economy since it is not yet in operation. Finally, with the help of an Auto-Regressive Vectors (VAR) model, the relationship of public spending on transport, energy and communication infrastructures with the GDP per capita of the South and Northeast regions of Brazil was investigated.

Keywords: Transport Infrastructure. Railways. Economic Growth. Synthetic Control. EGC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Seleção dos municípios tratados	25
Figura 2 – Elementos da Cadeia de Resultados da FNS	28
Figura 3 – Trajetória e GAP do emprego no município tratado do Maranhão	36
Figura 4 – Trajetórias e GAPs do emprego nos municípios tratados do Tocantins	38
Figura 5 – Trajetórias e GAPs do emprego nos municípios tratados do Goiás	39
Figura 6 – Trajetória e GAP da renda do município tratado do Maranhão	46
Figura 7 – Trajetórias e GAPs da renda dos municípios tratados do Tocantins	47
Figura 8 – Trajetórias e GAPs da renda dos municípios tratados do Goiás	48
Figura 9 – Trajetórias do Emprego: Gaps encontrados nos exercícios de falseamento	49
Figura 10 – Escopo do Projeto da Ferrovia de Integração Oeste-Leste	57
Figura 11 – Representação esquemática do banco de dados do MINIBR	64
Figura 12 – Estrutura de produção aninhada	66
Figura 13 – Estrutura de demanda do consumidor aninhada	66
Figura 14 – Principais relações causais na simulação básica	69
Figura 15 – Mapa rodoviário e ferroviário do Brasil, 1960 – 1980	80
Figura 16 – Densidade da ferrovia e da rodovia pavimentada das microrregiões brasileiras, 2010	82
Figura 17 – Teste de estabilidade dos modelos VAR e VEC - Nordeste	92
Figura 18 – Teste de estabilidade do modelo VEC – Sul	93
Figura 19 – Resposta da variável endógena aos choques nos gastos públicos em infraestrutura de transporte, energia e comunicação da região Nordeste	95
Figura 20 – Resposta da variável endógena aos choques nos gastos públicos em infraestrutura de transporte e energia da região Sul	96
Figura 21 – EVOLUÇÃO DA FNS ENTRE AÇAILÂNDIA (MA) E ANÁPOLIS (GO)	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Unidades de tratamento e ano do choque	26
Tabela 2 – Municípios de tratamento: Valores Médios do Emprego, Renda, População estimada e PIB <i>per capita</i> - período 2002 a 2019	27
Tabela 3 – Peso dos municípios do <i>Pool</i> no município Sintético do Maranhão para a trajetória do emprego	30
Tabela 4 – Peso dos municípios do <i>Pool</i> em cada município Sintético do Tocantins para a trajetória do emprego	31
Tabela 5 – Peso dos municípios do <i>Pool</i> em cada município Sintético do Goiás para a trajetória do emprego	32
Tabela 6 – Características Pré-Tratamento – Unidade Tratada do Maranhão	33
Tabela 7 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Tocantins	34
Tabela 8 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Goiás	35
Tabela 9 – Peso dos municípios do <i>Pool</i> no município Sintético do Maranhão para a trajetória da renda	40
Tabela 10 – Peso dos municípios do <i>Pool</i> no município Sintético do Tocantins para a trajetória da renda	41
Tabela 11 – Peso dos municípios do <i>Pool</i> em cada município Sintético do Goiás para a trajetória da renda	42
Tabela 12 – Características Pré-Tratamento – Unidade Tratada do Maranhão	43
Tabela 13 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Tocantins	44
Tabela 14 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Goiás	45
Tabela 15 – Elasticidades	68
Tabela 16 – Cenário de Choque 1 - Ferrovia e demais Transportes	71
Tabela 17 – Resultados nos setores Agricultura e Indústria Extrativa - Choque 1	72
Tabela 18 – Choque 2 - FBKF da Construção Civil e na Eficiência da Ferrovia	73
Tabela 19 – Resultados nos setores Agricultura e Indústria Extrativa - Choque 2	74
Tabela 20 – Teste de Raiz Unitária ADF, em nível e em 1ª diferença das variáveis estudadas	89
Tabela 21 – Teste de Raiz Unitária PP, em nível e em 1ª diferença das variáveis estudadas	90
Tabela 22 – Critérios de Seleção do número de defasagem ótima para o modelo VAR . .	91
Tabela 23 – Teste de autocorrelações dos resíduos	91
Tabela 24 – Teste de cointegração de Johansen: estatística do traço	92
Tabela 25 – Estimativa do modelo vetorial de correção de erro (VEC)	93
Tabela 26 – Decomposição da variância – PIB <i>per capita</i>	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADF	Dickey-Fuller
CES	Constant-Elasticity-Substitution
EFC	Estrada de Ferro Carajás
EFVM	Estrada de Ferro Vitória-Minas
EGC	Equilíbrio Geral Computável
FIOL	Ferrovias de Integração Oeste-Leste
FNS	Ferrovias Norte-Sul
IEGC	Inter-regional de Equilíbrio Geral Computável
MCS	Matriz de Contabilidade Social
MIP	Matriz de Insumo-Produto
NGE	Nova Geografia Econômica
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PIB	Produto Interno Bruto
PNV	Plano Nacional de Viação
PP	Phillips-Perron
PSM	Propensity Score Matching
VAR	Vetores Autoregressivos
VEC	Vetorial de Correção de Erro

SUMÁRIO

1	INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS: UM ESTUDO PARA A FERROVIA NORTE SUL NO PERÍODO DE 2007 A 2019	14
1.1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
1.2	REVISÃO DA LITERATURA	17
1.3	METODOLOGIA E BASE DE DADOS	20
1.3.1	Método de Controle Sintético	21
1.3.2	Dados e Aplicação do Método	23
1.4	RESULTADOS	27
1.4.1	Cadeia de Resultados da Ferrovia Norte Sul	27
1.4.2	Avaliação de Impacto sobre o Mercado de Trabalho	29
1.4.3	Avaliação de Impacto sobre a Renda	40
1.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	Referências	52
2	AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ECONÔMICOS DA CONSTRUÇÃO DA FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE-LESTE (FIOL): UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL	56
2.1	INTRODUÇÃO	56
2.2	REVISÃO DE LITERATURA	59
2.3	OBJETIVOS	62
2.3.1	Objetivos Específicos	63
2.4	METODOLOGIA	63
2.4.1	Modelo MINI-BR	64
2.4.2	Base de Dados	67
2.4.3	Relações Causais	68
2.5	RESULTADOS	70
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
	Referências	76
3	GASTOS PÚBLICOS COM INFRAESTRUTURA E DISPARIDADES REGIONAIS: IMPACTOS NO PIB <i>PER CAPITA</i> DAS REGIÕES SUL E NORDESTE DO BRASIL	79
3.1	INTRODUÇÃO	79

3.2	REVISÃO DE LITERATURA	83
3.3	ESTRATÉGIA EMPÍRICA	86
3.3.1	Modelo VAR	86
3.4	RESULTADOS	88
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
	Referências	98

ANEXO A – EVOLUÇÃO DA FNS ENTRE AÇAILÂNDIA (MA) E ANÁPOLIS (GO) FONTE: CASTILHO E ARRAIS (2017).102

1 INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS: UM ESTUDO PARA A FERROVIA NORTE SUL NO PERÍODO DE 2007 A 2019

1.1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O objetivo do presente ensaio é avaliar e mensurar o efeito da construção da ferrovia Norte Sul sobre o emprego e os salários nos municípios afetados pela intervenção pública, no período de 2007 a 2019, especificamente os trechos já em operação pertencentes aos Estados do Maranhão, Tocantins e do Goiás.

Segundo Moura (2015), um aumento no estoque de capital público promove aumentos de produtividade privados, o que expande os investimentos e a capacidade produtiva da economia. Assim, uma política fiscal baseada em investimentos em infraestrutura apresenta vantagens em relação à de gastos públicos em consumo. Tal argumento corrobora a literatura que relaciona o nível de crescimento e desenvolvimento econômico e social de determinada região com o nível de infraestrutura disponível localmente, por exemplo, os trabalhos de Aschauer (1989), Ferreira (1996), Domingues, Magalhães e Faria (2009) e Banerjee, Duflo e Qian (2012).

Nesse mesmo sentido, entende-se que uma região ou país que investe em uma rede bem estruturada de transportes permite uma maior interação intersetorial e regional em toda a economia, representando um fator importante de estímulo para o desenvolvimento econômico regional ou nacional (BANISTER; BERECHMAN, 2001; HADDAD *et al.*, 2008). Assim, há evidência robusta de que uma melhor condução da política de infraestrutura de transportes, proporciona melhoria nas condições de produção e de orientação dos fluxos de bens e serviços nos mercados nacional e internacional, representando, portanto, uma boa alternativa de estratégia para promover o desenvolvimento regional no Brasil, (SUMMERHILL, 2018).

Um bom exemplo da importância das políticas governamentais de infraestrutura, que viabilizaram capital para a construção das ferrovias no Brasil, ocorreu no início da década de 1850. O empreendimento realizado, construção de ferrovias, proporcionou uma drástica redução no custo de transporte de mercadorias dos produtores rurais para os consumidores finais nos mercados domésticos ao integrar mercados locais e regionais, antes isolados. Conseqüentemente, essa integração regional gerou oportunidades para imigração de mão de obra e liberou recursos, que eram escassos, para outros usos (SUMMERHILL, 2018; GALVÃO, 1996).

A implantação do sistema ferroviário no território brasileiro, porém, não foi linear e ocorreu alternando períodos de continuidades e rupturas no atendimento das diferentes necessidades do país relacionadas ao transporte de produtos e de pessoas (VENCOVSKY, 2011). O período entre 1996 e 2007, por exemplo, foi marcado pela desestatização e recuperação do sistema ferroviário brasileiro que passou, nos períodos anteriores e seguintes, por quase trinta anos de relativa estagnação. Uma provável causa para essa estagnação é a indefinição do marco

regulatório de exploração das ferrovias, mas, a partir da década de 1990 novos agentes passaram a protagonizar a regulação do território brasileiro, como é o caso da mineradora Vale, que realizou investimentos privados em ferrovias importantes, como a Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM) e a Estrada de Ferro Carajás (EFC) (VENCOVSKY, 2011). No entanto, a partir de 2008, com o lançamento do PAC - Programa de Aceleração do Crescimento e a inclusão de novas ferrovias no PNV - Plano Nacional de Viação, reativou-se, de certa forma, investimentos públicos e privados na malha ferroviária do país, com o objetivo de viabilizar a sua expansão no território brasileiro (VENCOVSKY, 2011).

Nesse contexto, foi reestabelecida, por exemplo, a construção da Ferrovia Norte-Sul (FNS) que, embora tenha o seu projeto inicial idealizado em meados da década de 1980, até o ano de 1996 tinha apenas 215 km já construídos, no trecho entre Açailândia (MA) e Porto Franco (MA). Em 2010, o trecho da FNS entre Açailândia (MA) e Porto Nacional (TO) foi totalmente construído, abrangendo 720 km de extensão e um investimento de R\$ 2,6 bilhões. Já no ano de 2014 foram concluídos 855 Km do trecho entre Porto Nacional (TO) e Anápolis (GO), compreendendo um custo de R\$ 5,1 bilhões. Portanto, o traçado original da ferrovia que previa cortar os Estados do Maranhão, Tocantins e Goiás, atualmente, encontra-se construído e em operação (VALEC, 2021b; PIRES; CAMPOS, 2019). No **anexo A** está exposto o mapa com a evolução da construção da FNS.

Segundo Castilho e Arrais (2017) a extensão da malha ferroviária do Brasil, instalada a partir da primeira metade do século XX, não é adequada ou suficiente para atender a diversidade das demandas locais, tendo um papel cada vez mais restrito ao atendimento das demandas das grandes empresas. Então, uma questão importante a ser levantada é como a ferrovia interfere nas economias municipais, ou seja, quais as melhorias socioeconômicas o investimento em infraestrutura de transporte proporciona para as comunidades atendidas pela cobertura das novas ferrovias? Há justificativas socioeconômicas para implementação dessas ferrovias naquelas comunidades?

Na busca por uma maior eficiência dos gastos públicos, a prática da realização de avaliação de impacto das intervenções públicas em infraestrutura de transportes tem se tornando, nos últimos anos, cada vez mais frequente (ESCOBAL; PONCE, 2002; LOKSHIN; YEMTSOV, 2005; MU; VAN DE WALLE, 2007; KHANDKER; BAKHT; KOOLWAL, 2009; BANERJEE; DUFLO; QIAN, 2012; DIAS; SIMÕES, 2013; CASTRO, 2016). O avanço e a ampliação dessa pauta de discussão são importantes para que os formuladores de políticas possam encontrar os destinos mais frutíferos aos gastos públicos, além de proporcionar maior transparência ao debate sobre o montante e a prioridade dos gastos públicos no Brasil.

Com a forte restrição fiscal do governo brasileiro e o baixo crescimento da economia nos últimos anos (IBGE, 2020; HORTA; GIAMBIAGI, 2018) que se tornou, ainda, mais crítico a partir de 2020 com a pandemia da COVID-19, é cada vez mais urgente compreender adequadamente os efeitos, impactos e eficácia das políticas públicas para o ambiente econômico. Portanto,

é real que a dinâmica desempenhada pela infraestrutura de transportes é capaz de impulsionar o crescimento e desenvolvimento de determinada região? Com a finalidade de contribuir para o entendimento desse questionamento, sobretudo na ótica do emprego formal e da renda, o presente trabalho busca avaliar o efeito da construção da ferrovia Norte Sul sobre a geração de emprego formal e sobre a renda nos municípios afetados pela intervenção pública, no período de 2007 a 2019, especificamente dos trechos já em operação pertencentes aos Estados do Maranhão, Tocantins e Goiás.

Um desafio muitas vezes encontrado nas oportunidades de expansão das atividades de monitoramento e avaliação das intervenções públicas é inferir se realmente há uma relação de causa e efeito entre a política de intervenção e o comportamento dos indivíduos foco da política implementada, (MARTINI *et al.*, 2018).

Dessa forma, a estratégia empírica seguida nesse trabalho se baseia em uma ferramenta de inferência causal. Mais precisamente, será utilizado o método de controle sintético, proposto por Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), uma vez que esta metodologia é apropriada em contextos em que o efeito do tratamento ocorre de maneira agregada como, por exemplo, sobre uma dada região ou sobre um dado município.

A ideia é construir um contrafactual sintético de cada município que recebeu a intervenção pública e identificar o que teria acontecido com ele caso não tivesse sido beneficiado com a política implementada. Em outras palavras, o contrafactual sintético deverá ser capaz de simular o comportamento da variável de interesse na ausência da intervenção. Para tanto, especificamente, será construída uma base de dados para realizar as estimativas e definir os grupos de municípios tratados e controles. Além disso, com a finalidade de melhor entendimento das relações econômicas envolvidas no empreendimento, busca-se descrever os principais canais de transmissão dos impactos da construção da FNS sobre a economia local.

Esse debate em torno da relevância do investimento em infraestrutura de transportes associado à dificuldade da economia brasileira em apresentar um crescimento econômico sustentado, merece atenção, pois, permite elencar possíveis fatores a serem estimulados, ou seja, tratados em uma estratégia de políticas regionais no Brasil.

Dessa forma, o presente ensaio contribui com o avanço nas discussões que analisam a importância dos investimentos em infraestrutura de transporte, em especial o investimento em transportes ferroviário, sobre o desenvolvimento econômico regional, na mesma linha que trabalhos anteriores como, por exemplo, IPEA (2010) e Pires e Campos (2019), dentre outros.

Além desta introdução, o ensaio está dividido em mais quatro seções. Na seção 1.2 é apresentada a revisão da literatura que abarca as iniciativas empíricas relacionadas às avaliações de impactos em projetos de infraestrutura de transportes. Em seguida na seção 1.3 é apresentada a base de dados e suas fontes, bem como o detalhamento da estratégia empírica utilizada. Na seção 1.4 estão expostos e discutidos os resultados encontrados nas estimações e por fim, na

seção 1.5, são apresentadas as considerações finais deste ensaio.

1.2 REVISÃO DA LITERATURA

Na busca por respostas sobre os efeitos de determinadas intervenções em infraestrutura de transporte sobre diferentes aspectos socioeconômicos regionais, há poucos estudos sobre a análise dos impactos de choques positivos em investimentos que aumentam ou ampliam a extensão e a densidade da malha ferroviária. Nesse sentido, Banerjee, Duflo e Qian (2012) examinaram o efeito causal do acesso à malha ferroviária no desempenho econômico em diferentes regiões da China, no período 1986-2003. Encontraram que as áreas médias próximas à linha reta que conectam o mesmo conjunto de cidades e que coincidem com as ferrovias construídas no início do século XX foram beneficiadas economicamente por se encontrarem próximas às ferrovias instaladas.

O PIB *per capita* daquelas comunidades chinesas era relativamente maior no período. No entanto, o efeito observado não foi significativamente elevado, o que corrobora, de certa forma, com a visão Fogeliana, ou seja, a visão que diz que a infraestrutura de transporte por si só não faz muito, a menos, talvez, onde já exista uma demanda por ela.

Fogel (1964 apud SUMMERHILL, 2018) fez um trabalho pioneiro dentro da área denominada de nova historiografia quantitativa buscando mensurar a magnitude do crescimento econômico dos Estados Unidos, no final do século XIX, num cenário hipotético no qual o transporte ferroviário não tivesse sido implementado, ou seja, Fogel (1964) realizou uma análise contrafactual pioneira. Para isso, ele modelou formalmente o que chamou de poupança social e, construiu um contrafactual, que permitia o ajuste da economia ao uso do segundo melhor modo tecnológico de embarque na ausência da ferrovia. Os resultados mostraram que a poupança social promovida pelas ferrovias foi de, no máximo, 8,9% do PIB norte-americano em 1890.

Um exercício de análise contrafactual com pressupostos teóricos diferentes, ou seja, baseando-se nos modos de transportes alternativos de embarque, historicamente relevantes, realizado por Fishlow (1965) para os Estados Unidos, foi ainda mais pessimista e encontrou uma poupança social para os Estados Unidos, no ano de 1859, de apenas 3,7% do PIB. Porém, ao extrapolar para o ano de 1890, a economia social estimada foi de pelo menos 15% do PIB, valor muito superior ao estimado por Fogel (1964).

Uma análise contrafactual semelhante para o Brasil foi realizada por Summerhill (2018). Assim, comparou-se uma mistura hipotética de carroça e mula como a alternativa de embarque terrestre historicamente relevante para as ferrovias e utilizou-se o valor do frete da região cujas estradas ficaram significativamente mais trafegáveis com as melhorias decorrentes das construções das novas ferrovias. O resultado indicou que o Brasil acumulou grande parte da sua renda nacional como decorrência do desenvolvimento das ferrovias entre 1854 e 1913, ou seja, a poupança social estimada foi da ordem de 18% do PIB para o ano de 1913.

Outras estimações nessa mesma linha de abordagem, relacionada à nova historiografia quantitativa, foram feitas para verificar o efeito das ferrovias em países como Rússia, Inglaterra, Espanha e México (METZER, 1973; HAWKE, 1968; MENDOZA, 1982; COATSWORTH, 1979). No entanto, como afirma Grandi (2009), nada garante que os modelos contrafactuais adotado pelos autores sejam confiáveis ou que possam ser testados adequadamente, uma crítica óbvia, afinal todo exercício de análise contrafactual tem limitações, porém são melhores do que juízos de valor contra ou a favor das ferrovias.

Mais recentemente, a utilização dos métodos denominados experimento natural¹ ou quase experimento passaram a ser utilizados por autores na área de avaliação de impacto de políticas públicas e alguns trabalhos foram desenvolvidos na área de avaliações de infraestrutura de transportes. Antecipadamente, vale destacar que esses métodos são capazes de lidar com o problema de viés de seleção relacionado às características não observáveis dos indivíduos e que são invariantes no tempo.

Assim, por exemplo, Mu e Van de Walle (2007) utilizaram os métodos de dupla diferença e *propensity score matching* (PSM), para avaliar os impactos da reabilitação de estradas no desenvolvimento do mercado em comunidades rurais no Vietnã e encontraram que houve um impacto positivo sobre a densidade dos mercados locais, porém, esses impactos foram heterogêneos no espaço. Portanto, as comunidades mais pobres foram mais impactadas positivamente com a reabilitação das estradas.

Um trabalho mais amplo analisou o efeito de projetos de reabilitação de infraestrutura social e econômica, (escolas, estradas e sistemas de abastecimento de água), em comunidades rurais da Geórgia. Também utilizaram métodos da análise de causalidade e controlaram para fatores não observáveis que são invariantes no tempo. Novamente, encontraram que os benefícios gerais estimados foram positivos no combate à pobreza nas comunidades locais. Assim, todos os 549 projetos de melhorias em infraestrutura implementados entre 1998 e 2000 implicaram em um aumento no número de pequenas e médias empresas, e melhoria na assistência médica e, no aumento geral das oportunidades de emprego para as mulheres e para os trabalhadores não rurais nas regiões atendidas pelos projetos. Porém a análise de dados desagregados indicou que as oportunidades de emprego foram restritas aos trabalhadores rurais não pobres e às mulheres pobres, (LOKSHIN; YEMTSOV, 2005).

Na mesma linha de análise desenvolvida por Lokshin e Yemtsov (2005), o trabalho de Escobal e Ponce (2002) avaliou o impacto da reabilitação das estradas sobre a renda e o consumo das famílias rurais que vivem em distritos pobres do Peru. Utilizando a técnica de PSM para construir o grupo de controle com base em localidades familiares próximas dessas estradas encontraram que houve aumento das oportunidades de renda não agrícola, especialmente de fontes de emprego assalariado. No entanto, esse aumento não foi acompanhado por um aumento

¹Uma situação na qual a ocorrência de um evento fortuito ou imprevisto permite formar grupos de tratamento e controle parecidos em diversos aspectos.

equivalente no consumo, possivelmente porque a melhoria das estradas está sendo percebida como transitória e, portanto, a renda adicional foi poupada.

Já o trabalho de Khandker, Bakht e Koolwal (2009), avaliou o Projeto de Desenvolvimento Rural (RDP) e o Projeto de Melhoria e Manutenção de Estradas e Mercados Rurais (RRMIMP), apoiados pelo Banco Mundial e obtiveram evidências de que o impacto nas despesas de transporte das famílias é muito grande, sendo mais ligado às economias de transporte relacionadas à produção do que às despesas com consumo. Nas áreas afetadas pelo projeto RDP houve crescimento dos salários agrícolas e do emprego. Também encontraram que a melhoria das estradas levou a uma redução média da pobreza de 3% a 4% nas áreas do RDP e de 5% a 6% nas áreas do RRMIMP, em um período de 5 anos.

Ao avaliar o Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos aos Municípios (PROACesso) sobre o crescimento econômico de 225 municípios de Minas Gerais beneficiados pelo programa, no período 2000-2010, Castro (2016) utilizou técnicas de diferenças em diferenças e observou que, em média, os impactos do PROACesso não foram estatisticamente significativos sobre o crescimento econômico dos 225 municípios mineiros tratados.

Por outro lado, Dias e Simões (2013) utilizaram a estratégia de diferenças em diferenças para analisar como o PROACesso afetou a dinâmica do emprego e dos salários nos municípios mineiros e encontraram que a maior acessibilidade favoreceu os setores que vendem para outras localidades (indústria) e compram insumos produzidos em outras localidades (comércio e indústria). No entanto, o setor de serviços foi prejudicado com a competição de serviços diversificados e competitivos.

Um trabalho voltado para o modal portuário do Brasil utilizou o método de controle sintético para avaliar o impacto do Programa Nacional de Dragagem sobre a movimentação de cargas por navio e apontou que o programa é estratégico para o comércio exterior. No entanto, dos 11 portos analisados, o programa provocou o aumento da movimentação de carga em apenas quatro deles e, portanto, precisa ser aprimorado, Menegazzo e Petterini (2018).

Outro trabalho que utilizou o método de controle sintético para avaliação relacionada ao setor de transporte brasileiro foi Resende (2017). O autor avaliou o impacto de seis anos de privatização dos principais aeroportos do Brasil sobre as receitas comerciais dos aeroportos. Os resultados apontaram impactos de grande magnitude e imediatos em praticamente todos os aeroportos, sinalizando que as empresas privadas têm se mostrado muito mais eficientes na operação dos aeroportos do que a Infraero.

Já Cunha (2020) estimou o impacto da construção algumas obras de infraestrutura de transportes realizadas na cidade do Rio de Janeiro sobre a qualidade do ar desse município, medida pela concentração dos poluentes NO_2 , SO_2 e $MP10$. Para tanto o autor utilizou o método de controle sintético, além do método de diferenças em diferenças e concluiu que ocorreu uma melhoria na concentração de NO_2 , mas uma piora na concentração de SO_2 e, quase

nenhuma alteração na concentração de *MP10*.

De maneira geral, os trabalhos apresentaram métodos variados para investigar a relação da infraestrutura de transporte com os impactos econômicos de diversos âmbitos e, especialmente os trabalhos que adotaram o método de controle sintético, avaliaram impactos sobre questões inerentes à própria atividade do modal em si, como impacto sobre a movimentação de carga ou sobre as receitas comerciais. Em nenhum desses trabalhos foi utilizado o método controle sintético para avaliar os efeitos do setor de transporte sobre variáveis agregadas como emprego e renda, assim como o estudo desenvolvido neste ensaio. Acredita-se que esse método apresenta robustez nos resultados, por utilizar todas as regiões que não foram afetadas pela infraestrutura como possíveis controles.

1.3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

Uma maneira satisfatória de avaliar o desempenho de determinada política em uma região e resolver o problema da ausência de contrafactual² é utilizando o método denominado de controle sintético. Assim, a estratégia empírica adotada neste ensaio se baseia no método de controle sintético apresentado por Abadie e Gardeazabal (2003) e, posteriormente, refinado por Abadie, Diamond e Hainmueller (2010, 2011). O método consiste em estimar o impacto de um evento (intervenção política) sobre uma determinada variável que ocorre de forma agregada em uma região ou grupo demográfico. Como na prática não é possível saber como seria a unidade estudada sem a intervenção (tratamento), é necessária a utilização de um método estatístico para simular de maneira objetiva como a unidade que sofreu a intervenção se comportaria sem essa intervenção. A unidade de controle sintética será representada por meio de uma combinação convexa do conjunto de unidades que não foram afetadas pela política em questão. Vale destacar que os autores utilizam os termos “região” ou “unidade” que podem ser substituídos por “país”, “estado”, “cidade”, etc, e da mesma forma, os termos “intervenção” ou “tratamento” podem ser substituídos por “choque”, “lei”, “política”, etc. A discussão formal do método de controle sintético é encontrada em Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) e em Cunningham (2021), dentre outros.

A hipótese central assumida aqui é a de que na ausência do impacto tanto as unidades tratadas quanto as de controle se sustentariam na mesma trajetória e qualquer alteração ocorrida nas trajetórias das variáveis de interesse desses dois grupos, no período pós-intervenção serão consideradas como os efeitos da política sobre os municípios afetados.

²O problema do contrafactual refere-se a como medir o que teria ocorrido se outro estado tivesse prevalecido, no caso deste estudo, significa medir o que teria ocorrido na ausência da ferrovia. Dessa forma, o método de avaliação de impacto a ser escolhido deve estimar o chamado contrafactual que representará qual teria sido o resultado caso o tratamento (intervenção) não tivesse ocorrido. Mais detalhes em Gertler *et al.* (2018)

1.3.1 Método de Controle Sintético³

Suponha a existência de um painel de informações para um conjunto de $J + 1$ unidades (por exemplo, municípios). Suponha, ainda, que somente a primeira região seja exposta ininterruptamente à determinada intervenção em algum momento do tempo e, assim, as J unidades restantes que não foram tratadas serão dadas como potenciais controles, denominado de “*donor pool*”.

Considera-se Y_{jt}^I e Y_{jt}^N como sendo os resultados que seriam possíveis de se observar na região j no tempo t na presença da intervenção e na ausência da intervenção, respectivamente, para $j = 1, 2, \dots, J + 1$ e $t = 1, 2, \dots, T$. Note que T_0 é o tempo em que a intervenção ocorre, portanto, o período pré-intervenção compreende $t = 1, 2, \dots, T_0$, de forma que, $1 \leq T_0 < T$.

Assume-se que antes do período de implantação da política, não é verificado nenhum efeito sobre o resultado, assim, para $t \in \{1, \dots, T_0\}$ e para todo $j \in \{1, \dots, N\}$, é verdade que $Y_{jt}^I = Y_{jt}^N$. No entanto, após a intervenção, esse resultado poderá mudar e é justamente a mensuração dessa alteração, ou seja, o efeito da intervenção sobre a unidade tratada no tempo t que se deseja estimar:

$$\alpha_{1t} = Y_{1t}^I - Y_{1t}^N$$

No ensaio, deseja-se obter o efeito da ferrovia Norte Sul sobre as variáveis de interesse em cada período após a sua ocorrência, assim, será considerada uma variável *dummy* que apresentará valores 1 caso a unidade j seja afetada pela ferrovia no tempo t , e valor 0 caso contrário. Chega-se, dessa forma, ao resultado observado na unidade j no tempo t , conforme Abadie, Diamond e Hainmueller (2010):

$$Y_{jt}^I = Y_{jt}^N + \alpha_{jt}D_{jt}$$

Como somente a região “um” será exposta ao tratamento e apenas depois do período T_0 , tem-se que:

$$D_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{se } j=1 \text{ e } t > T_0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

O objetivo, no caso, é estimar os parâmetros $(\alpha_{1T_0+1}, \dots, \alpha_{1t})$. Dado que Y_{jt}^I é um valor observado, será necessário calcular o valor de Y_{jt}^N , que não é observado.

A ideia aqui é construir um contrafactual sintético que consiga simular a trajetória de Y_{jt}^N para os períodos após a intervenção, assim, a unidade sintética tem que conseguir reproduzir a unidade a ser tratada em um conjunto de variáveis relevantes e não somente na variável de interesse.

Será considerado, por hipótese, que as características pré-tratamento da unidade de interesse terão maior aproximação quando utilizada uma combinação das unidades não tratadas

³Essa seção se baseia em Abadie e Gardeazabal (2003), Abadie, Diamond e Hainmueller (2010, 2011) e Cunningham (2021)

do que utilizando, isoladamente, uma das unidades não tratadas. Assim, entende-se o controle sintético como uma média ponderada das unidades do *donor pool* e este será comparado com a unidade tratada.

Para construir a unidade de controle sintético é necessário criar um vetor ($J \times 1$) de pesos $W = (w_2, \dots, w_{J+1})'$ sendo $w_j \geq 0$ para qualquer $j = 2, \dots, J + 1$ e $\sum_{j=2}^{J+1} w_j = 1$, de forma que, cada valor particular de W representa um controle sintético específico ligado ao peso w_j para a região j no *donor pool*. Essa restrição estabelecida para os valores de w_i entre 0 e 1, é importante para evitar que a contribuição de cada unidade extrapole o conjunto convexo formado pelas unidades de controle.

Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) propõem escolher o vetor de pesos W^* , tal que a unidade sintética de controle obtida replique da melhor forma as características pré-intervenção da unidade que foi tratada e a trajetória de sua variável de interesse. Seja U_i um vetor ($r \times 1$) de variáveis relevantes observadas para cada unidade antes do tratamento, o objetivo dessas variáveis é funcionar como previsores do comportamento da variável de interesse.

Defina também o vetor $K = (K_1, \dots, K_{T_0})'$, como um vetor ($T_0 \times 1$) que representa os pesos de uma combinação linear das observações pré-intervenção, tal que $\bar{Y}_i^K = \sum_{s=1}^{T_0} k_s Y_{js}$. Pode-se selecionar quantas $M \leq T_0$ combinações lineares de observações, antes do tratamento, desejar. Tais combinações poderão controlar por características cujos efeitos variam ao longo do tempo.

Com a finalidade de implementar o estimador de controle sintético numericamente, define-se uma distância entre a unidade de controle e a unidade que recebeu intervenção. Dessa forma, define-se X_1 como um vetor ($k \times 1$) que contém as características observáveis de U_i e as M combinações lineares das observações das variáveis de interesse da unidade tratada antes do tratamento, isto é, $X_1 = (U', \bar{Y}_1^1, \bar{Y}_1^2, \dots, \bar{Y}_1^{KM})$. Observe que $k = r + M$. Da mesma forma, defina, X_0 como uma matriz ($k \times j$), cuja j -ésima coluna corresponde a $X_j = (U', \bar{Y}_j^1, \bar{Y}_j^2, \dots, \bar{Y}_j^{KM})$, ou seja, as mesmas observações que X_1 para a região $j \geq 2$.

O vetor de pesos ótimo W^* é escolhido para minimizar a diferença entre as características pré-intervenção da unidade tratada e o controle sintético, dada pela distância $\|X_1 - X_0W\|_V$. Assim, segundo Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), essa escolha deve ser feita de forma a minimizar:

$$\|X_1 - X_0W\|_V = \sqrt{(X_1 - X_0W)'V(X_1 - X_0W)}$$

onde V é uma matriz ($k \times k$) simétrica e positivamente semidefinida, entendida como uma matriz que apresenta na diagonal principal os elementos referentes aos pesos correspondentes à capacidade de previsão de cada variável de X_1 e X_0 . Embora a escolha de V pode ser *ad hoc*, dependendo da experiência do pesquisador, Abadie e Gardeazabal (2003) sugerem um método para essa escolha que minimiza o erro quadrático médio (EQM) entre as observações da variável

de interesse da unidade que recebeu a intervenção e o controle sintético pré-intervenção:

$$V = \underset{V \in \Upsilon}{\text{arg min}} (Z_1 - Z_0 W^*(V))' (Z_1 - Z_0 W^*(V))$$

em que, Z_1 é um vetor ($T_p \times 1$) que contém as observações da variável de interesse da unidade tratada (Y_{1t}) para $t = 1, 2, \dots, T_p$ (onde $1 \leq T_p \leq T_0$) e Z_0 é uma matriz ($T_p \times J$), cuja j -ésima coluna refere-se às observações de Y_{jt} , também para o período de $t = 1, 2, \dots, T_p$. O conjunto de todas as matrizes simétricas e positivas semidefinidas é dado por Υ . O V ótimo é aquele capaz de fazer com que a trajetória da variável de interesse pré-intervenção do controle sintético seja a mais próxima possível da trajetória da unidade que recebeu o tratamento no mesmo período.

Por fim, define-se Y_1 como um vetor ($T_p \times 1$) que contém as observações de Y_{1t} para todo o período posterior à intervenção e Y_0 como uma matriz ($T_1 \times J$) cuja j -ésima coluna contém as mesmas observações pós-intervenção da variável de interesse na unidade de controle j . Como apresentado por Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), a variável de interesse do controle sintético pode ser dada por $Y_{1t}^N = Y_0 W^*$ quando a quantidade de períodos de intervenção é suficientemente grande, uma vez que, $Y_0 W^*$ funciona como um estimador não viesado dessa variável. Com isso, um estimador não viesado do efeito agregado da intervenção na unidade tratada no período $t \in T_{0+1}, \dots, T$ é dado por:

$$\widehat{\alpha}_1 = Y_1 - W^* Y_0$$

$$\widehat{\alpha}_1 = Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} W_j^* Y_{jt}$$

Após a sistematização do processo de estimação dos contrafactuais será realizado o exercício de falseamento, denominado de teste de placebo. Assim, será possível aplicar testes de inferência estatística como, por exemplo, aplicar o controle sintético para identificar o efeito da intervenção sobre as unidades pertencentes ao *donor pool* e, dessa forma, comparar o comportamento da variável de interesse da trajetória relacionada à unidade tratada e dos placebos. Com isso, caso exista algum efeito atribuído ao tratamento é esperado que o efeito seja mais intenso na unidade tratada do que nos placebos.

1.3.2 Dados e Aplicação do Método

Para implementar o método de controle sintético na análise do impacto dos investimentos da FNS sobre os dados de emprego e renda dos municípios que sofreram a intervenção foi necessário utilizar um conjunto de previsores do comportamento das variáveis de interesse. As variáveis socioeconômicas de cada município foram utilizadas como possíveis candidatos a estes previsores para ajudar a explicar o comportamento do emprego e da renda nos municípios tratados.

Assim, para a avaliação, foram consideradas as seguintes características de cada município: (i) estoque de emprego no mercado de trabalho formal, (ii) renda média dos trabalhadores no mercado de trabalho formal (R\$), (iii) tamanho da população, (iv) PIB *per capita* (mil R\$), (v) arrecadação de impostos municipais (R\$), (vi) porcentagem de crianças de 6 a 14 anos na escola, (vii) % da população com 18 anos ou mais com ensino fundamental completo, (viii) % da população com 25 anos ou mais com ensino fundamental completo, (ix) taxa de analfabetismo da população com 25 anos ou mais, (x) taxa de mortalidade infantil, (xi) IDH longevidade, (xii) porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com energia elétrica, (xiii) porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com água encanada e (xiv) capital humano (R\$).

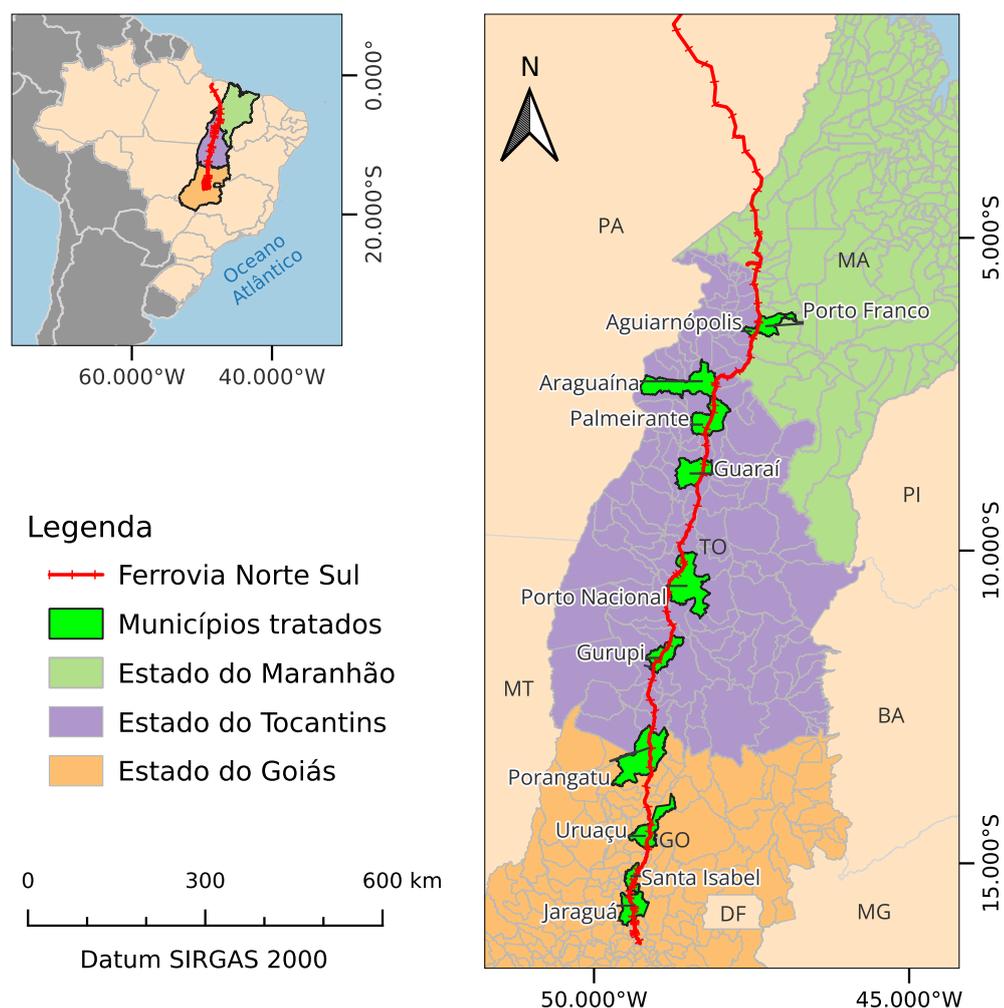
Os dados sobre o número de empregos formais no mercado de trabalho e a renda média no mercado de trabalho formal de cada município foram extraídos da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Os dados de impostos municipais foram retirados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA-Data) – Ministério da Fazenda/Secretaria do Tesouro Nacional e os demais dados foram extraídos dos relatórios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Censo Demográfico. Foram utilizadas apenas as observações dos períodos anteriores às intervenções, exceto para as variáveis dependentes (emprego e renda) que tiveram os períodos estendidos até o ano de 2019. Com isso, os dados de emprego e renda dos municípios foram analisados no período de 2001 a 2019, contemplando no mínimo 6 anos de períodos pré-tratamento e no máximo 13 anos, de acordo com o ano da instalação do trecho da ferrovia em cada unidade de tratamento.

O critério adotado para definir o grupo de municípios que recebeu a intervenção da FNS (tratados) e o grupo de municípios que não recebeu (controles) foi o cruzamento ou não do município com a ferrovia e a existência de um polo de cargas em operação ou em instalação, entre os anos de 2007 e 2014. Ou seja, aqueles municípios do Estados do Maranhão, do Tocantins e do Goiás diretamente ligados pela FNS e que possuíam um polo de cargas em operação ou em instalação, entre 2007 e 2014, foram considerados tratados e os demais municípios desses três Estados do Brasil foram considerados controles.

Adicionalmente, foram retirados da base de dados aqueles municípios localizados a uma distância igual ou inferior a 50Km da ferrovia, a fim de, evitar a contaminação do grupo de controle com os possíveis transbordamentos (*spillovers*) dos efeitos da ferrovia. Em outras palavras, os municípios que não foram cortados pela FNS, mas estão muito próximos a ela, poderiam receber de maneira indireta os efeitos da intervenção, no entanto, considera-los na base de dados como possíveis controles significaria sinalizar que estes não estariam recebendo nenhum efeito da intervenção, o que não seria verdade.

Na **Figura 1**, portanto, é possível visualizar a distribuição espacial dos municípios selecionados para compor as unidades de tratamento deste estudo, de acordo com os critérios estipulados. Pode-se perceber que todas as unidades de tratamento, representadas em destaque verde, estão diretamente ligadas pela linha em vermelho que representa a FNS.

Figura 1 – Seleção dos municípios tratados



Fonte: Elaborado pela autora.

Os polos de cargas existentes ao longo da FNS são centros responsáveis pela transferência de cargas e serviços logísticos VALEC (2021b). Segundo Castilho e Arrais (2017), haviam, até o ano de 2014, três polos de cargas em operação ao longo da FNS no Estado do Maranhão (Açailândia, Imperatriz e Porto Franco). No Estado do Tocantins havia três em operação (Palmeirante, Guarai e Porto Nacional) e, três em instalação (Gurupi, Araguaína e Aguiarnópolis). Já no Estado do Goiás havia quatro polos em instalação (Porangatu, Uruaçu, Santa Isabel e Jaraguá).

Vale ressaltar que os municípios de Açailândia (MA) e Imperatriz (MA) não foram considerados no estudo, pois os trechos foram inaugurados em 1989 e 2002, respectivamente, não sendo contemplado na base de dados o período anterior ao investimento para a estimação do método. Destaca-se, ainda, que no ano de 2015, foram adicionados mais dois trechos complementares ao traçado inicial da FNS, entre Panorama (SP) e Chapecó (SC) e entre Chapecó (SC) e Rio Grande (RS), que se encontram, atualmente, em fase de construção ou de estudo e, portanto, não fazem parte da análise aqui apresentada, VALEC (2021b).

Na **Tabela 1** encontra-se a relação dos 11 municípios que foram contemplados com a construção da FNS até o ano de 2014, ordenados de acordo com o ano de inauguração do trecho específico da ferrovia. Dessa forma, o ano do choque considerado na estimação para cada município é equivalente ao ano que cada trecho foi inaugurado.

Tabela 1 – Unidades de tratamento e ano do choque

	Unidades Tratadas	Ano da Instalação (Choque)	Polos de Carga
MA	Porto Franco	2007	Operação
TO	Aguiarnópolis	2007	Instalação
	Araguaína	2008	Instalação
	Palmeirante	2010	Operação
	Guaraí	2010	Operação
	Porto Nacional	2010	Operação
	Gurupi	2014	Instalação
	GO	Porangatu	2014
Uruaçu		2014	Instalação
Santa Isabel		2014	Instalação
Jaraguá		2014	Instalação

Fonte: Elaborado pela autora.

Considera-se a ocorrência de dois momentos distintos de choques da FNS, após a retomada das obras com o PAC. O primeiro, até o ano de 2010, com a entrega do trecho que vai de Açailândia (MA) até Porto Nacional (TO) e o segundo, a partir do ano de 2014, com a entrega do trecho que vai de Porto Nacional (TO) até Jaraguá (GO). No entanto, para os municípios de Porto Franco (MA) e Arguiarnópolis (TO) considerou-se 2007 como o ano do choque e para o município de Araguaína (TO) considerou-se 2008, uma vez que foram os anos de inauguração da ferrovia nessas unidades tratadas. Ver **Anexo A** para melhor entendimento dessa divisão.

Já na **Tabela 2** estão expostas as principais características dos municípios tratados. Constata-se que, em média, o município de maior PIB *per capita* e renda média no emprego formal, entre os anos de 2002 e 2019, é Gurupi (TO), com respectivamente, 10.188 reais e 1.194,10 reais. O município ainda apresenta a segunda maior população estimada dentre as unidades selecionadas de tratamento, aproximadamente 73.623 habitantes e também o segundo maior nível de emprego formal, cerca de 10.570 unidades, ficando atrás apenas do município de Araguaína (TO) que apresenta a maior população, cerca de 134.770 habitantes em média e a maior quantidade de emprego formal, aproximadamente, 19 mil unidades de emprego.

Por outro lado, Jaguará (GO) apresenta o menor PIB *per capita* médio no mesmo período, cerca de 6.101 reais e, o município com a menor população média é Santa Isabel (GO), apenas 3.621 habitantes. O município de Santa Isabel (GO) apresenta, ainda, a pior renda média no mercado de trabalho formal, cerca de, 897,70 reais e a segunda pior colocação quando se trata de quantidade de emprego formal, em torno de 316 unidades, perdendo apenas para o município de Palmeirante (TO) que apresentou em média 262 unidades de emprego formal.

Como visto, os municípios listados apresentam características muito diversas entre si e,

Tabela 2 – Municípios de tratamento: Valores Médios do Emprego, Renda, População estimada e PIB *per capita* - período 2002 a 2019

UF Município	Emprego Formal	Renda Média	População estimada	PIB <i>Per capita</i>
MA Porto Franco	1.508	1.087,00	22.078	6.972
TO Arguiarnópolis	677	974,30	4.543	9.452
TO Araguaína	19.124	1.166,10	134.770	9.408
TO Guaraí	2.039	1.076,50	22.219	8.250
TO Gurupi	10.570	1.194,10	73.623	10.188
TO Palmeirante	262	957,40	4.521	7.296
TO Porto Nacional	5.691	1.184,20	47.801	8.172
GO Jaraguá	4.250	914,60	38.437	6.101
GO Porangatu	4.345	1.023,90	41.778	6.865
GO Santa Isabel	316	897,70	3.621	8.298
GO Uruaçu	3.837	1.092,40	36.060	7.315

Fonte: Elaborado pela autor com base em RAIS e IBGE.

portanto, o método de controle sintético foi aplicado individualmente para cada unidade.

As regressões para a unidade tratada do Estado do Maranhão foram estimadas com dados de 197 municípios do Maranhão, 55 municípios do Estado de Tocantins e 172 municípios do Estado de Goiás. Já para as regressões estimadas para as unidades tratadas do Tocantins e do Goiás desconsiderou-se todos os municípios do Maranhão como controles, uma vez que, os municípios do Maranhão eram muito discrepantes, em termos de características pré tratamento, dos municípios tratados dos Estados do Tocantins e do Goiás. Todas as estimativas foram realizadas utilizando o *software R*.

A confiança nos resultados do estimador de controle sintético pode ser alcançada quando for possível atingir um bom ajuste de pré-tratamento e a medida que cresce o número de períodos pré-intervenção, ou seja, aumentando o T_0 , como é o caso das simulações realizadas neste estudo (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010; BOTOSARU; FERMAN, 2019).

1.4 RESULTADOS

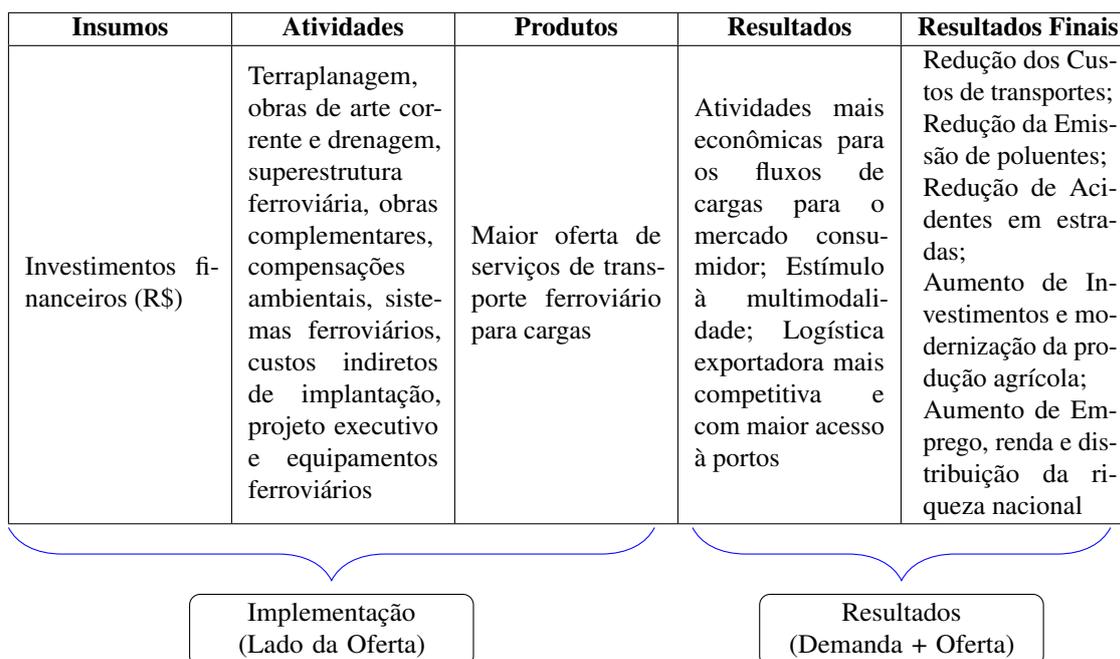
Os resultados deste ensaio estão expostos na presente seção, sendo que inicialmente são apresentados os canais de transmissão da FNS na economia local, em seguida os efeitos da FNS sobre o mercado de trabalho dos municípios tratados e, por fim, os impactos da FNS sobre a renda dos municípios tratados.

1.4.1 Cadeia de Resultados da Ferrovia Norte Sul

Para compreender adequadamente o efeito causal da política sobre a variável de interesse, no caso, o efeito da implantação da Ferrovia Norte Sul sobre o emprego e a renda dos municípios tratados, faz-se importante o melhor detalhamento dos canais de transmissão na economia local desencadeados pela introdução do modal ferroviário na região.

Dessa maneira, com base na **Figura 2**, é possível esclarecer a lógica causal, bem como a sequência de eventos que estão por trás da construção e implantação da ferrovia Norte Sul na economia da região. O intuito aqui é estabelecer um esquema plausível para explicar como uma sequência de insumos, atividades e produtos pela qual uma determinada intervenção é diretamente responsável estabelece caminhos por meio dos quais os impactos dessa intervenção são alcançados.

Figura 2 – Elementos da Cadeia de Resultados da FNS



Fonte: Elaborado pela autora com base em (GERTLER *et al.*, 2018) e (VALEC, 2021a)

Por meio da cadeia de resultados apresentada na **Figura 2**, é possível perceber a lógica causal a partir do início da implementação da FNS, começando com os recursos disponíveis, até o seu final, analisando as metas de longo prazo. Inicialmente, conforme apresentado na primeira coluna do quadro, foram destinados pelo ministério de infraestrutura os recursos financeiros demandados para o desenvolvimento dos projetos, contratação de pessoal, bem como a compra de máquinas e equipamentos necessários para as atividades de construção da ferrovia, destacadas na segunda coluna. Essas atividades envolvem inúmeras etapas que vão desde a terraplanagem, obras de arte corrente e drenagem, superestrutura ferroviária, projeto executivo e equipamentos ferroviários até a contratação de serviços de compensações ambientais. Todas essas atividades são necessárias para a geração do produto desejado pelo ministério de infraestrutura, que é uma maior oferta de serviços de transporte ferroviário para cargas no Brasil.

Os resultados de curto prazo esperados pelo governo com a ampliação dos serviços de transporte ferroviários para cargas envolvem o maior estímulo à multimodalidade que leva à maior concorrência do setor de transportes. Isso pode desencadear a obtenção de atividades mais econômicas para os fluxos de cargas para o mercado consumidor, além de melhorar a logística

exportadora devido ao maior acesso aos portos brasileiros (VALEC, 2021a).

Em última instância, a implantação da Ferrovia Norte Sul pode levar à redução dos custos de transportes, da emissão de poluentes, do número de acidentes em estradas, estimular o investimento e a modernização da produção agrícola, expandir emprego e renda e aumentar a distribuição da riqueza nacional (VALEC, 2021a).

A soma dos resultados e dos resultados finais, expostos nas duas últimas colunas do quadro, está contemplando o conjunto de resultados que não estão sob o controle direto do projeto e dependem da forma que se dá a relação entre o lado da oferta (implementação) e o lado da demanda (beneficiários). Ou seja, dependem das mudanças comportamentais exercidas pelos beneficiários do programa e, geralmente são essas as áreas sujeitas à avaliação de impacto como a realizada a seguir.

Com a estrutura da cadeia de resultados desenhada para o projeto de implementação da FNS é possível tornarem explícitos os objetivos do programa ao esclarecer a lógica causal e a sequência de eventos por trás do programa, o que facilita a avaliação e monitoramento do mesmo. Ela, portanto, pode ser utilizada como base para formular a pergunta de avaliação que deve ser bem definida e testável. Especificamente, neste estudo foi avaliado o impacto da implementação da FNS sobre dois dos resultados finais apresentados na cadeia de resultados (ampliação do emprego e da renda) dos municípios.

Portanto, a seção 4.2 é destinada-se à apresentação da avaliação do impacto da FNS sobre o mercado de trabalho formal dos municípios selecionados como tratados e a seção 4.3 é voltada à apresentação da avaliação do impacto da ferrovia sobre a renda média desses mesmos municípios, entre os anos de 2007 e 2014.

1.4.2 Avaliação de Impacto sobre o Mercado de Trabalho

Nesta primeira avaliação, utilizou-se o emprego total no mercado de trabalho formal por município como variável dependente. Como preditores⁴ considerou-se a própria variável dependente defasada, além do tamanho da população, PIB *per capita*, a renda *per capita* média no mercado de trabalho formal, arrecadação de impostos municipais, porcentagem de crianças de 6 a 14 anos na escola, % da população com 18 anos ou mais com ensino fundamental completo, % da população com 25 anos ou mais com ensino fundamental completo, taxa de analfabetismo da população com 25 anos ou mais, taxa de mortalidade infantil, IDH longevidade, porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com energia elétrica, porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com água encanada e capital humano.

Cabe destacar que a utilização da variável dependente como preditor é justificada por Hahn e Shi (2017) para reduzir o problema de omissão de eventuais preditores importantes, já que inclui os efeitos de quaisquer variáveis preditoras.

⁴Variáveis que poderiam ajudar a prever o comportamento da variável de interesse em cada município.

Considerando a lógica apresentada no método do controle sintético, foi construído um município sintético de cada município considerado tratado, a partir da combinação convexa de municípios pertencentes ao grupo de controle ⁵. Em outras palavras, encontrou-se a estimação de um vetor de pesos (W) para cada grupo de controle capaz de replicar a trajetória do grupo de tratamento caso não houvesse o tratamento. Esse vetor representa um controle sintético específico e é composto pelos pesos estimados de cada município no *pool* de doadores como pode ser observado nas **Tabelas 3, 4 e 5**.

Os municípios sintéticos estão separados por Estado em cada tabela. Na **Tabela 3**, por exemplo, encontra-se o município sintético de Porto Franco (MA), gerado pelo vetor de pesos W . Ele é composto por mais de 300 municípios, sendo os três maiores pesos dados aos municípios de Guimarães (MA), Cabeceira (GO) e Mambai (GO) com, 14,6%, 11,9% e 10,6%, respectivamente.

Tabela 3 – Peso dos municípios do *Pool* no município Sintético do Maranhão para a trajetória do emprego

MA - Porto Franco Sintético			
MA - Guimarães	(14,6%)	TO - Araguacema	(1,1%)
GO - Cabeceira	(11,9%)	GO - Águas Lindas de G.	(0,9%)
GO - Mambai	(10,6%)	GO - Guaraní de G.	(0,9%)
MA - Mirinzal	(9,4%)	GO - Buritinópolis	(0,5%)
GO - Rio Quente	(6,2%)	7 Municípios	(0,4%)
MA - Paco do Lumiar	(4,2%)	7 Municípios	(0,3%)
GO - Simolândia	(2,4%)	28 Municípios	(0,2%)
GO - Cavalcante	(2,3%)	279 Municípios	(0,1%)

Fonte: Elaborado pela autora.

A **Tabela 4** demonstra, por exemplo, que a trajetória do emprego em Porto Nacional (TO) entre 2001 e 2014 é melhor estimada por uma combinação dos municípios de Dianópolis (TO), Luziânia (GO), Rio Verde (GO) e Buriti do Tocantins (TO), correspondendo, respectivamente, por 81,9%, 11,8%, 4,8% e 1,5% da composição da unidade sintética. Já os municípios selecionados para compor o município de Gurupi (TO) Sintético foram Formosa (GO), Itumbiara (GO), Cidade Ocidental (GO) e Urutaí (GO) com 42%, 31,4%, 26,5% e 0,1%, respectivamente. Os demais municípios sintéticos são interpretados na mesma lógica de análise.

⁵Grupo de controle representa um grupo de comparação estatisticamente idêntico, que não será afetado pela intervenção e possibilitará estimar o resultado contrafactual, ou seja, o resultado que deveria ter ocorrido para o grupo de tratamento caso ele não tivesse recebido a intervenção (GERTLER *et al.*, 2018).

Tabela 4 – Peso dos municípios do *Pool* em cada município Sintético do Tocantins para a trajetória do emprego

TO - Aguiarnópolis Sintético		TO - Araguaína Sintético		TO - Guarai	
TO - Esperantina	(41,6%)	GO - Formosa	(47,9%)	GO - Cidade Ocidental	(21,1%)
GO - Ouvidor	(16,2%)	GO - Rio Verde	(32,7%)	TO - Ananas	(16,7%)
GO - Urutaí	(8,7%)	GO - Valparaíso de G.	(16,4%)	GO - Goiandira	(12,4%)
TO - São Salvador do T.	(8,0%)	GO - Luziânia	(2,9%)	GO - Urutaí	(9,9%)
GO - Buritinópolis	(7,8%)	GO - Águas Lindas de G.	(0,1%)	TO - Santa Tereza do T.	(9,2%)
GO - Porteirão	(6,6%)			GO - Alto Paraíso de G.	(5,7%)
GO - Mambai	(4,2%)			TO - Buriti do T.	(5,2%)
TO - Lagoa do T.	(4,0%)			GO - Catalão	(4,0%)
TO - Lizarda	(2,2%)			GO - Pires do Rio	(4,0%)
TO - Mateiros	(0,7%)			TO - Rio da Conceição	(3,7%)
				GO - Formosa	(3,6%)
				GO - São Simão	(1,6%)
				TO - Novo Alegre	(0,5%)
				9 Municípios	(0,1%)
TO - Palmeirante		TO - Porto Nacional		TO - Gurupi	
TO - Lizarda	(41,9%)	TO - Dianópolis	(81,9%)	GO - Formosa	(42,0%)
TO - São Salvador do T.	(33,3%)	GO - Luziânia	(11,8%)	GO - Itumbiara	(31,4%)
TO - Paraná	(19,6%)	GO - Rio Verde	(4,8%)	GO - Cidade Ocidental	(26,5%)
TO - Mateiros	(5,2%)	TO - Buriti do T.	(1,5%)	GO - Urutaí	(0,1%)

Fonte: Elaborado pela autora.

Na **Tabela 5**, encontra-se a relação dos municípios sintéticos do Estado de Goiás com os respectivos pesos dos municípios do *pool*. Tomando, como exemplo, o município sintético de Porangatu (GO), tem-se a composição de Iporá (GO), Formosa (GO), Cidade Ocidental (GO), Baliza (GO), Itumbiara (GO), Rio Sono (TO), Guarani de Goiás (GO), Valparaíso de Goiás (GO), Damianópolis (GO) e Rio Verde (GO), com os respectivos pesos: 58,1%, 10,3%, 8,9%, 6,7%, 6,5%, 3,2%, 2,3%, 2,3%, 1,3% e 0,4%. O controle sintético nesse caso atribui o maior peso a Iporá (GO), um município com comportamento muito parecido com Porangatu (GO) no que se refere a tendências antes da intervenção.

Tabela 5 – Peso dos municípios do *Pool* em cada município Sintético do Goiás para a trajetória do emprego

GO – Porangatu		GO -Uruaçu	
GO - Iporá	(58,1%)	GO - Jussara	(28,2%)
GO - Formosa	(10,3%)	GO - Três Ranchos	(18,0%)
GO - Cidade Ocidental	(8,9%)	GO - Formosa	(17,1%)
GO - Baliza	(6,7%)	GO - Buritunópolis	(13,6%)
GO - Itumbiara	(6,5%)	GO - Valparaíso de G.	(6,8%)
TO - Rio Sono	(3,2%)	GO - Quirinópolis	(4,3%)
GO - Guarani de G.	(2,3%)	GO - Urutaí	(2,8%)
GO - Valparaíso de G.	(2,3%)	GO - Faina	(2,0%)
GO - Damianópolis	(1,3%)	GO - Itumbiara	(2,0%)
GO - Rio Verde	(0,4%)	GO - Águas Lindas de G.	(1,2%)
		GO - Morrinhos	(1,0%)
		6 Municípios	(<1%)
GO - Santa Isabel		GO – Jaguará	
GO - Morro Agudo de G.	(31,0%)	GO - Buriti de G.	(42,1%)
GO - Professor Jamil	(23,5%)	GO - Luziania	(10,6%)
GO - Adelândia	(18,1%)	GO - Sto Antonio do Descoberto	(10,3%)
GO - Itarumã	(11,9%)	GO - Bela Vista de G.	(8,5%)
GO - São João da Parauna	(2,5%)	GO - Itumbiara	(7,9%)
GO - Davinópolis	(1,7%)	GO - Pires do Rio	(7,9%)
TO - Novo Alegre	(1,3%)	GO - Faina	(4,1%)
TO - Centenário	(1,2%)	TO - Rio da Conceição	(1,4%)
GO - Anhanguera	(1,0%)	37 Municípios	(<1,0%)
25 Municípios	(<1,0%)		

Fonte: Elaborado pela autora.

A construção de um grupo de comparação (contrafactual) que seja o mais semelhante possível do grupo de tratamento apresenta-se como o maior desafio de uma avaliação de impacto. O método de controle sintético emprega como unidade de controle a média ponderada das unidades não tratadas que melhor se aproximam das características da unidade tratada e fornece uma maneira sistemática de estimar esse contrafactual.

Dessa forma, cada variável sintética foi construída, como já explicado, a partir da combinação convexa de municípios do *pool* de doadores que mais se assemelhava a cada unidade tratada em termos de valores pré-tratamento dos preditores. Os resultados exibidos nas **Tabelas 6, 7 e 8** comparam as características de pré-tratamento dos municípios reais, dos municípios sintéticos, bem como da média do *pool* de doadores.

De maneira geral, percebe-se que a média dos municípios que não receberam a intervenção da FNS entre 2007 e 2014 não parece fornecer um grupo de controle adequado para os municípios reais. Em contraste, os municípios sintéticos reproduzem com maior precisão os valores que as variáveis preditoras tinham nos municípios reais antes do tratamento. Por exemplo, é verificado na **Tabela 6** que, antes do tratamento, os valores de alguns preditores foram bem menores na unidade real do que o observado para a média do *pool* de doadores. Esse é o caso das variáveis população, imposto, emprego total e capital humano. No entanto, os valores desses preditores na unidade sintética ficaram bem mais próximos aos valores reais.

Tabela 6 – Características Pré-Tratamento – Unidade Tratada do Maranhão

Preditores	Real	Sintético	Controles
	Porto Franco (MA)		
População	17,821.43	17,549.90	20,479.80
PIB <i>Per capita</i>	4.67	4.67	5.46
Imposto	731,608.27	676,867.23	893,932.16
Renda Total	488.27	488.25	475.38
Emprego Total	992.71	1,009.00	1,601.23
% Criança na escola	0.92	0.92	0.91
% 18 anos Ensino Fund.	0.26	0.26	0.20
% 25 anos Ensino fund.	0.20	0.20	0.17
Analfabetismo 25 anos	0.31	0.31	0.34
Mortalidade Infantil	0.39	0.39	0.40
IDH Longevidade	0.69	0.69	0.69
Energia Elétrica	0.84	0.84	0.78
Água Encanada	0.48	0.48	0.48
Capital Humano	864,992.44	919,123.88	1,059,334.34

Fonte: Elaborado pela autora.

As características pré-tratamento dos municípios tratados do Estado do Tocantins estão expostas na **Tabela 7** e é possível inferir que os municípios Araguaína, Porto Nacional e Gurupí, por exemplo, apresentam alguns preditores para as unidades reais com valores muito extremos quando comparados com os valores médios do *pool* de doadores. Esse caso é facilmente observado para os preditores população, arrecadação de imposto, emprego total e capital humano, em que, os respectivos valores expostos para as unidades reais são muito superiores aos apresentados pelas médias das unidades de controles.

Por outro lado, os municípios de Aguiarnópolis e Palmeirante apresentam os valores reais médios de variáveis como população, renda total e capital humano muito inferiores aos apresentados pelo conjunto de unidades de controle.

No entanto, nas respectivas unidades contrafactuais percebe-se uma maior similaridade dos valores médios das variáveis predictoras quando comparadas com os valores apresentados pelas unidades reais.

Tabela 7 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Tocantins

Preditores	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
	Aguiarnópolis (TO)			Araguaína (TO)		
População	3,505.86	5,382.39	13,268.41	122,193.00	105,990.91	13,491.70
PIB <i>Per capita</i>	7.75	8.20	7.99	8.64	12.29	8.91
Imposto	257,323.87	384,193.94	758,160.69	8,867,523.60	9,933,726.41	925,735.64
Renda Total	386.57	417.78	1,360.18	676.97	673.31	577.64
Emprego Total	666.17	665.65	519.89	17,268.43	17,231.33	1,472.31
% Criança na escola	0.93	0.93	0.93	0.94	0.93	0.93
% 18 anos Ensino Fund.	0.18	0.19	0.24	0.41	0.39	0.24
% 25 anos Ensino Fund.	0.13	0.13	0.20	0.36	0.35	0.20
Analfabetismo 25 anos	0.36	0.37	0.25	0.18	0.16	0.25
Mortalidade Infantil	0.44	0.45	0.30	0.35	0.24	0.30
IDH Longevidade	0.67	0.67	0.74	0.71	0.79	0.74
Energia Elétrica	0.83	0.76	0.86	0.95	0.97	0.86
Água Encanada	0.34	0.39	0.72	0.73	0.88	0.72
Capital Humano	152,633.28	229,954.86	750,709.66	8,135,312.05	6,768,263.94	750,709.66
	Palmeirante (TO)			Guaraí (TO)		
População	4,036.33	7,076.76	13,471.27	21,637.75	21,730.30	13,822.18
PIB <i>Per capita</i>	7.30	7.22	8.97	8.59	8.52	10.41
Imposto	872,295.70	563,845.00	941,741.03	1,553,189.45	1,658,112.88	1,213,535.53
Renda Total	314.78	329.56	1,478.14	716.18	716.26	681.57
Emprego Total	601.04	579.78	613.45	2,043.60	1,981.29	1,539.53
% Criança na escola	0.77	0.88	0.95	0.97	0.97	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.20	0.22	0.33	0.43	0.43	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.17	0.18	0.29	0.38	0.38	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.32	0.33	0.22	0.18	0.18	0.22
Mortalidade Infantil	0.36	0.35	0.23	0.24	0.24	0.23
IDH Longevidade	0.71	0.71	0.78	0.78	0.78	0.78
Energia Elétrica	0.57	0.56	0.91	0.94	0.94	0.91
Água Encanada	0.42	0.48	0.82	0.82	0.83	0.82
Capital Humano	134,416.74	257,951.94	750,709.66	1,351,708.16	1,339,091.37	750,709.66
	Porto Nacional (TO)			Gurupi (TO)		
População	47,003.67	50,169.92	15,154.30	73,759.14	85,342.16	14,087.85
PIB <i>Per capita</i>	8.63	8.82	10.24	10.64	11.38	10.63
Imposto	6,281,093.94	5,535,234.18	1,336,532.46	7,076,349.91	8,012,797.11	1,400,660.80
Renda Total	795.93	783.57	707.41	933.46	890.19	808.90
Emprego Total	6,139.31	5,038.21	1,689.43	11,699.43	11,634.46	1,788.88
% Criança na escola	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.50	0.48	0.33	0.55	0.49	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.44	0.43	0.28	0.51	0.44	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.16	0.15	0.22	0.11	0.12	0.22
Mortalidade Infantil	0.25	0.25	0.24	0.18	0.17	0.23
IDH Longevidade	0.77	0.77	0.77	0.81	0.82	0.78
Energia Elétrica	0.93	0.95	0.90	0.98	0.99	0.91
Água Encanada	0.81	0.85	0.81	0.91	0.93	0.82
Capital Humano	3,250,964.61	2,952,871.81	789,926.78	5,222,625.25	4,923,178.10	750,709.66

Fonte: Elaborado pela autora.

O mesmo ocorre nos municípios Porangatu, Uruaçu e Jaraguá (**Tabela 8**). Ou seja, os valores extremos dos preditores população, arrecadação de imposto, renda total e capital humano, que neste caso foram bem superiores nas unidades reais do que observado nas médias do *pool* de doadores, foram consideravelmente ajustados nas respectivas unidades sintéticas. Da mesma forma, se obtém uma maior semelhança entre os valores reais e os valores sintéticos das variáveis predictoras no município de Santa Isabel.

Tabela 8 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Goiás

Preditores	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
	Porangatu (GO)			Uruaçu (GO)		
População	41,077.13	42,453.42	13,957.95	35,142.64	36,874.70	14,145.16
PIB <i>Per capita</i>	6.87	7.24	10.16	7.70	8.50	10.55
Imposto	3,008,828.51	3,059,142.27	1,324,419.50	3,253,898.96	3,302,134.85	1,406,735.67
Renda Total	4,583.53	4,564.30	1,730.59	4,221.50	4,200.45	1,796.55
Emprego Total	786.02	788.67	808.90	826.56	824.73	808.58
% Criança na escola	0.97	0.97	0.95	0.96	0.96	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.41	0.41	0.33	0.41	0.41	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.36	0.36	0.29	0.36	0.36	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.17	0.17	0.22	0.17	0.18	0.22
Mortalidade Infantil	0.19	0.19	0.23	0.18	0.17	0.23
IDH Longevidade	0.80	0.80	0.78	0.82	0.81	0.78
Energia Elétrica	0.95	0.95	0.91	0.97	0.97	0.91
Água Encanada	0.88	0.88	0.82	0.86	0.86	0.82
Capital Humano	2,752,303.36	2,649,926.09	750,709.66	2,249,985.45	2,204,880.46	754,006.11
	Santa Isabel (GO)			Jaraguá (GO)		
População	3,530.55	4,226.04	13,754.92	39,503.79	38,999.02	14,145.16
PIB <i>Per capita</i>	8.72	8.65	10.55	6.34	8.11	10.55
Imposto	871,622.48	571,355.90	1,188,979.30	3,147,867.72	3,329,606.57	1,406,735.67
Renda Total	315.09	575.93	1,612.34	4,982.86	4,578.33	1,796.55
Emprego Total	683.00	686.77	808.58	666.57	668.04	808.58
% Criança na escola	0.98	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.34	0.33	0.33	0.35	0.35	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.20	0.20	0.22	0.16	0.20	0.22
Mortalidade Infantil	0.22	0.23	0.23	0.22	0.22	0.23
IDH Longevidade	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Energia Elétrica	0.95	0.95	0.91	0.98	0.97	0.91
Água Encanada	0.92	0.91	0.82	0.90	0.87	0.82
Capital Humano	217,925.12	235,722.02	754,006.11	2,002,033.99	1,993,388.89	754,006.11

Fonte: Elaborado pela autora.

As **Figuras 3, 4 e 5** exibem as trajetórias reais do emprego para cada um dos municípios tratados (linha cheia) e a sua contraparte sintética (linha tracejada) durante o período de 2001 a 2019. Percebe-se que em todos os casos as trajetórias do emprego dos municípios sintéticos acompanham de perto a trajetória dos respectivos municípios reais, nos períodos anteriores aos choques.

Alinhado ao considerável grau de equilíbrio da maioria dos preditores utilizados (**Tabelas 6, 7 e 8**), isso sugere que os municípios sintéticos apresentados fornecem uma aproximação sensata do número de emprego formal que existiria em cada município, no período pós-tratamento, na ausência da FNS. Em outras palavras, a evolução dos resultados para o grupo de controle sintético resultante é uma boa estimativa do contrafactual do que teria sido observado em cada unidade tratada na ausência da intervenção.

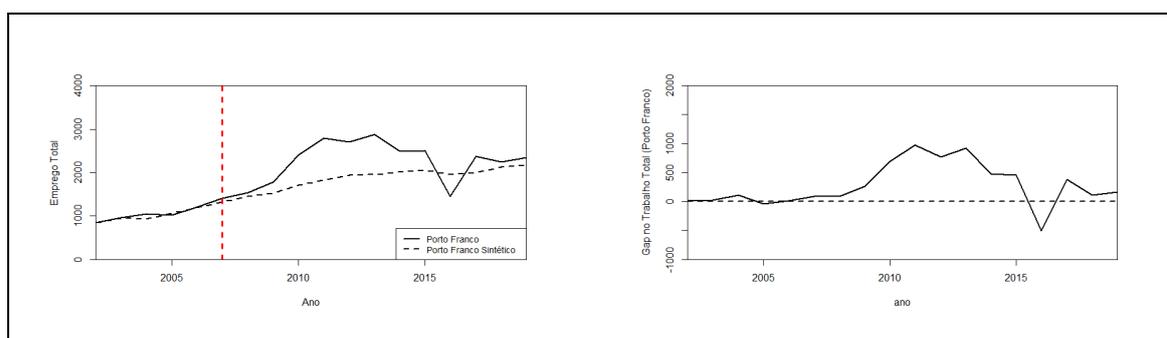
A estimativa do efeito da FNS sobre o emprego formal em cada um dos municípios apresentados é a diferença entre o valor efetivamente observado do emprego formal nos municípios e suas versões sintéticas após o choque da FNS. Lembrando que os choques se deram em datas distintas em cada município, variando de 2007 a 2014 (ver **Tabela 1**).

No caso do município de Porto Franco (MA), verificado na **Figura 3**, percebe-se que

imediatamente após o choque da FNS, que neste caso foi no ano de 2007, as duas linhas começaram a divergir visivelmente. Enquanto o emprego em Porto Franco sintético continuou com uma tendência de alta moderada, o município de Porto Franco real apresentou uma alta mais acentuada, até aproximadamente, o ano de 2013.

Pelo gráfico do Gap é possível visualizar melhor o impacto no número de empregos em Porto Franco (MA), em que a lacuna entre as duas linhas sinaliza o efeito da FNS sobre o emprego formal entre os anos de 2007 e 2019. Nesse período o emprego formal aumentou, em média, em 376 unidades. O maior período de crescimento é percebido entre os anos de 2011 e 2013, em que o emprego formal cresceu, em média, 890 unidades, sendo que o ano de 2011 apresentou o maior registro de aumento, cerca de 980 novos empregos. No entanto, constata-se também que esse efeito reduziu com o tempo, a partir do ano de 2013 e o emprego apresentou um crescimento médio entre 2014 e 2019 da ordem de 182 unidades.

Figura 3 – Trajetória e GAP do emprego no município tratado do Maranhão



Fonte: Elaborado pela autora, a partir do pacote *synth* para o *software* R

A mesma lógica de análise realizada para a **Figura 3** é aplicada aos municípios do Estado do Tocantins, expostos na **Figura 4**. No entanto, percebe-se que o efeito da FNS sobre o emprego foi claramente positivo em três municípios (Aguiarnópolis, Araguaína e Palmeirante) e claramente negativo em dois deles (Guaraí e Gurupi).

No município de Aguiarnópolis (TO), que sofreu o choque da intervenção no ano de 2007, é possível verificar um efeito positivo médio de 329 empregos, no período de 2007 a 2019, sendo o maior registro observado no ano de 2017 em que foram geradas 852 unidades de emprego formal. Ao longo das duas trajetórias (Aguiarnópolis real e Aguiarnópolis sintética) verifica-se um distanciamento moderado entre as duas linhas no período de 2007 a 2009, e outro distanciamento mais expressivo entre 2014 e 2017. No primeiro caso, foi registrado um aumento médio de, aproximadamente, 131 novos empregos. Já no segundo período, constatou-se um impacto médio de 766 novos empregos.

Araguaína (TO) foi o município que apresentou o maior efeito positivo da intervenção, registrando entre 2008 (ano do choque) e 2019 um aumento médio de 898 unidades de emprego formal, sendo que o maior registro se deu no ano de 2018 com 2.863 novos empregos. Já o

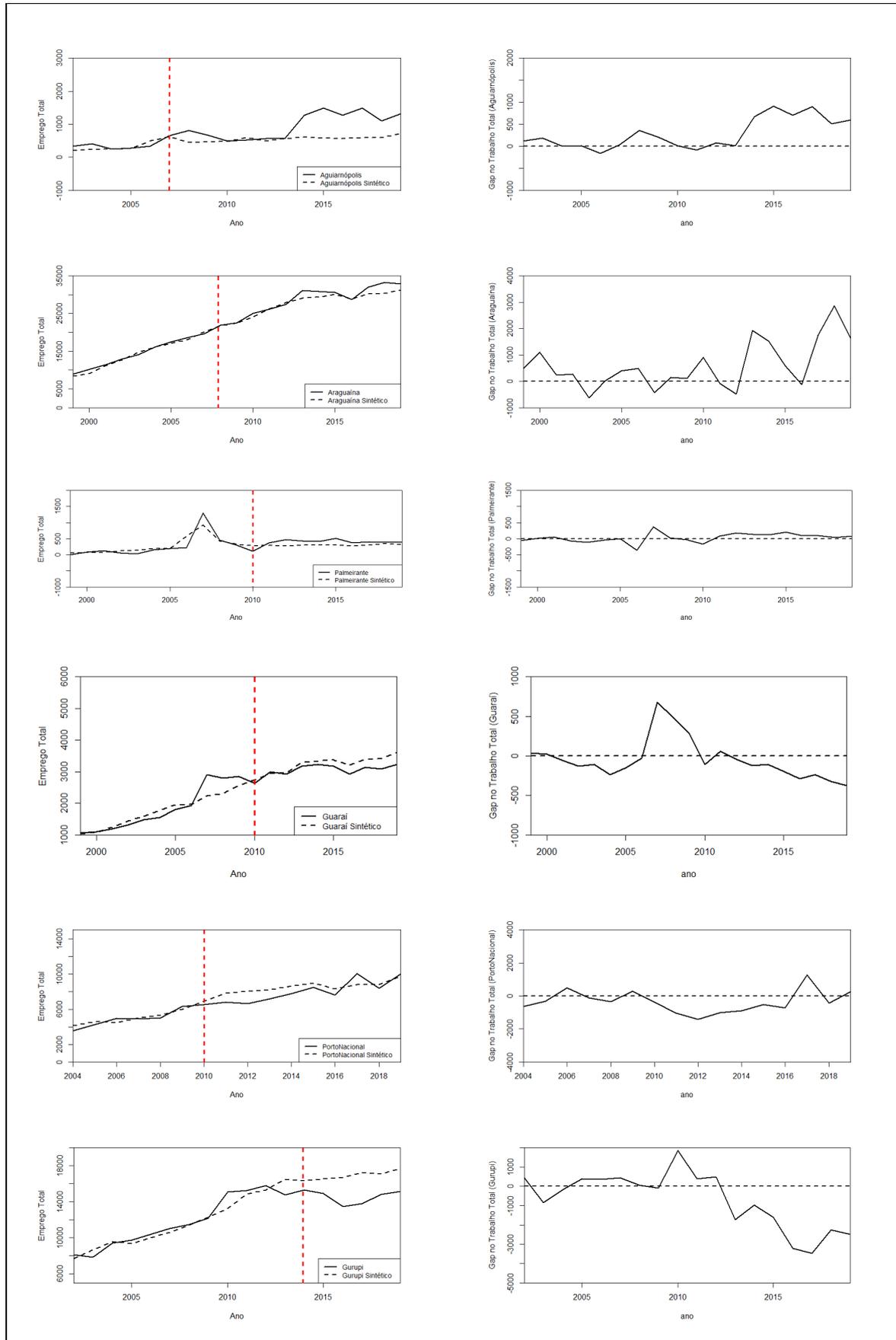
município de Palmeirante (TO) recebeu a intervenção da ferrovia no ano de 2010 e apresentou em sua trajetória até 2019 um impacto também positivo, embora menor, cerca de 89 novos empregos foram gerados em média. O maior aumento ocorreu no ano de 2015 onde foram criadas 205 unidades de emprego formal.

Guaraí (TO) é um exemplo de município que apresentou efeito negativo da FNS sobre o emprego após o choque ocorrido em 2010. Claramente, se observa o distanciamento entre as duas trajetórias, principalmente a partir do ano de 2012 e, por meio do gráfico ao lado, que sinaliza o gap existente entre o grupo sintético e a unidade tratada, é possível verificar que o emprego caiu, paulatinamente, entre o período de 2012 a 2019. Em média, observou-se uma redução de 175 unidades de emprego, desde o momento do choque até o ano de 2019, sendo que a maior redução ocorreu em 2019, ano que o emprego apresentou queda de 375 unidades.

Outro município do Estado de Tocantins que registrou queda do emprego formal foi Gurupi (TO). No entanto, diferentemente dos demais municípios, o choque neste caso ocorreu no ano de 2014 e, portanto, vale ressaltar que o período de exposição ao tratamento é menor, não sendo, talvez, suficiente para que o município tenha absorvido de fato os impactos positivos da ferrovia. Aqui, a redução média do emprego, entre 2014 e 2019 foi de 2.336 unidades, destacando o ano de 2017 como o de maior diferença entre as trajetórias de emprego real e sintética, sinalizando a redução de cerca de 3.462 unidades de emprego.

Em relação ao município de Porto Nacional, embora se observa um período de seis anos de queda do nível do emprego entre o ano do choque, 2010, e o ano de 2016, chegando em média à uma redução de 775 unidades de emprego no período, destaca-se uma possível reversão dessa trajetória de queda nos últimos anos registrados. No gráfico do gap pode-se ver que ocorre uma elevação do emprego no ano de 2017 e também no ano de 2019 com aumentos, respectivos, de 1.345 e 503 unidades.

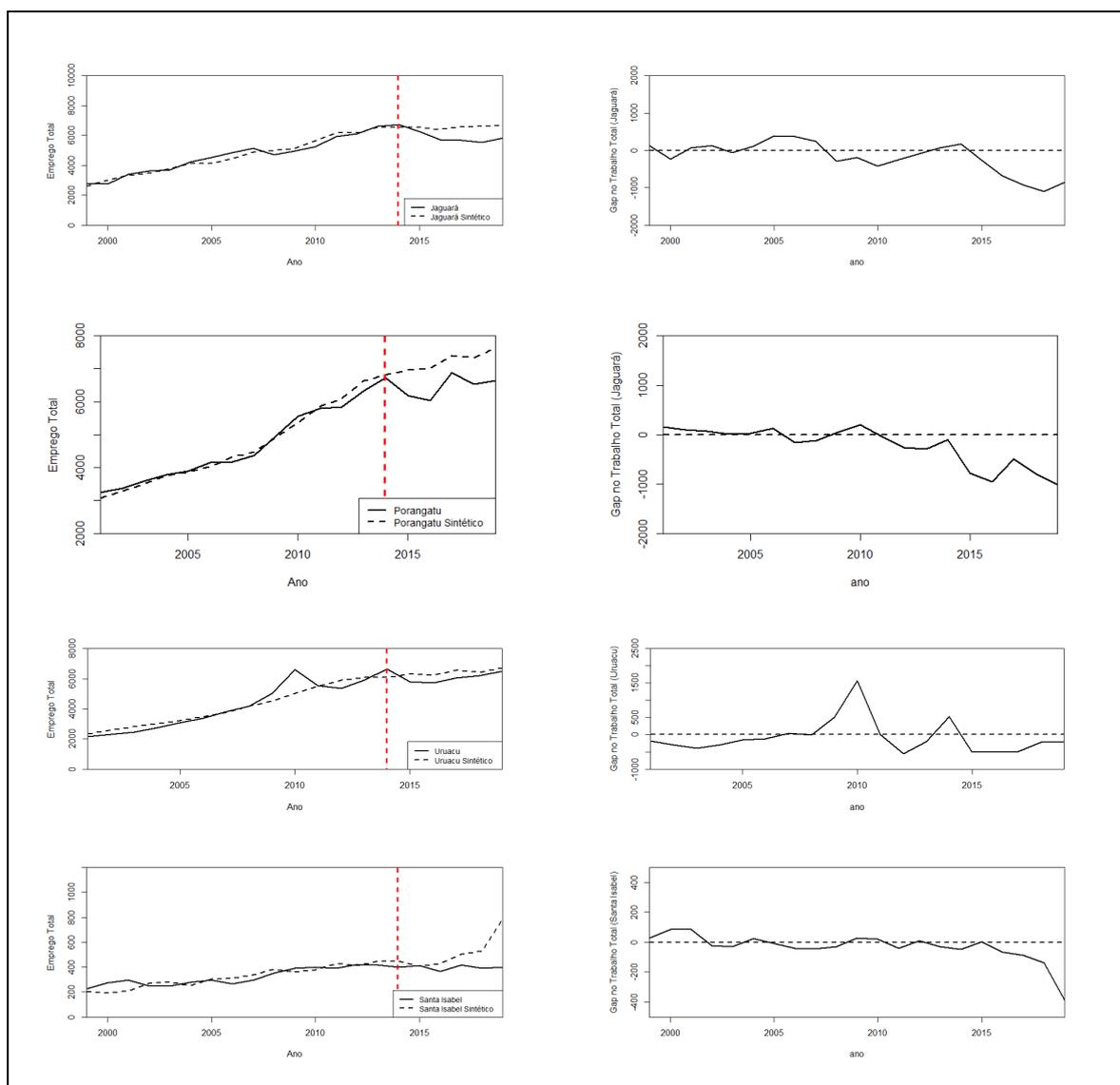
Figura 4 – Trajetórias e GAPs do emprego nos municípios tratados do Tocantins



Fonte: Elaborado pela autora, a partir do pacote *synth* para o *software R*

Já na **Figura 5**, estão expostas as trajetórias do emprego dos municípios tratados do Estado de Goiás, bem como os seus respectivos gaps. Os resultados indicam que após o choque da FNS, ocorrido no ano de 2014, houve queda no número de emprego formal em todos esses municípios nesse primeiro momento. Assim, no período entre 2014 e 2019, os municípios de Jaguará e Porangatu registraram as maiores reduções médias no nível de emprego formal na ordem de 606 unidades e 618 unidades, respectivamente. Em Uruaçu e Santa Isabel a redução no nível de emprego foi um pouco menor, sendo em média de 236 e 119 unidades no mesmo período.

Figura 5 – Trajetórias e GAPS do emprego nos municípios tratados do Goiás



Fonte: Elaborado pela autora, a partir do pacote *synth* para o *software* R

Destaca-se que, assim como ocorrido no município de Gurupi (TO), os choques realizados nos quatro municípios goianos se deram no ano de 2014 e, portanto, espera-se que seja necessário um tempo maior de exposição à finalização das obras para que os efeitos positivos da ferrovia

sobre o nível de emprego formal efetivamente ocorram em cada município.

De maneira geral, os resultados apontam que os municípios de Porto Franco (MA), Aguiarnópolis (TO) e Araguaína (TO) que tiveram as obras da FNS concluídas até o ano de 2008 registraram aumento no nível de emprego formal. Mas, aqueles municípios que tiveram a implantação da FNS concluída a partir de 2014 apresentaram impactos negativos sobre o mercado de trabalho, com a redução do número de empregos formais.

1.4.3 Avaliação de Impacto sobre a Renda

Na avaliação realizada para estimar o impacto da FNS sobre a renda média dos trabalhadores formais utilizou-se a renda média no mercado de trabalho formal por município como variável dependente. Como preditores considerou-se a própria variável dependente defasada e o emprego no mercado de trabalho formal, além das variáveis consideradas na avaliação anterior.

Os pesos de cada município do *pool* de doadores na criação dos municípios sintéticos estão exibidos nas **Tabelas 9, 10 e 11**. Os valores relatados na **Tabela 9** indicam que a tendência da renda no mercado de trabalho formal de Porto Franco antes da inauguração da FNS é melhor reproduzida por uma combinação de Mirinzal – MA (16,1%), Guimarães – MA (13,8%), Cabeceira – GO (9,6%), Rio Quente – GO (8,5%), Mambai – GO (8,1%), Cavalcante – GO (6,8%) e Alvorada do Norte – GO (6,0%). Além desses, outros municípios fazem parte da formação o vetor W , porém com pesos individuais inferiores a 5%, sendo a maioria com peso 0,1%.

Tabela 9 – Peso dos municípios do *Pool* no município Sintético do Maranhão para a trajetória da renda

MA - Porto Franco Sintético			
MA - Mirinzal	(16,1%)	GO - Águas Lindas de G.	(2,9%)
MA - Guimarães	(13,8%)	GO - Turvânia	(2,6%)
GO - Cabeceira	(9,6%)	MA - Paco do Lumiar	(0,9%)
GO - Rio Quente	(8,5%)	GO - Teresina de G.	(0,6%)
GO - Mambai	(8,1%)	5 Municípios	(0,3%)
GO - Cavalcante	(6,8%)	13 Municípios	(0,2%)
GO - Alvorada do Norte	(6,0%)	123 Municípios	(0,1%)
GO - Simolândia	(4,1%)		

Fonte: Elaborado pela autora.

A composição do vetor W de cada município sintético do Estado do Tocantins pode ser observada na **Tabela 10**. Como exemplo, o município de Araguaína sintético apresentou um contrafactual composto por cinco municípios: Valparaíso de Goiás – GO (35,5%), Rio Verde – GO (35,0%), Luziânia – GO (14,5%), Buriti do Tocantins – TO (1,3%) e Esperantina – TO (0,2%). Em Gurupi sintético três municípios foram responsáveis por mais de 90% da composição do vetor W , são eles Cidade Ocidental – GO (36,3%), Valparaíso de Goiás – GO (31,3%) e Itumbiara – GO (24,5%). Os dados dos demais municípios expostos na **Tabela 10**

(Aguiarnópolis, Guaraí, Palmeirante e Porto Nacional) são interpretados com a mesma lógica apresentada anteriormente.

Tabela 10 – Peso dos municípios do *Pool* no município Sintético do Tocantins para a trajetória da renda

TO - Aguiarnópolis Sintético		TO - Araguaína Sintético		TO - Guaraí	
TO - Esperantina	(36,9%)	GO - Valparaíso de G.	(35,5%)	GO - Jussara	(47,3%)
GO - Ouidor	(17,2%)	GO - Rio Verde	(35,0%)	GO - Valparaíso de G.	(8,3%)
TO - São Salvador do T.	(14,7%)	GO - Luziânia	(14,5%)	GO - Três Ranchos	(7,7%)
GO - Buritinópolis	(12,5%)	TO - Buriti do T.	(1,3%)	GO - Buritinópolis	(7,4%)
GO - Urutaí	(9,0%)	TO - Esperantina	(0,2%)	GO - Formosa	(6,7%)
TO - Lagoa do T.	(7,5%)			GO - Urutaí	(3,2%)
GO - Porteirão	(1,7%)			GO - Águas Lindas de G.	(2,5%)
TO - Lizarda	(0,02%)			GO - Baliza	(2,4%)
TO - Juarina	(0,01%)			GO - Cidade Ocidental	(1,8%)
TO - Novo Jardim	(0,01%)			GO - Faina	(1,4%)
				GO - Morrinhos	(0,05%)
				GO - Iporã	(0,04%)
				3 Municípios	(0,02%)
				12 Municípios	(0,01%)
TO - Palmeirante Sintético		TO - Porto Nacional Sintético		TO - Gurupi Sintético	
TO - Paraná	(40,5%)	GO - Cidade Ocidental	(47,9%)	GO - Cidade Ocidental	(36,3%)
TO - Lizarda	(22,1%)	MA - Buriti	(12,0%)	GO - Valparaíso de G.	(31,3%)
TO - Campos Lindos	(21,5%)	GO - Valparaíso de G.	(10,3%)	GO - Itumbiara	(24,5%)
GO - Baliza	(8,5%)	GO - Catalão	(8,7%)	GO - Catalão	(7,1%)
TO - Esperantina	(3,1%)	TO - Buriti do T.	(7,8%)	GO - Formosa	(0,8%)
TO - Juarina	(2,5%)	GO - Rio Verde	(4,5%)		
TO - São Salvador do T.	(1,8%)	GO - Urutaí	(3,8%)		
		TO - Lagoa da Confusão	(3,7%)		
		TO - Rio da Conceição	(1,2%)		

Fonte: Elaborado pela autora.

A **Tabela 11** concentra o grupo de municípios sintéticos do Estado de Goiás e pode ser interpretada de forma similar às duas anteriores. O município de Jaguará sintético, por exemplo, é formado pela combinação de dez municípios, sendo o município de Novo Brasil – GO responsável pelo maior peso (52,3%). Os demais municípios são Formosa – GO (19,5%), Buriti do Tocantins – TO (9,5%), Águas Lindas de Goiás – GO (7,2%), Rio Verde – GO (4,3%), Faina – GO (3,3%) e outros quatro municípios com pesos individuais inferiores à 1%.

Em Porangatu sintético, os três municípios que apresentaram maiores pesos na composição do vetor W são Iporã – GO (30,8%), Formosa – GO (21,5%) e Pires do Rio – GO (14,2%). Já no município de Uruaçu sintético, os três municípios de maiores pesos são Jussara – GO (47,3%), Valparaíso de Goiás – GO (8,3%) e Três Ranchos (7,7%). Por outro lado, mais de 70% de Santa Isabel sintético é composto por apenas quatro municípios: Marzagão – GO (21%), Nova América – GO (20,9%), Adelândia – GO (20,7%) e Buriti de Goiás (13,9%).

Tabela 11 – Peso dos municípios do *Pool* em cada município Sintético do Goiás para a trajetória da renda

GO – Porangatu		GO -Uruaçu	
GO - Iporá	(30,8%)	GO - Jussara	(47,3%)
GO - Formosa	(21,5%)	GO - Valparaíso de G.	(8,3%)
GO - Pires do Rio	(14,2%)	GO - Três Ranchos	(7,7%)
GO - Damianópolis	(8,7%)	GO - Buritinópolis	(7,4%)
TO - Sta. Tereza do T.	(7,0%)	GO - Formosa	(6,7%)
GO - Valparaíso de G.	(6,6%)	GO - Itumbiara	(5,2%)
GO - Mossamedes	(5,5%)	GO - Urutaí	(3,2%)
GO - Cristianópolis	(0,4%)	GO - Águas Lindas de G.	(2,5%)
GO - Baliza	(0,2%)	GO - Baliza	(2,4%)
GO - Buritinópolis	(0,2%)	GO - Cidade Ocidental	(1,8%)
12 Municípios	(0,1%)	GO - Faina	(1,4%)
		17 Municípios	(<1%)
GO - Santa Isabel		GO – Jaguará	
GO - Marzagão	(21,0%)	GO - Novo Brasil	(52,3%)
GO - Nova América	(20,9%)	GO - Formosa	(19,5%)
GO - Adelândia	(20,7%)	TO - Buriti do T.	(9,5%)
GO - Buriti de Goiás	(13,9%)	GO - Águas Lindas de G.	(7,2%)
GO - Rio Quente	(6,3%)	GO - Rio Verde	(4,3%)
TO - Centenário	(5,1%)	GO - Faina	(3,3%)
GO - São Simão	(2,3%)	4 Municípios	(<1,0%)
GO - São Miguel do Araguaia	(1,7%)		
GO - Novo Brasil	(1,4%)		
19 Municípios	(<1,0%)		

Fonte: Elaborado pela autora.

As variáveis previsoras estimadas nos contrafactuais sintéticos apresentam-se, de forma geral, bem mais próximas dos valores reais do que os valores médios do *pool* de municípios doadores, ou seja, dos valores médios para todos os municípios que não receberam a intervenção da FNS. Os resultados são exibidos nas **Tabelas 12, 13 e 14** que mostram a comparação das características de pré-tratamento de cada município real com as dos respectivos municípios sintéticos, bem como com a média dos municípios de controles.

Em algumas variáveis como população, Renda Total, Emprego e Capital Humano é mais clara a constatação do melhor ajuste dos previsores contrafactuais com os respectivos valores verdadeiros, quando comparado com a média do *pool* de municípios doadores.

Em particular, é possível ver na **Tabela 12**, que as variáveis população, PIB *per capita*, arrecadação de impostos, emprego total e capital humano eram maiores com a média dos municípios de controle de Porto Franco do que em Porto Franco real. Por outro lado, os valores estimados com as unidades que compõe o município sintético foram bem mais parecidos com os valores observados em Porto Franco real.

Tabela 12 – Características Pré-Tratamento – Unidade Tratada do Maranhão

Preditores	Real	Sintético	Controles
	Porto Franco (MA)		
População	18,084.80	17,987.82	20,805.08
PIB <i>Per capita</i>	5.70	5.70	6.04
Imposto	944,097.29	929,695.07	1,054,799.40
Renda Total	521.09	521.09	518.28
Emprego Total	1,127.00	1,145.63	1,710.07
% Criança na escola	0.92	0.92	0.91
% 18 anos Ensino Fund.	0.26	0.26	0.20
% 25 anos Ensino fund.	0.20	0.20	0.17
Analfabetismo 25 anos	0.31	0.31	0.34
Mortalidade Infantil	0.39	0.39	0.40
IDH Longevidade	0.69	0.69	0.69
Energia Elétrica	0.84	0.84	0.78
Água Encanada	0.48	0.48	0.48
Capital Humano	864,992.44	871,100.87	1,059,334.34

Fonte: Elaborado pela autora.

Como exposto na **Tabela 13**, municípios reais como Araguaína, Porto Nacional e Gurupi, apresentaram os valores das variáveis preditoras população, arrecadação de imposto, emprego total e capital humano substancialmente maiores do que os valores observados utilizando as médias dos municípios de controle, diferentemente dos valores observados para os respectivos municípios sintéticos que apresentam valores bem mais semelhantes aos valores das variáveis reais. Da mesma forma, é verificado que os valores estimados dos municípios sintéticos de Aguiarnópolis, Palmeirante e Guaraí são mais próximos dos valores médios das suas respectivas unidades reais do que os valores médios apresentados pelas unidades de controle.

Na **Tabela 14** constata-se que o município de Santa Isabel apresentou grande discrepância entre os valores reais de variáveis preditoras como população, emprego total, arrecadação de imposto e capital humano e os respectivos valores apresentados pelas unidades de controle. Ou seja, os valores dessas variáveis foram bem inferiores na unidade real do que os apresentados pelos municípios de controle.

Já nos municípios de Porangatu, Uruaçu e Jaraguá tem-se também a ocorrência de valores extremos entre variáveis expostas nas unidades reais e nas unidades de controle, embora, neste caso, os valores estimados pelas unidades de controle que são bem inferiores aos apresentados pelas unidades reais.

Os resultados, portanto, mostram como os estimadores de controle sintético apresentaram-se mais ajustados com as regiões expostas à intervenção do que os valores médios dos municípios do *pool* de doadores dessas regiões. Com isso, conforme King e Zeng (2006), o método de controle sintético protegeu contra a estimativa de “contrafactuais extremos”.

Tabela 13 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Tocantins

Preditores	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
	Aguiarnópolis (TO)			Araguaína (TO)		
População	3,505.86	5,754.44	13,268.41	122,193.00	105,990.91	13,491.70
PIB <i>Per capita</i>	7.75	8.48	7.99	8.64	12.29	8.91
Imposto	257,323.87	315,243.22	758,160.69	8,867,523.60	9,933,726.41	925,735.64
Renda Total	666.17	652.13	519.89	676.97	673.31	577.64
Emprego Total	386.57	397.11	1,360.18	17,268.43	17,231.33	1,472.31
% Criança na escola	0.93	0.93	0.93	0.94	0.93	0.93
% 18 anos Ensino Fund.	0.18	0.19	0.24	0.41	0.39	0.24
% 25 anos Ensino fund.	0.13	0.14	0.20	0.36	0.35	0.20
Analfabetismo 25 anos	0.36	0.37	0.25	0.18	0.16	0.25
Mortalidade Infantil	0.44	0.45	0.30	0.35	0.24	0.30
IDH Longevidade	0.67	0.67	0.74	0.71	0.79	0.74
Energia Elétrica	0.83	0.80	0.86	0.95	0.97	0.86
Água Encanada	0.34	0.39	0.72	0.73	0.88	0.72
Capital Humano	152,633.28	242,308.38	750,709.66	8,135,312.05	6,768,263.94	750,709.66
	Palmeirante (TO)			Guaraí (TO)		
População	4,088.50	4,624.45	13,589.09	21,637.75	21,730.30	13,822.18
PIB <i>Per capita</i>	7.87	8.90	9.44	8.59	8.52	10.41
Imposto	979,319.28	710,805.02	1,020,544.32	1,553,189.45	1,658,112.88	1,213,535.53
Renda Total	601.04	676.94	613.45	716.18	716.26	681.57
Emprego Total	338.63	367.23	1,532.45	2,043.60	1,981.29	1,539.53
% Criança na escola	0.60	0.88	0.93	0.97	0.97	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.09	0.13	0.24	0.43	0.43	0.33
% 25 anos Ensino fund.	0.08	0.10	0.20	0.38	0.38	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.39	0.37	0.25	0.18	0.18	0.22
Mortalidade Infantil	0.45	0.45	0.30	0.24	0.24	0.23
IDH Longevidade	0.66	0.66	0.74	0.78	0.78	0.78
Energia Elétrica	0.33	0.41	0.86	0.94	0.94	0.91
Água Encanada	0.06	0.19	0.72	0.82	0.83	0.82
Capital Humano	134,416.74	179,276.80	750,709.66	1,351,708.16	1,339,091.37	750,709.66
	Porto Nacional (TO)			Gurupi (TO)		
População	47,003.67	50,169.92	15,154.30	73,759.14	79,174.26	14,087.85
PIB <i>Per capita</i>	8.63	8.82	10.24	10.64	11.38	10.63
Imposto	6,281,093.94	5,535,234.18	1,336,532.46	7,076,349.91	8,012,797.11	1,400,660.80
Renda Total	795.93	783.57	707.41	933.46	890.19	808.90
Emprego Total	6,139.31	5,038.21	1,689.43	11,699.43	11,634.46	1,788.88
% Criança na escola	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.50	0.48	0.33	0.55	0.49	0.33
% 25 anos Ensino fund.	0.44	0.43	0.28	0.51	0.44	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.16	0.15	0.22	0.11	0.12	0.22
Mortalidade Infantil	0.25	0.25	0.24	0.18	0.17	0.23
IDH Longevidade	0.77	0.77	0.77	0.81	0.82	0.78
Energia Elétrica	0.93	0.95	0.90	0.98	0.99	0.91
Água Encanada	0.81	0.85	0.81	0.91	0.93	0.82
Capital Humano	3,250,964.61	2,952,871.81	789,926.78	5,222,625.25	4,923,178.10	750,709.66

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 14 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Goiás

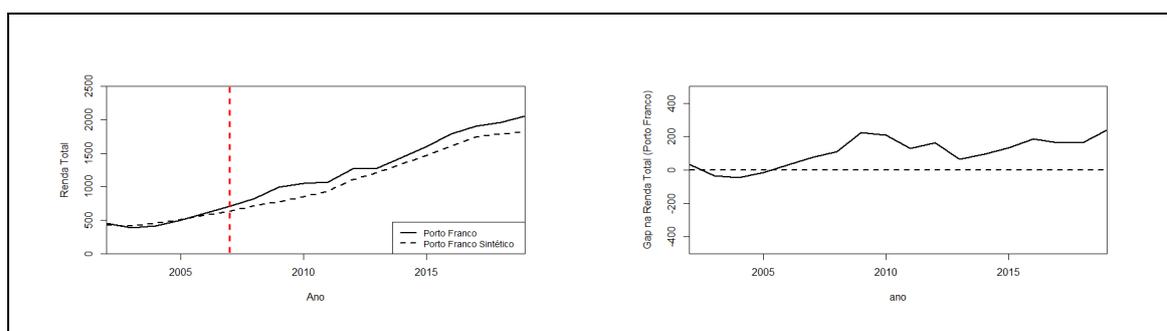
Preditores	Porangatu (GO)			Uruaçu (GO)		
	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
População	40,970.89	41,317.98	14,152.38	35,142.64	36,818.16	14,145.16
PIB <i>Per capita</i>	8.04	8.36	12.00	7.32	7.66	10.09
Imposto	4,076,364.09	4,082,300.38	1,633,272.48	3,253,898.96	3,285,772.74	1,406,735.67
Renda Total	793.57	865.06	808.57	826.56	823.62	808.58
Emprego Total	4,814.31	4,817.29	1,846.21	4,221.50	4,188.87	1,796.55
% Criança na escola	0.97	0.97	0.95	0.96	0.96	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.41	0.41	0.33	0.41	0.41	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.36	0.37	0.29	0.36	0.36	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.17	0.17	0.22	0.17	0.18	0.22
Mortalidade Infantil	0.19	0.19	0.23	0.18	0.17	0.23
IDH Longevidade	0.80	0.80	0.78	0.82	0.81	0.78
Energia Elétrica	0.95	0.95	0.91	0.97	0.97	0.91
Água Encanada	0.88	0.88	0.82	0.86	0.86	0.82
Capital Humano	2,752,303.36	2,711,638.52	750,709.66	2,249,985.45	2,191,496.07	754,006.11
	Santa Isabel (GO)			Jaraguá (GO)		
População	3,530.55	3,507.88	13,754.92	39,503.79	39,501.72	14,145.16
PIB <i>Per capita</i>	8.30	7.06	10.09	6.10	7.79	10.09
Imposto	871,622.48	403,012.76	1,188,979.30	3,147,867.72	3,184,406.97	1,406,735.67
Renda Total	559.51	591.85	662.95	666.57	766.09	808.58
Emprego Total	332.33	335.06	1,738.03	4,835.93	4,833.83	1,738.03
% Criança na escola	0.98	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95
% 18 anos Ensino Fund.	0.34	0.34	0.33	0.35	0.35	0.33
% 25 anos Ensino Fund.	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.29
Analfabetismo 25 anos	0.20	0.20	0.22	0.16	0.17	0.22
Mortalidade Infantil	0.22	0.23	0.23	0.22	0.21	0.23
IDH Longevidade	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Energia Elétrica	0.95	0.95	0.91	0.98	0.97	0.91
Água Encanada	0.92	0.91	0.82	0.90	0.90	0.82
Capital Humano	217,925.12	213,622.67	754,006.11	2,002,033.99	2,002,619.27	754,006.11

Fonte: Elaborado pela autora.

Dessa forma, é possível verificar, nas **Figuras 6, 7 e 8**, a trajetória da renda no mercado de trabalho formal, bem como o gap da renda para cada município avaliado neste estudo, em outras palavras, o impacto da FNS sobre a renda média dos trabalhadores das unidades que receberam a intervenção.

Tomando como referência o município de Porto Franco - MA, exibido na **Figura 6**, observa-se que após a inauguração desse trecho da FNS, ano de 2007, a trajetória real (linha cheia) e a trajetória sintética (linha tracejada) ficaram mais afastadas. No período de 2007 e 2019 houve um acréscimo médio de, aproximadamente R\$150 reais na renda média dos trabalhadores no mercado de trabalho formal em comparação com o seu grupo sintético. O maior aumento foi de R\$239 reais, e ocorreu no ano de 2019, onde a renda média em Porto Franco sintético (que representa o valor da renda na ausência da intervenção) foi da ordem de R\$1.821 reais e em Porto Franco real foi de R\$2.060 reais.

Figura 6 – Trajetória e GAP da renda do município tratado do Maranhão

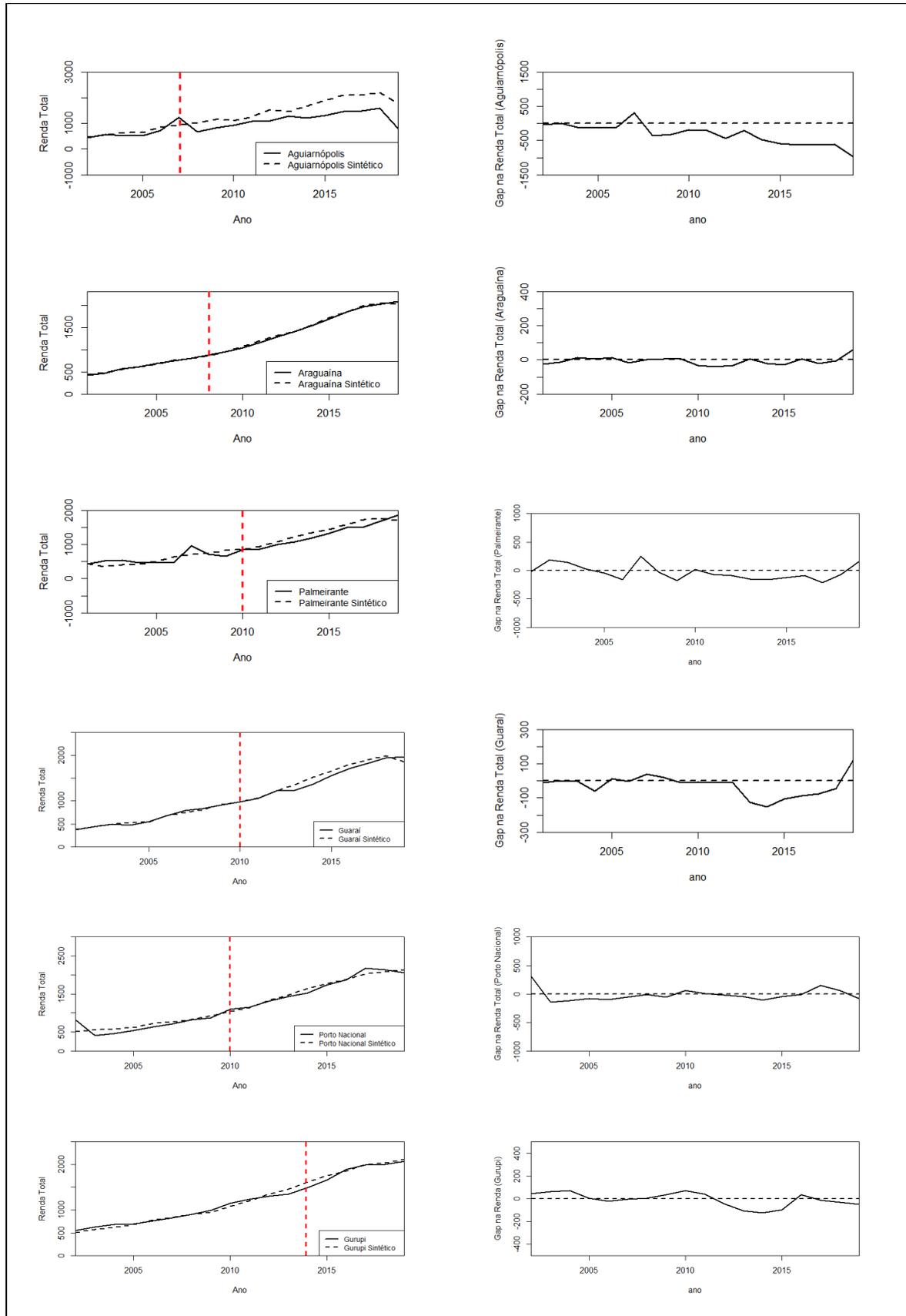


Fonte: Elaborado pela autora, a partir do pacote *synth* para o *software* R

Os resultados na trajetória da renda para os municípios do Estado do Tocantins apontaram, de maneira geral, para pequenos impactos negativos na renda média no mercado de trabalho formal (**Figura 7**). O município de Aguiarnópolis, que recebeu o choque no ano de 2007, apresentou a maior redução da renda média ao longo do período de 2007 e 2019, sendo de R\$406 reais. Já Guaraí e Palmeirante, que receberam a intervenção no ano de 2010, apresentaram em média redução na renda dos trabalhadores no período de 2010 a 2019 de, respectivamente, R\$50 reais e R\$80 reais. Mas, vale destacar que, no ano de 2019, ambos os municípios registraram aumento da renda média, sendo de R\$121 reais em Guaraí e de R\$155 em Palmeirante. Este movimento de alta da renda média observada no ano de 2019 também ocorreu em Araguaína, que embora não apresentou efeito expressivo sobre a renda no período de 2008 (ano do choque) e 2019, registrou neste último ano, uma elevação da renda média em R\$58 reais.

Vale pontuar que o município de Gurupí apresentou, em média, queda de R\$47 reais da renda, no período de 2014 a 2019, no entanto, assim como os municípios de Goiás, este município recebeu a intervenção no ano de 2014 e, portanto, teve um menor período de exposição ao tratamento.

Figura 7 – Trajetórias e GAPs da renda dos municípios tratados do Tocantins

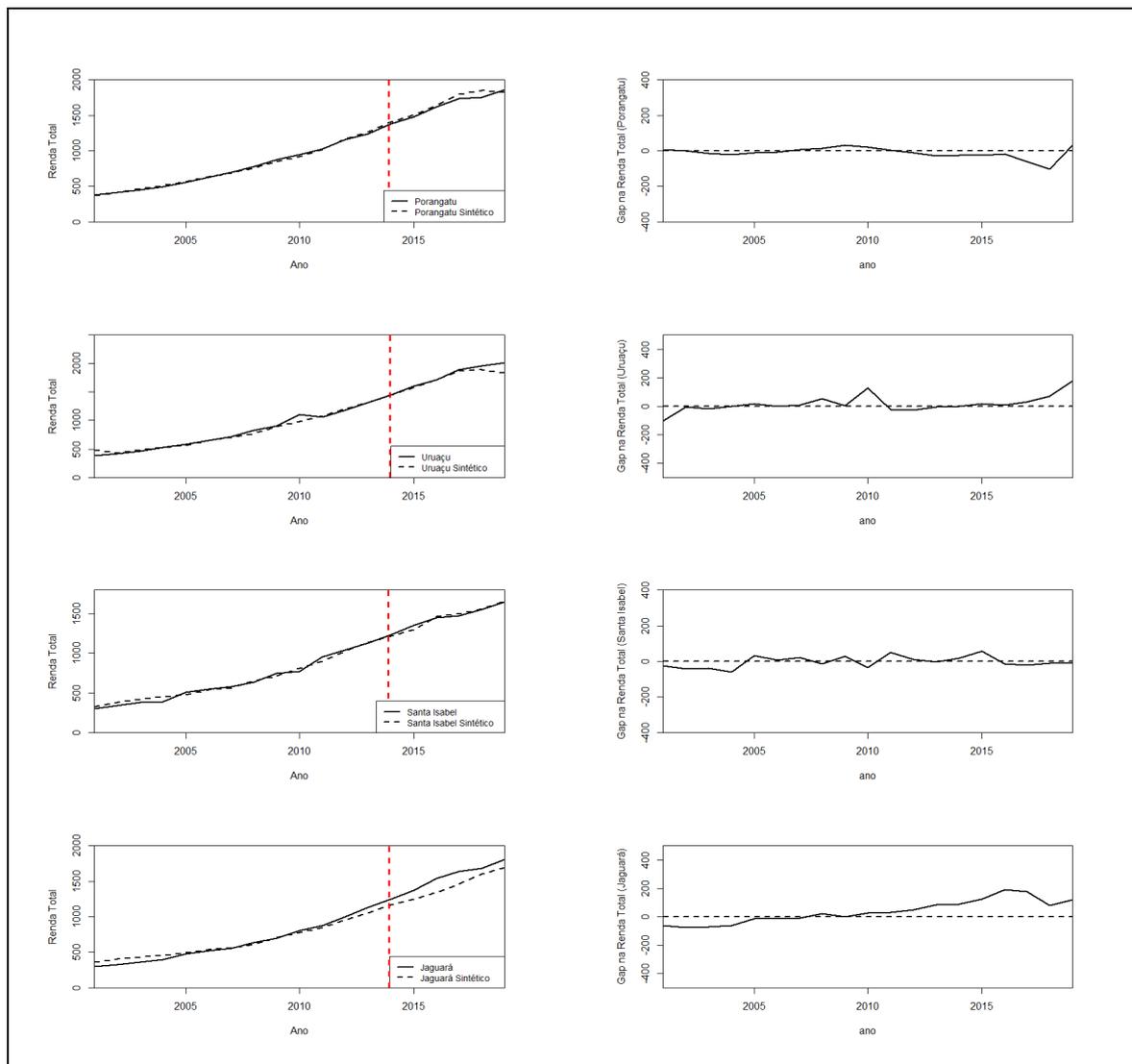


Fonte: Elaborado pela autora, a partir do pacote *synth* para o *software* R

Retornando aos resultados na trajetória do emprego para os municípios de Aguiarnópolis, Araguaína e Palmeirante pode-se inferir que embora tenha ocorrido aumento na quantidade de emprego formal nesses municípios, o valor das remunerações desses novos empregos foi menor do que a média das remunerações já existentes antes da inauguração da FNS.

Já os resultados da FNS sobre a renda média no mercado de trabalho formal para os municípios de Goiás podem ser visualizados na **Figura 8**. Com exceção do município de Santa Isabel que quase não apresentou impacto na renda, após o choque da FNS, que ocorreu no ano de 2014, os municípios de Uruaçu e Jaguará indicaram aumentos da renda que, em média, foi de R\$50 reais e R\$130 reais, respectivamente. O contrário observa-se para o município de Porangatu, que sinalizou, no período de 2014 a 2019, redução de R\$34 reais, em média, na renda desses trabalhadores.

Figura 8 – Trajetórias e GAPS da renda dos municípios tratados do Goiás

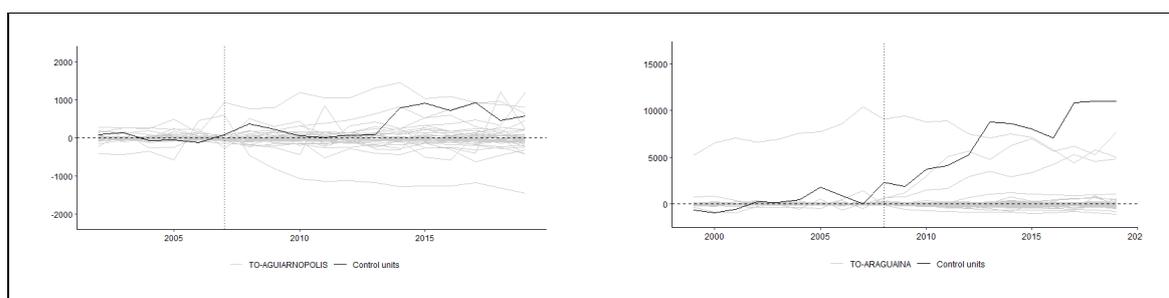


Fonte: Elaborado pela autora, a partir do pacote *synth* para o *software* R

De maneira geral, os resultados aqui mostram que não ocorreram impactos relevantes sobre o nível de renda média dos municípios que receberam a FNS, no entanto, apontam que aqueles municípios com maior tempo de exposição ao tratamento apresentaram impactos relativamente maiores sobre a renda.

Com a comparação relativa das proporções de placebo do próprio grupo de municípios utilizados na composição dos sintéticos é possível verificar se o efeito do tratamento de cada unidade estudada é extremo. Avaliando os gráficos da **Figura 9**, percebe-se que, de forma geral, as unidades tratadas em questão estão na cauda de alguma distribuição dos efeitos do tratamento e como o efeito foi mais intenso na unidade tratada do que nos placebos, considera-se que houve efeito atribuído ao tratamento. O mesmo foi verificado para as demais unidades tratadas, mas a nível de exemplo, estão expostos os resultados para os municípios de Aguiarnópolis (TO) e Araguaína (TO).

Figura 9 – Trajetórias do Emprego: Gaps encontrados nos exercícios de falseamento



Fonte: Elaborado pela autora, a partir do pacote *synth* para o *software R*

Diante das estimativas e também após a validação dos resultados pelos placebos, é possível concluir que dentre os resultados para os municípios avaliados em relação aos seus sintéticos estimados, nota-se relevante crescimento médio no número de empregos formais nos municípios de Porto Franco-MA (20%), Aguiarnópolis-TO (53%), Palmeirante-TO (29%) e Araguaína-TO (3%).

Destaca-se, aqui, que das unidades tratadas, o município de Araguaína-TO apresenta o maior aumento na quantidade de emprego formal em valor absoluto, embora mostre o menor crescimento em termos percentuais. Tomando a média dos valores da trajetória real do emprego ao longo de todo o período após a intervenção e comparando com a média da quantidade de emprego da trajetória sintética, percebe-se que, em média, ocorreu a geração de 898 unidades de empregos formais.

Já nos municípios de Porto Nacional-TO e Uruaçu-GO não foi possível identificar relevantes alterações no mercado de trabalho que podem estar associados a finalização das obras da FNS. Os demais municípios apresentaram redução no número de empregos formais após a conclusão das obras da FNS, Guarái-TO (-5,4%), Gurupi-TO (-13,8%), Porangatu-GO (-8,7%), Santa Isabel-GO (-23,1%) e Jaguará-GO (-9%).

Esses resultados apontam que os três municípios que receberam o investimento e tiveram suas obras concluídas até o ano de 2008 apresentaram impactos positivos sobre o nível de emprego formal. No entanto, os municípios que tiveram a implantação da FNS concluída a partir de 2014 apresentaram impactos negativos sobre o mercado de trabalho, com a redução do número de empregos formais.

Tomando a média dos valores de cada trajetória real da renda, ao longo de todo o período após a intervenção, e comparando com a renda média da trajetória sintética em cada um dos respectivos municípios se conclui que na maioria dessas unidades tratadas não ocorreu alteração relevante sobre a renda. Ou seja, em cinco municípios observou-se pequena queda no nível da renda, Araguaína (-1%), Guaraí (-3%), Gurupí (-2%), Palmeirante (-6%) e Porangatu (-2%) e, em dois municípios percebeu-se aumento da renda, Uruaçu (3%) e Jaraguá (9%).

No entanto, constata-se que as unidades que receberam a intervenção no ano de 2007, portanto com maior tempo de exposição ao tratamento, apresentaram efeitos maiores no nível de renda, sendo positivo para o município de Porto Franco-MA (12%) e negativo para o município de Aguiarnópolis-TO (-26%). Vale destacar que Aguiarnópolis-TO foi o município que apresentou o maior aumento percentual na quantidade de emprego após a intervenção da ferrovia e, dentre as unidades tratadas é a de menor população estimada, cerca de 4.543 habitantes, em média.

De forma geral, esses movimentos, podem estar associados aos efeitos de curto e médio prazo. Os municípios com maior tempo de exposição à finalização das obras da ferrovia tiveram condições de recuperar seus empregos após a conclusão da FNS, ou mesmo ampliá-los, em função do ganho de eficiência no modal de transporte, ainda mais para municípios com perfil rural, como o caso em análise. Os demais municípios podem estar sendo acometidos pelo efeito na queda de empregos formais associados à construção da FNS, já que obras de infraestrutura acabam tendo relevante demanda por mão de obra e isso se potencializa em municípios pequenos ou médios, como os analisados, mas que podem ser efeitos de curto prazo, e ainda não refletirem os ganhos de eficiência gerados pela finalização da FNS.

1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou contribuir com a literatura que investiga a relação da infraestrutura de transporte com os impactos socioeconômicos de determinada região, utilizando o método de controle sintético, que ainda é pouco explorado no Brasil, como forma de avaliação de impactos de políticas públicas voltadas ao setor de transporte ferroviário.

Especificamente, o setor de transporte ferroviário brasileiro que muito contribuiu para o desenvolvimento de regiões antes isoladas, vem sendo resgatado por meio de políticas pautadas na estratégia de desenvolvimento econômico nacional, como é o caso da FNS que visa interligar as regiões Norte e Nordeste com as regiões Sul e Sudeste do país. O empreendimento que se torna uma alternativa de corredor de transporte para o escoamento de produtos agrícolas e

agroindustriais de várias regiões como o Sul do Maranhão, Tocantins e o Norte de Goiás, visa entre outros objetivos a expansão do emprego e da renda das regiões afetadas.

Os resultados deste estudo apontam que, os municípios que receberam o investimento e tiveram suas obras concluídas até o ano de 2008 apresentaram impactos positivos sobre o nível de emprego formal local. No entanto, os municípios que tiveram a implantação da FNS concluída no ano de 2014 apresentaram reflexos negativos sobre o mercado de trabalho, com a redução do número de empregos formais. Em relação ao nível de renda constata-se que os impactos de longo prazo não foram tão expressivos na maioria dos municípios. Isso, possivelmente, porque esse resultado requer uma maior consolidação do nível de emprego. No entanto, duas unidades (Porto Franco-MA e Aguiarnópolis-TO) que tiveram um tempo maior de exposição à intervenção, apresentaram resultados percentuais maiores sobre o nível de renda, embora, com impactos em sentidos contrários.

É esperado que as obras de infraestrutura como as ferrovias melhorem as condições de produção e de orientação dos fluxos de bens e serviços, mas o impacto sobre o nível de emprego formal pode demandar um tempo maior para se consolidar, principalmente pela relação direta com a ampliação da competitividade do setor e ganhos de produtividade dos municípios contemplados. Isso pode explicar, em parte, o efeito positivo na geração de emprego nos municípios que receberam a FNS a mais tempo, quando comparado com o efeito negativo naqueles municípios que receberam a FNS em um tempo mais curto. Vale investigar, no entanto, se os empregos que foram gerados nos municípios impactados positivamente pela ferrovia demandam uma mão de obra mais ou menos qualificada, uma vez que isso refletirá sobre o nível de renda dos trabalhadores. Tal estudo é sugerida para trabalhos futuros.

Nessa perspectiva, se abre um horizonte de pesquisas que podem avançar em outras dimensões, como renda, produção, níveis de formação de capital humano, dentre outras, que podem sofrer interferência direta da realização de importantes empreendimentos de infraestrutura, como, por exemplo, a FNS.

REFERÊNCIAS

- ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis; HAINMUELLER, Jens. Synth: An R package for synthetic control methods in comparative case studies. **Journal of Statistical Software**, v. 42, n. 13, 2011.
- ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis; HAINMUELLER, Jens. Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program. **Journal of the American statistical Association**, Taylor & Francis, v. 105, n. 490, p. 493–505, 2010.
- ABADIE, Alberto; GARDEAZABAL, Javier. The economic costs of conflict: A case study of the Basque Country. **American economic review**, v. 93, n. 1, p. 113–132, 2003.
- ASCHAUER, David Alan. Is public expenditure productive? **Journal of monetary economics**, Netherlands, v. 23, n. 2, p. 177–200, 1989.
- BANERJEE, Abhijit; DUFLO, Esther; QIAN, Nancy. On the road: Access to transportation infrastructure and economic growth in China. **National Bureau of Economic Research**, 2012.
- BANISTER, David; BERECHMAN, Yossi. Transport investment and the promotion of economic growth. **Journal of transport geography**, Elsevier, v. 9, n. 3, p. 209–218, 2001.
- BOTOSARU, Irene; FERMAN, Bruno. On the role of covariates in the synthetic control method. **The Econometrics Journal**, Oxford University Press, v. 22, n. 2, p. 117–130, 2019.
- CASTILHO, Denis; ARRAIS, Tadeu Alencar. A Ferrovia Norte-Sul e a economia regional do centro-norte do Brasil. **Sociedade & Natureza**, SciELO Brasil, v. 29, n. 2, p. 209–228, 2017.
- CASTRO, Lucas Siqueira de. **Crescimento econômico e infra-estrutura: o impacto do ProAcesso em Minas Gerais**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.
- COATSWORTH, John H. Indispensable railroads in a backward economy: The case of Mexico. **The Journal of Economic History**, Cambridge University Press, v. 39, n. 4, p. 939–960, 1979.
- CUNHA, Mateus Bandeira da. **Transporte coletivo e externalidades ambientais: o legado olímpico do Rio de Janeiro**. 2020. Mestrado em Economia Aplicada – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CUNNINGHAM, Scott. **Causal inference: The mixtape**. Yale university press, 2021.
- DIAS, Laisa Rachter de Sousa; SIMÕES, Rodrigo Ferreira. **Infraestrutura de transportes ea alocação das atividades econômicas: um estudo do PROACESSO em Minas Gerais**: Texto para discussão, No.476. Belo Horizonte, MG: Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. P. 26.

- DOMINGUES, Edson Paulo; MAGALHÃES, Aline Souza; FARIA, Weslem Rodrigues. Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 121–158, 2009.
- ESCOBAL, Javier; PONCE, Carmen. **The benefits of rural roads: Enhancing income opportunities for the rural poor**. Lima, PERU: Grupo de Análisis para el Desarrollo, 2002.
- FERREIRA, Pedro Cavalcanti. Investimento em infra-estrutura no Brasil: fatos estilizados e relações de longo prazo. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 231–252, 1996.
- FISHLOW, A. **American Railroads and the Transformation of the Ante-Bellum Economy**. Cambridge: Mass, 1965.
- FOGEL, Robert William. **Railroads and American economic growth: Essays in econometric history**. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1964.
- GALVÃO, Olímpio J de Arroxelas. Desenvolvimento dos transportes e integração regional no Brasil—Uma perspectiva histórica. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 13, 1996.
- GERTLER, Paul J *et al.* **Avaliação de Impacto na Prática, segunda edição**. World Bank Publications, 2018.
- GRANDI, Guilherme. História econômica ou economia retrospectiva? Robert Fogel e a polêmica sobre o impacto econômico das ferrovias no século XIX. **Territórios e Fronteiras**, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, v. 2, n. 1, p. 204–226, 2009.
- HADDAD, Eduardo Amaral *et al.* Avaliação dos impactos econômicos das políticas de infra-estrutura de transportes no Brasil: uma aplicação a duas rodovias federais em Minas Gerais. **Cadernos BDMG**, Belo Horizonte, n. 16, p. 29–72, 2008.
- HAHN, Jinyong; SHI, Ruoyao. Synthetic control and inference. **Econometrics**, Multidisciplinary. Digital Publishing Institute, v. 5, n. 4, p. 52, 2017.
- HAWKE, Gary Richard. **Railways and economic growth in England and Wales, 1840-1870**. 1968. Tese (Doutorado) – Universidade de Oxford.
- HORTA, Guilherme Tinoco de Lima; GIAMBIAGI, Fabio. **Perspectivas DEPEC 2018: o crescimento da economia brasileira 2018-2023**. Brasília, DF: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018. P. 61.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contas Nacionais**. Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais.html>. Acesso em: 29 mar. 2020.

- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Transporte Ferroviário de Cargas no Brasil: Gargalos e Perspectivas para o Desenvolvimento Econômico e Regional:** Comunicados do Ipea, Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro. Rio de Janeiro, RJ, 2010.
- KHANDKER, Shahidur R; BAKHT, Zaid; KOOLWAL, Gayatri B. The poverty impact of rural roads: Evidence from Bangladesh. **Economic development and cultural change**, The University of Chicago Press, v. 57, n. 4, p. 685–722, 2009.
- KING, Gary; ZENG, Langche. The dangers of extreme counterfactuals. **Political analysis**, Cambridge University Press, v. 14, n. 2, p. 131–159, 2006.
- LOKSHIN, Michael; YEMTSOV, Ruslan. Has rural infrastructure rehabilitation in Georgia helped the poor? **The World Bank Economic Review**, Oxford University Press, v. 19, n. 2, p. 311–333, 2005.
- MARTINI, Ricardo Agostini *et al.* **Uma solução automatizada para avaliações de impacto em estudos de caso: o Modelo Automatizado em R para Verificação de Impacto (MARVIm): módulo de controle sintético.** Brasília, DF: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018.
- MENDOZA, Antonio Gómez. Ferrocarriles y cambio económico en España (1855-1913). Un enfoque de nueva historia económica. **Madrid: Alianza Editorial**, 1982.
- MENEGAZZO, Luciano; PETTERINI, Francis. Maiores Navios no Mundo, mais um Desafio no Brasil: uma análise do Programa Nacional de Dragagem. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, SciELO Brasil, v. 48, p. 175–209, 2018.
- METZER, Jacob. Some economic aspects of railroad development in Tsarist Russia. **The Journal of Economic History**, Cambridge University Press, v. 33, n. 1, p. 314–316, 1973.
- MOURA, Guilherme V. Multiplicadores fiscais e investimento em infraestrutura. **Revista Brasileira de Economia**, SciELO Brasil, v. 69, p. 75–104, 2015.
- MU, Ren; VAN DE WALLE, Dominique. **Rural roads and local market development in Vietnam:** Policy Research Working Paper; No. 4340. Washington, DC: World Bank, 2007. P. 47.
- PIRES, Murilo José de Sousa; CAMPOS, Flávia Rezende. **Contribuições das ferrovias Norte-Sul e Centro-Atlântica na expansão do vetor externo da economia do Centro-Oeste:** Texto para discussão, No.2513. Rio de Janeiro, RJ: IPEA, 2019. P. 42.
- RESENDE, Caio Cordeiro de. **Ensaio em avaliação de políticas públicas.** 2017. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.
- SUMMERHILL, William R. **Trilhos do desenvolvimento: as ferrovias no crescimento da economia brasileira 1854-1913.** São Paulo: Livros de Safra, 2018.

VALEC – ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. **A ferrovia Norte-Sul.**

Brasília, DF, 2021. Disponível em:

<https://www.portal.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-norte-sul/a-ferrovia-norte-sul>. Acesso em: 4 jun. 2021.

VALEC – ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. **Polos de Carga.** Brasília,

DF, 2021. Disponível em: <https://www.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-norte-sul/polos-de-carga>.

Acesso em: 5 set. 2021.

VENCOVSKY, Vitor Pires. **Ferrovia e logística do agronegócio globalizado: avaliação das políticas públicas e privadas do sistema ferroviário brasileiro. 2011.** 2011. Tese (Doutorado)

– Instituto de Geociências da UNICAMP.

2 AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ECONÔMICOS DA CONSTRUÇÃO DA FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE-LESTE (FIOL): UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL

2.1 INTRODUÇÃO

No final da década de 60, as extensas áreas de chapadões de terras planas e praticamente desocupadas, do Oeste Baiano, passaram a ser exploradas com a iniciativa de projetos financiados com recursos japoneses. Esse processo de ocupação incentivou a agricultura extensiva e, devido à grande produção agrícola obtida na região, vários estudos no sentido de viabilizar a exportação dos grãos foram feitos, buscando atender as demandas que surgiam. No entanto, as possibilidades apresentadas por esses estudos criavam impasses que os inviabilizavam e, portanto, eles foram sistematicamente abandonados (OIKOS, 2009).

Porém, com o crescimento do agronegócio, criou-se, no país, uma grande demanda por transportes, o que impulsionou as pressões políticas voltadas para as soluções logísticas que viabilizassem a competitividade da produção de grãos do Oeste Baiano (VALEC, 2010). Além disso, o aumento dos preços das *commodities* minerais viabilizou a produção de minério de ferro, em Caetité e Tanhaçu, no Sul do Estado da Bahia, o que intensificou as pressões por soluções na matriz de transporte da região (VALEC, 2010).

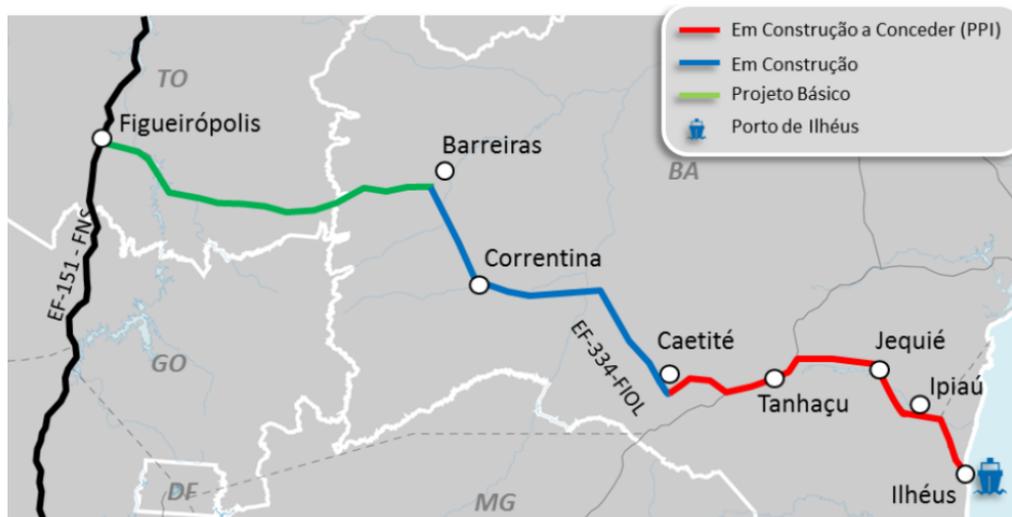
A expansão das demandas de minério de ferro e de grãos das regiões baianas justificou o interesse na construção da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL), que foi incluída no pacote de prioridades do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal, a partir de 2008 (OIKOS, 2009). O empreendimento está dividido em três trechos e dois deles encontra-se em fase de construção. O trecho 1 (Ilhéus/BA – Caetité/BA) apresenta 76% da obra física executada e o trecho 2 (Caetité/BA – Barreiras/BA) conta com 29% de execução física da obra. Já o trecho 3 (Barreira/BA – Figueirópolis/TO), ainda, apresenta-se em fase de estudos e projetos (PPI, 2019).

Segundo informações do Programa de Parcerias de Investimentos do Governo Federal (PPI, 2019), a FIOL poderá substituir parte do transporte rodoviário, existente entre as regiões interligadas (de Figueirópolis, no Tocantins, à Ilhéus, no litoral baiano), pelo ferroviário, de modo a reduzir os custos de transporte e aumentar a competitividade desses produtos.

Vale ressaltar que a ferrovia em construção tem um caráter de rede, já que possibilitará também interligar áreas produtivas do Norte, Centro-Oeste e Nordeste do país, por meio da conexão com a Ferrovia Norte-Sul. Portanto, mesmo situada na Bahia e no Tocantins, os efeitos da construção da FIOL tendem a se estender, impactando distintos setores e regiões **Figura 10**.

Entende-se que o grau de desenvolvimento econômico e social de determinada região,

Figura 10 – Escopo do Projeto da Ferrovia de Integração Oeste-Leste



Fonte: Programa de Parceria de Investimentos (PPI), 2019

está relacionado com o nível de infraestrutura disponível para a economia local (ASCHAUER, 1989; FERREIRA, 1996; DOMINGUES; MAGALHÃES; FARIA, 2009). À medida que é ampliado o investimento em infraestrutura, condições mais favoráveis para a produção são criadas, o que estimula o desenvolvimento das firmas (BENITEZ, 1999). Dessa forma, suprir uma região com a infraestrutura de transporte mais eficiente induz uma melhora de importantes indicadores econômicos como o emprego, a renda, o capital, além dos critérios de localização de empresas.

Segundo Haddad *et al.* (2008), investir e aperfeiçoar o sistema de transportes representa uma importante medida para se alcançar o crescimento econômico regional e nacional, pois reduz os custos de negociação para as empresas e expande as oportunidades econômicas.

O estado da Bahia é a principal economia do Nordeste, concentrando 28,1% da geração de riquezas da região (PEROBELLI; VALE *et al.*, 2015). Com a participação de 3,87% de toda riqueza gerada pelo país, o Estado ocupa a 7ª colocação no ranking do produto interno bruto (PIB) entre as unidades da federação (SEI, 2014).

Vale registrar que, além da importância do minério de ferro na região Sul da Bahia, é observado que no Extremo Oeste Baiano, o agronegócio apresenta-se como a principal atividade econômica e concentra mais de um terço de toda a riqueza agrícola do Estado (AIBA, 2017). Culturas como soja, milho e algodão são seus principais cultivos, destacando que 100% da soja e 97% do algodão da Bahia são produzidos nessa mesorregião. Os municípios de Formosa do Rio Preto, Luís Eduardo Magalhães e Barreiras ganham destaque como os maiores produtores de soja da região e o município de São Desidério, como o maior produtor nacional de algodão (AIBA, 2017).

De acordo com o IBGE (2010), o Estado da Bahia está dividido em sete mesorregiões e

a ferrovia Oeste-Leste percorrerá quatro delas (Sul Baiano, Centro-Sul, Vale São Francisco da Bahia e Extremo Oeste Baiano). O modal ferroviário em construção provavelmente impulsionará a competitividade do agronegócio, da fruticultura, do minério de ferro e de algumas indústrias como a de calçados, equipamentos de informática e cacaueteira, que são importantes atividades econômicas desenvolvidas por essas regiões. Nesse sentido, destaca-se a importância do estudo de avaliação dos efeitos econômicos desencadeados pela construção da FIOLE, como um fator indutor do desenvolvimento regional.

No entanto, a construção de novas estruturas de transporte requer um custo muito elevado, e sua manutenção demanda gastos também elevados. A construção da FIOLE, envolveu um investimento previsto da ordem de R\$ 6,4 bilhões para as obras dos trechos 1 e 2, com extensão total de 1.527 km, sendo o minério de ferro proveniente das minas da BAMIN, em Caetitê-BA, a principal mercadoria a ser transportada (VALEC, 2010).

Para a construção desses trechos foram previstos recursos do Governo Federal (entre o Porto de Ilhéus/BA e Caetitê/BA – 530 km) e da subconcessão (413 km, entre Caetitê/BA e o Polo de Carga que fica entre Barreiras/BA e São Desidério/BA). Os recursos destinados para o trecho de 547 km, entre o Polo de Carga, já mencionado, e Figueirópolis (TO), também serão provenientes da subconcessão (VALEC, 2010).

Diante da discussão apresentada, reconhecendo a importância do sistema de transportes para o desenvolvimento regional do país e considerando seu elevado custo de construção e manutenção, torna-se muito importante a realização de estudos ex-ante de avaliação de impactos das alterações econômicas promovidas por esse sistema. Assim, uma devida investigação das possibilidades de interação, entre regiões e indivíduos, que a ferrovia Oeste Leste é capaz de promover se torna fundamental para a melhor compreensão do espaço econômico que pode ser gerado por meio dela.

Os modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC) são bastante rigorosos para avaliação econômica, capturando uma extensa variedade de impactos na economia, o que os torna recomendados para a realização de avaliação de políticas econômicas e de choques. Eles consideram que qualquer perturbação exógena no ambiente econômico será dimensionada por meio do cálculo do conjunto de variáveis econômicas endógenas (HADDAD, 2004). Portanto, será adotada uma abordagem de EGC, utilizando o modelo MINIBR, para determinar os possíveis impactos no curto e no longo prazo da FIOLE sobre importantes indicadores micro e macroeconômicos para o Estado da Bahia.

Além desta seção de caráter introdutório, o trabalho apresenta na seção 2.2 uma breve revisão da literatura sobre a Nova Geografia Econômica e os Modelos de EGC e na seção 2.3 os objetivos do ensaio. Na seção 2.4, é apresentado o modelo de EGC utilizado para entender os efeitos da FIOLE de forma agregada sobre a economia baiana, explicando os principais mecanismos de funcionamento do modelo. Na seção 2.5, são exibidos e discutidos os resultados

das simulações realizadas e, por fim, na seção 2.6 são apresentadas as considerações finais.

2.2 REVISÃO DE LITERATURA

O modelo de Solow (1956) é tradicionalmente o modelo que busca explicar as diferenças relativas ao nível de renda per capita e à taxa de crescimento entre países ou regiões, basicamente por fatores exógenos como progresso tecnológico, poupança e crescimento populacional. O autor aponta que em circunstâncias especiais haverá convergência absoluta do padrão de vida entre países e regiões. Ou seja, os países relativamente mais pobres crescem a taxas maiores do que os países mais ricos, sendo os retornos decrescentes do capital o elemento chave na explicação desse resultado.

A Nova Geografia Econômica (NGE) veio acrescentar a essa discussão de desigualdade de renda regional elementos relevantes, pautados no argumento de que regiões com maiores níveis de renda são aquelas com maior concentração das atividades econômicas e de população, que resulta na proximidade de grandes mercados. O ponto central do processo de aglomeração é endógeno e auto-reforçado e decorrente dos ganhos de escala propiciado pela aglomeração da atividade econômica e das pessoas. Dessa forma, regiões com aglomerações fortes são mais atrativas para investimentos de empresas e para aumentar o padrão de vida das pessoas.

A NGE é uma linha teórica que busca explicar os processos de concentração espacial, ou seja, o surgimento das aglomerações econômicas em espaços geográficos distintos (FUJITA; KRUGMAN, 2004). Utilizando-se do conceito de retornos crescentes, baseado no modelo centro periferia, estão apoiadas as propostas teóricas e as análises empíricas da NGE (FUJITA; KRUGMAN; VENABLES, 1999).

Para os modelos da NGE a distribuição das atividades irá depender dos resultados de forças antagônicas, ou seja, umas a favor da aglomeração (forças centrípeta) e outras a favor da dispersão das atividades entre as regiões (forças centrífugas). Assim, é possível verificar diferenças de crescimento entre as cidades quando uma força se sobressai em relação à outra. Quando uma região é favorecida pelas condições econômicas, um efeito cumulativo de concentração do setor industrial é gerado pela força centrípeta, devido à mobilidade dos trabalhadores que buscarão ganhos salariais reais, além dos menores custos de transportes e dos níveis mais elevados das economias de escala (KRUGMAN, 1998).

Os custos de transporte, externalidades e retornos crescentes de escala nas atividades produtivas são, portanto, fatores relacionados com as forças centrípeta que se associam às forças que puxam e empurram as firmas (FUJITA; KRUGMAN; VENABLES, 1999).

Segundo Fujita e Thisse (2002), a proximidade possibilita uma maior eficiência do mercado de trabalho, uma vez que, permite que trabalhadores de diferentes empresas tenham custo baixo para trocar de empresa, já que não precisam mudar de cidade, região ou Estado. Por outro lado, as firmas que se encontram mais distantes do mercado aglomerado são mais

penalizadas na venda de seus produtos, apresentando maior custo na compra de seus insumos e, assim, os salários reais pagos por essas firmas serão relativamente mais baixos. Dessa forma, os trabalhadores que estão mais afastados das regiões aglomeradas terão que arcar com um custo adicional, derivado do custo de transporte advindo da aquisição de produtos finais da região central. Essa relação apresentada ajudaria a explicar o diferencial de renda per capita entre as regiões (SOUZA, 2007).

Os modelos da NGE apresentam, ainda, desafios relacionados ao tratamento empírico, no entanto, eles contribuem para o melhor entendimento do problema e dos resultados do estudo, mesmo com as dificuldades encontradas em sua modelagem. Na medida em que as melhorias na infraestrutura de transportes podem afetar os custos de transportes, importantes impactos sobre o crescimento econômico e a desigualdade regional podem ocorrer. Nesse sentido, várias pesquisas empíricas relacionadas com a infraestrutura de transportes foram realizadas utilizando a aplicação de modelos de EGC como instrumento de investigação de seus impactos econômicos, como Haddad (2004), Haddad *et al.* (2008), Betarelli Junior (2013), Campos e Haddad (2016), Vassallo (2015) e Rozenfeld e Haddad (2016).

O trabalho de Rozenfeld e Haddad (2016) considera a importância da infraestrutura de transporte no desenvolvimento econômico e social de determinada região e, ainda, reconhece que a deficiência brasileira em infraestrutura é explicada, em grande parte, pelos baixos investimentos públicos e privados. Eles aplicaram um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável (IEGC) para comparar os impactos econômicos de um modelo de concessão comum com um modelo em que os custos são financiados com recursos orçamentários de um governo central. Em relação aos impactos agregados no país, constatou-se que o financiamento pelo próprio usuário da rodovia, via pagamento de pedágio, é a forma que gera o maior impacto no crescimento do PIB nacional. Já sob a perspectiva regional, verificou-se que a área de influência da rodovia se beneficiou das melhorias e que esses benefícios se acentuaram ainda mais na medida em que os custos para a execução das melhorias foram compartilhados por todo o país, por meio de aumento nos tributos.

O estudo Haddad (2004) buscou encontrar soluções metodológicas inovadoras que lidem com retornos crescentes de escala e custos de transporte, base dos desenvolvimentos recentes da Nova Geografia Econômica (NGE), capaz de lidar com a avaliação de políticas de transporte e um sistema inter-regional integrado. Para estimar os impactos de curto prazo e longo prazo na 2ª fase da obra de duplicação da BR-318, o autor utilizou o modelo IEGC denominado B-MARIA-27 que incorporou os retornos não constantes nas funções de produção regionais e a modelagem explícita de custos de transporte, destacando-se como avanços metodológicos. Os resultados encontrados mostram que os ganhos de bem-estar regional e de eficiência regional estão bastante relacionados com a melhor acessibilidade aos mercados do Sudeste, principalmente São Paulo. Além disso, a redução dos custos de transação entre os Estados do Sudeste e do Sul apresentou-se como principal mecanismo para alavancar o crescimento nacional, devido à possibilidade de

exploração com retornos crescente de escala.

O trabalho de Campos e Haddad (2016) avaliou, por sua vez, o impacto gerado pela construção do Sistema Viário Oeste (SVO) sobre a distribuição da atividade econômica no espaço. A modelagem inter-regional de equilíbrio geral computável, denominado B-MARIA-BA, que reconheceu 58 regiões domésticas (32 microrregiões do Estado da Bahia e os 26 Estados brasileiros) e uma região externa, possibilitou a identificação das regiões que foram beneficiadas e prejudicadas com o empreendimento. Os principais resultados mostraram que as variações nos produtos regionais brutos decorrentes da implantação do SVO foram mais intensas no Estado da Bahia do que nas demais regiões brasileiras e que, no Estado, as regiões Sul, Centro-Sul e a Mesorregião Metropolitana de Salvador foram beneficiadas de maneira mais intensa pelo SVO.

Almeida (2004) quantificou os ganhos de bem-estar agregados e regionais derivados da duplicação do trecho Belo Horizonte - São Paulo da rodovia Fernão Dias (BR-381), por meio de um modelo de equilíbrio geral aplicado espacialmente para o Estado de Minas Gerais. Como os custos de transporte dependem da distância e do valor do frete, o autor simulou três experimentos contrafactuais manipulando os dois componentes dos custos de transporte (efeito-tempo, efeito-frete e efeito-total) dado que uma rodovia duplicada exerce influência em ambos os componentes. Os resultados apontaram que o efeito-frete dominou o efeito-tempo de viagem e que as regiões que apresentaram resultados acima da média foram aquelas por onde cruzaram os trechos duplicados da rodovia, já que as regiões mais afastadas sofreram desvios de comércio devido às reorientações dos fluxos de comércio inter-regional.

Haddad *et al.* (2008) buscaram empregar um modelo IEGC para analisar políticas de planejamento de transportes. Assim, implementado para a economia brasileira, projetaram os efeitos econômicos de mudanças na infraestrutura de transporte rodoviário em Minas Gerais, utilizando o modelo de transporte HDM (Highway Development and Management), desenvolvido pelo Banco Mundial. Os autores consideraram que, apesar da consistência em representar o efeito da infraestrutura de transportes, as versões de modelos utilizados no planejamento de transportes apresentam algumas desvantagens e, portanto, as versões futuras deveriam considerar a incorporação de algumas características como, por exemplo, uma visão multimodal mais ampla, atributos qualitativos e sem precificação, efeitos de congestionamento e uma desagregação espacial mais refinada.

Na tentativa de desenvolver uma ferramenta capaz de avaliar o impacto de políticas de investimento em transportes sobre variáveis econômicas, Vassallo (2015) implementou o modelo IEGC denominado BR-Transport, com detalhamento estadual e tratamento da intermodalidade de transportes. Uma importante contribuição teórica do trabalho foi a desagregação dos diferentes tipos de modais de transporte e o desenvolvimento de formas de substituição entre eles usando especificações de concorrência imperfeita. Os resultados mostraram que choques generalizados de redução de custos no sistema de transporte brasileiro implicaram em aumento das exportações e importações inter-regionais permitindo que os produtos regionais brutos, principalmente

dos estados das regiões Norte e Nordeste do país, fossem beneficiados. Notou-se ainda a predominância dos impactos da redução dos custos no modal rodoviário na economia nacional, em todos os Estados e setores.

Torres (2009) estimou por meio do modelo de transporte HDM-4 os custos de implantação dos projetos de duplicação da BR-381, entre Belo Horizonte e Governador Valadares, recuperação da BR-262, no trecho entre Uberaba e Belo Horizonte, e recuperação da BR-116 nos trechos entre a divisa de Minas com a Bahia e Governador Valadares, e Governador Valadares até a divisa de Minas Gerais com o Rio de Janeiro. As alterações encontradas nos custos de transporte foram incorporadas ao modelo de equilíbrio geral computável B-MARIA-MG e os resultados do modelo evidenciaram que a competição inter-regional provocada pela melhoria da oferta de infraestrutura de transportes em questão proporcionaria benefícios principalmente nas regiões diretamente afetadas pelos investimentos e, em alguns casos, esses efeitos foram negativos em outras regiões.

No trabalho de Araújo (2006) foram avaliados os impactos sobre a economia nacional e regional da duplicação parcial das rodovias federais BR-116 e BR-153 partindo de um modelo inter-regional para a economia brasileira (MIBRA), integrado a um modelo de transporte. Os resultados de longo prazo para a BR 116 evidenciaram uma relativa perda do Nordeste em relação às regiões mais dinâmicas do país, considerando a variação do PIB. Os resultados para a BR- 153 reforçam os resultados encontrados para a BR-116, porém, por integrar também uma região pobre (Norte) às regiões mais dinâmicas, em termos regionais, os resultados nesse caso são mais favoráveis do que os da BR-116.

Betarelli Junior (2013) desenvolveu um modelo EGC dinâmico que permitisse lidar com algumas imperfeições de mercado. Foram incorporados à estrutura do modelo elementos de retornos crescentes de escala, mercados imperfeitos mecanismos dinâmicos recursivos e movimento intertemporal de entrada de firmas. O estudo avaliou os impactos econômicos de longo prazo da política de revisão do teto tarifário no setor ferroviário de carga e analisou os efeitos econômicos de longo prazo da proposta de redução tarifária nas operações domésticas de cabotagem. Os resultados obtidos indicam que as políticas tarifárias promovem efeitos positivos de longo prazo sobre o crescimento do PIB, das exportações e investimentos, mas as projeções setoriais das políticas apresentam prováveis efeitos negativos sobre a atividade do setor ferroviário de carga e de cabotagem e efeitos positivos no que se refere à produção dos setores intensivos no uso destes serviços de transporte.

2.3 OBJETIVOS

O presente ensaio tem por objetivo geral analisar os possíveis impactos da construção da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) sobre as atividades econômicas envolvidas especialmente no Estado da Bahia.

2.3.1 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja contemplado, os seguintes objetivos específicos devem ser realizados:

- 1) Desenvolver um modelo de Equilíbrio Geral Computável direcionado espacialmente para o Estado da Bahia capaz de simular os efeitos da FIOLE em termos de ganhos de bem-estar.
- 2) Avaliar o efeito de possíveis impactos no curto e no longo prazo da FIOLE sobre importantes indicadores micro e macroeconômicos para o Estado da Bahia.

2.4 METODOLOGIA

A influência que o setor de transporte exerce na economia e a forma como a estruturação do mercado afeta esse setor, requer medidas capazes de ligar o arcabouço teórico à análise empírica. Nesse sentido, os modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC) se configuram em alternativas que possibilitam captar os efeitos de um choque no setor de transportes em termos de impacto em diversas variáveis econômicas de interesse (VASSALLO, 2015).

Os modelos de EGC buscam explicar os comportamentos otimizadores dos agentes dentro da economia e, para tanto, consideram a teoria neoclássica Walrasiana de equilíbrio geral e as funções de produção do tipo Leontief (TORRES, 2009). Dessa forma, a principal fonte de dados desse modelo é a matriz de insumo-produto, que será capaz de expressar a situação de equilíbrio da economia em um dado ano. A combinação das informações de insumo-produto com as de contabilidade nacional possibilitará a geração das matrizes de contabilidade social (MCS), permitindo que o modelo opere com variações de preços e quantidade no sistema.

De maneira geral, para operacionalizar um modelo de EGC, deve-se levar em consideração os coeficientes estruturais da economia em questão, que são encontrados, principalmente, nas MCS, e os parâmetros comportamentais relevantes, cujas estimativas são, usualmente, buscadas na literatura econométrica. Essencialmente, para construir um modelo de EGC são verificadas as informações numéricas da MCS, que dará a representação do equilíbrio inicial do fluxo de renda da economia e, posteriormente, com a introdução de uma perturbação exógena será possível encontrar outro equilíbrio, que comparado com o equilíbrio inicial permitirá encontrar os resultados da simulação (HADDAD, 2004).

Esses modelos tratam a economia como um sistema que tem os seus mercados independentes e capazes de determinar, simultaneamente, os valores numéricos de equilíbrio para todas as variáveis. Por meio do cálculo do conjunto de variáveis endógenas da economia, pode-se dimensionar qualquer alteração exógena no espaço econômico (HADDAD, 1999, 2004).

As análises de EGC são ferramentas importantes que possibilitam, dentre outras coisas, a identificação de regiões e setores impactados positivamente ou negativamente pela melhoria da infraestrutura, tornando possível compreender, de uma maneira mais ampla, a relação entre

transporte e desenvolvimento econômico (ARAÚJO, 2006; TORRES, 2009; ALMEIDA, 2004; HADDAD, 2004).

2.4.1 Modelo MINI-BR

O MINIBR é um modelo simplificado de EGC para a economia brasileira, baseado no MINIMAL que foi construído para a economia australiana. Ele permite a construção e o uso de um modelo EGC com a interface de programas do GEMPACK, que irá autorizar o processo de tradução de sua especificação apresentada no arquivo de texto com a lista das equações do modelo (HORRIDGE, 2008).

A estrutura básica do MINIBR identifica nos cabeçalhos das colunas (matriz de absorção) os demandantes a saber: (i) produtores domésticos divididos em I indústrias (setores); (ii) um comprador agregado de bens de investimento; (iii) uma única família representativa; (iv) um comprador estrangeiro de exportações; e (v) o governo.

As entradas informadas em cada coluna sinalizam a estrutura das compras executadas pelos agentes que foram definidos do cabeçalho da coluna (**Figura 11**).

Figura 11 – Representação esquemática do banco de dados do MINIBR

		Matriz de Absorção					
		1	2	3	4	5	
		Indústrias	Investidores	Famílias	Exportação	Governo	Total de Vendas
Dimensão		I	1	1	1	1	
Fluxos Domésticos	C	USE(commodity,"dom",user)					
Fluxos Importados	C	USE(commodity,"imp",user)					
Trabalho	1	FACTOR (trabalho)					
Capital	1	FACTOR (capital)					
Impostos s/ Produção	1	V1PTX					

C = Número de *commodities* = 7
I = Número de indústrias = 7

	Impostos sobre Importação
Dimensão	1
C	V0MTX

Fonte: HORRIDGE (2008).

As indústrias utilizam cada um dos C tipos de *commodities* (produtos), reconhecidos no modelo, como insumos para a produção corrente e formação de capital, podendo ser obtidos localmente ou importados do exterior. Esses produtos são, também, consumidos pelas famílias e pelos governos ou, ainda, exportados. A produção corrente demanda, além dos insumos intermediários, dois fatores primários, a saber: capital e trabalho. Vale ressaltar que sobre os bens domésticos e importados incidirão impostos.

Os fluxos do modelo são explicados por equações que descrevem:

- (a) As condições de equilíbrio de mercado para produtos e fatores primários;
- (b) As demandas dos produtores por insumos e por fatores;
- (c) As demandas finais (investimento, família, exportação e governo);
- (d) A relação de preços para custos de oferta e impostos;
- (e) Algumas variáveis macroeconômicas e índices de preço.

É assumido, no modelo, que o comportamento dos agentes seja implícito ao da teoria microeconômica neoclássica convencional. Os agentes são tomadores de preços e os produtores operam em mercados competitivos, portanto, não é possível obter ganhos de lucro puro. Assume-se, ainda, que a tecnologia de produção exibe retornos constantes de escala.

A descrição do modelo MINIBR é apresentada em um arquivo que detalha as equações em variações percentuais, com uma linguagem essencialmente álgebra convencional. Os coeficientes, em sua maior parte, foram definidos nos Extratos 1 e 2, de forma que as dimensões do modelo e os fluxos de dados estão no Extrato 1 e as agregações dos fluxos, no Extrato 2.

No Extrato 3 em diante, são apresentadas as especificações algébricas do modelo, da forma linear, contendo equações estruturadas em vários blocos sendo que no Extrato 3 estão as equações que agregam as demandas por usuários, por origem e por produto.

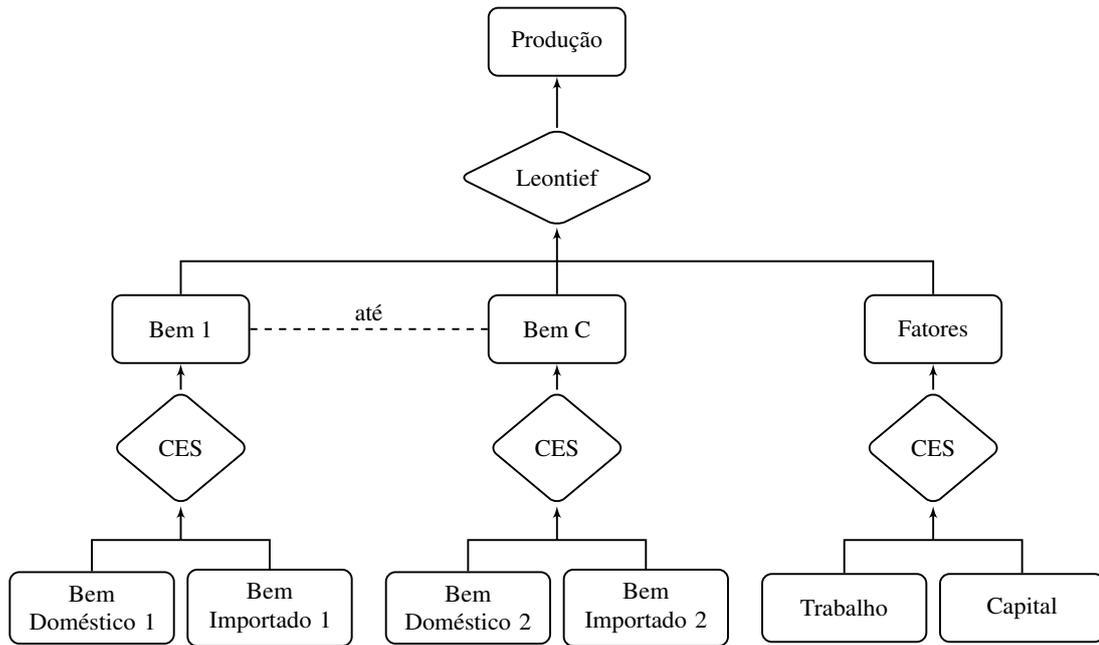
Cada indústria e cada demandante final pode realizar a substituição de cada produto entre as versões produzidas domesticamente e importadas, sendo os preços relativos do bem das duas origens determinantes da razão entre as parcelas de compras domésticas e importadas. A forma funcional, derivada da função de produção *Constant-Elasticity-Substitution* (CES), se aplica em todos os casos, ou seja, bens de diferentes origens serão modelados como um agregado CES de acordo com a elasticidade de Armington¹, como é conhecido a elasticidade de substituição do bem doméstico e importado.

A produção de cada setor é uma função dos insumos utilizados, sendo as demandas por insumo do setor descritas em uma série de ninhos. Nesta estrutura aninhada, bens compostos e um composto de fatores primários são combinados por meio de uma função de produção *Leontief*. O fator primário composto é uma agregação CES de capital e trabalho e os bens compostos são agregados CES de bens produzidos domesticamente e importados, como já foi dito. Na **Figura 12** tem-se a representação da estrutura de produção aninhada.

Assume-se, ainda, que as famílias irão selecionar uma cesta ótima de bens para o consumo dentro de um orçamento determinado, de maneira a maximizar a sua utilidade. A utilidade é gerada por uma função de utilidade aninhada por meio da combinação de commodities compostas, utilizando uma função agregadora Cobb-Douglas e, da formação de commodities compostas, a

¹Paul Armington sugeriu, em 1969, que bens de diferentes origens fossem modelados como um agregado CES e considerados substitutos imperfeitos na produção, apresentando elasticidades de substituição pré-estabelecidas.

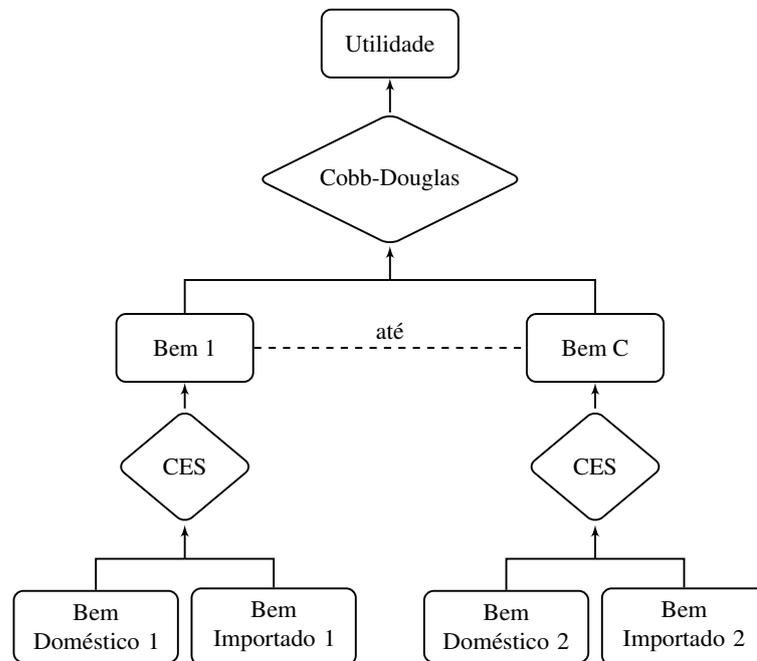
Figura 12 – Estrutura de produção aninhada



Fonte: HORRIDGE (2008).

partir de variantes importadas e domésticas com o uso de uma função agregadora CES (**Figura 13**).

Figura 13 – Estrutura de demanda do consumidor aninhada



Fonte: HORRIDGE (2008).

O MINIBR, assim como os demais modelos de EGC, tem mais variáveis que equações e a escolha de quais variáveis serão consideradas exógenas é denominada fechamento do modelo.

Embora exista certa liberdade na escolha do fechamento preferido, deve-se obedecer à regra matemática de que o número de variáveis endógenas seja igual ao número de equações.

Sabendo que, no modelo, cada equação explica somente uma variável, é sugerida a seguinte estratégia para se construir um fechamento válido: (i) considerar como endógena a variável explicada por cada equação e, (ii) como exógenas as variáveis não explicadas por qualquer equação. De forma geral, o fechamento do modelo está associado com o horizonte temporal da simulação, ou seja, com o tempo necessário de ajuste das variáveis econômicas a um novo equilíbrio. A extensão do curto prazo não é explícita, mas é normalmente pensada como sendo entre 1 e 3 anos.

2.4.2 Base de Dados

O modelo de EGC utilizado para realizar a simulação das alterações micro e macroeconômicas, no Estado da Bahia, atribuídas à construção da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) é denominado MINI-BR, que é um modelo simplificado de EGC para a economia brasileira, baseado no MINIMAL que foi construído para a economia australiana.

Para tanto utilizou-se uma base de dados com 28 produtos e 28 setores, baseados nos dados da Matriz de Insumo-Produto (MIP) da Bahia, para o ano de 2009², elaborada pelo Laboratório de Análises Territoriais e Setoriais (LATES) da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). A MIP Bahia (2009) apresenta abertura para 42 produtos e 27 atividades econômicas, sendo construída a partir das tabelas de recursos e usos de bens e serviços, tabelas de componentes do valor adicionado da Bahia. Os dados foram disponibilizados pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI) e utilizou como metodologia a proposta apresentada por Guilhoto e Sesso Filho (2005), testada a posteriori por Guilhoto e Sesso Filho (2010).

Além das variáveis obtidas na MIP Bahia (2009), foi necessário estabelecer as elasticidades de *Armington*, de substituição dos fatores primários e de demanda por exportações. Para tanto, é usualmente adotado na modelagem de EGC a utilização de informações estimadas pela literatura. Assim, os dados utilizados para a elasticidade de *Armington* (SIGMA) foram baseados em Tourinho, Kume e Pedroso (2007). Os valores da elasticidade de substituição dos fatores primários (SIGMA1PRIM) foram baseados nos dados da simulação apresentado no manual MINIBR que foram extraídos do banco de dados GTAP (*Global Trade Analysis Project*). Já para a elasticidade de demanda por exportações (EXP_ELAST) foram utilizadas as estimações apresentadas no manual MINIBR que foram extraídas de Domingues (2002). Na **Tabela 15** estão apresentadas as descrições das elasticidades adotadas no modelo.

²Ver Perobelli, Almeida Vale *et al.* (2015) - Estimativa da matriz de insumo-produto da bahia (2009): características sistêmicas da estrutura produtiva do estado - para maiores detalhes sobre a construção da MIP Bahia (2009).

Tabela 15 – Elasticidades

Parâmetro	Descrição	Dimensão	Valores
SIGMA	Elasticidade de substituição doméstico/importado (<i>Armington</i>)	COM	0,5 a 4,0
SIGMA1PRIM	Elasticidade de substituição dos fatores primários	IND	0,24 a 1,68
EXP_ELAST	Elasticidade de demanda por Exportações	COM	0,404 a 13,24

Fonte: Elaborado pela autora.

A hipótese sobre o horizonte temporal afeta o modo como se modela o mercado de fatores. Na simulação utilizada neste trabalho a principal diferença entre o fechamento de curto e de longo prazo, está relacionada à mobilidade do trabalho e do capital.

A simulação de curto prazo considera que o capital leva algum tempo para se instalar e demora algum tempo para ser afetado. Além disso, admite que existe certa rigidez no mercado de trabalho. Portanto, no fechamento de curto prazo, tanto o estoque de capital como os salários reais são considerados fixos. Já no longo prazo, o estoque de capital e o salário real são livres para se ajustarem, enquanto a taxa de retorno do capital e o emprego agregado são adotados como fixos. Dessa forma, há um fechamento diferente para o curto prazo e para longo prazo.

Por fim, com as simulações resolvidas, são apresentados os resultados no formato de variações percentuais.

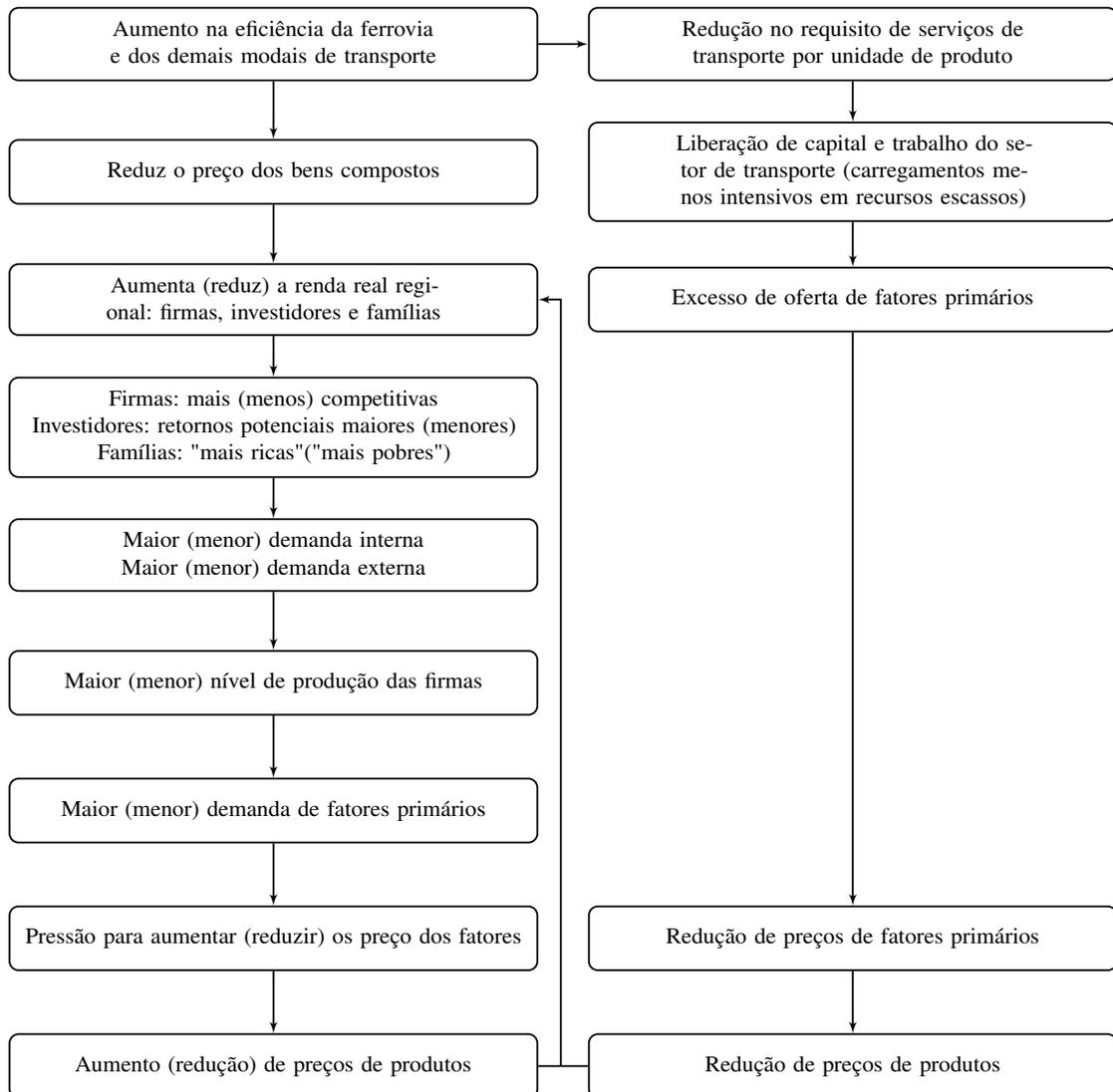
2.4.3 Relações Causais

As principais relações causais desencadeadas em decorrência da primeira simulação realizada podem ser entendidas pela **Figura 14**, que evidencia os mecanismos de transmissão que resume as principais relações desencadeadas com o choque de eficiência do setor de transportes.

Considera-se aqui que a construção da FNS aumentará a eficiência tanto do modal ferroviário do estado da Bahia quanto dos demais modais de transportes do estado. Nesse sentido, o aumento de eficiência foi introduzido na simulação como um choque negativo nos bens margens (ferrovia e demais transportes), sendo interpretado como um menor uso dos serviços de transporte por unidade de produto, que representa uma situação poupadora dos bens margens em questão. Dessa maneira, os carregamentos de carga necessitarão utilizar uma menor quantidade de capital e trabalho, aumentando a oferta desses recursos no mercado de fatores primários a medida em que estes são liberados na economia. Com isso, pressões sobre salários e aluguéis são criadas e resultam adiante em preços de produtos mais baixos.

Além das implicações já descritas, o aumento da eficiência do setor de transporte implica em redução dos preços dos bens compostos, uma vez que são reduzidos os gastos com transportes. Essa relação resulta em impactos positivos sobre a renda regional traduzidos pela maior competitividade sistêmica que envolvem firmas mais competitivas que poderão apresentar custos

Figura 14 – Principais relações causais na simulação básica



Fonte: Adaptado de Haddad (2004).

de produção menores, já que os insumos se tornaram mais baratos; investidores com maiores expectativas de retornos, uma vez que os custos de produção de bens e capital estão menores; e famílias apresentam aumento em sua renda real, podendo ampliar o seu consumo. Com o aumento da renda, a demanda interna é aquecida e, por outro lado, com a maior competição das firmas nacionais a demanda externa por produtos brasileiros é estimulada. Com isso, as firmas são pressionadas a aumentarem sua produção para atender tanto ao mercado interno quanto ao externo. Isso implica em maior demanda por insumos e fatores primários e, conseqüentemente, maior pressão para aumentar os preços dos fatores. Assim, aumenta-se a expectativa de aumento dos preços dos bens domésticos.

Tem-se, portanto, que a alteração dos preços ocorre em duas direções (redução e aumento) e, assim, o efeito líquido será determinado pela intensidade relativa destas forças que se contrapõem.

2.5 RESULTADOS

De acordo com a MIP de 2009 da Bahia, a participação da malha ferroviária no transporte de cargas da Bahia, no ano de 2009 é, proporcionalmente, pequena quando comparada com o conjunto dos demais modais de transportes. A distribuição espacial da logística de transportes, no estado, passa predominantemente pelas rodovias, sendo que esse modal foi responsável por mais de 90% de toda a carga transportada na região (PEROBELLI; VALE *et al.*, 2015). Além disso, até o início da construção da nova ferrovia, a Bahia tinha praticamente a mesma malha ferroviária de 1920. Assim, o choque de eficiência apenas no transporte ferroviário poderia não representar adequadamente os impactos da construção da FIOI.

Foram criados dois cenários de simulação, admitindo-se, em ambos, que a FIOI aumentará a eficiência da malha ferroviária existente, devido à sua ampliação. No entanto, o cenário 1 levou em consideração, ainda, os aspectos concorrenciais das demais estruturas de transportes, ao passo que, o cenário 2 considerou o aumento do investimento da construção civil, necessária para a construção da estrutura física da ferrovia.

No primeiro cenário, foi considerado o aspecto concorrencial dos modais de transporte, além do aumento da eficiência da malha ferroviária baiana, ou seja, o fato da maior eficiência da malha ferroviária implicar em maior eficiência nos demais setores de transporte. Assim, nesse cenário assume-se que a FIOI apresenta dois canais de transmissão para a economia da Bahia. O primeiro refere-se a um choque de eficiência da malha ferroviária do estado e o segundo está relacionado à competição dos demais modais de transporte de cargas, devido à ampliação da oferta pelo serviço do setor ferroviário, o que gera maior eficiência desses outros modais.

Dessa forma, nesse primeiro esforço de avaliação dos principais impactos da FIOI, foi construído um cenário com choques de eficiência da ferrovia e dos demais modais de transportes, nas proporções de 1%, 5%, 10%, 20% e 40%, tanto para o curto quanto para o longo prazo (**Tabela 16**).

Os resultados macroeconômicos mostram que os choques de eficiência afetam positivamente o emprego e salário em todos os níveis percentuais projetados. Como exemplo, temos que um choque de 40% na eficiência do setor de transportes da Bahia geraria um aumento, no curto prazo, de aproximadamente 1% no nível de emprego do estado e, no longo prazo, o salário real teria um aumento de aproximadamente 2%. Caso os dois choques de eficiência ocorressem na proporção de 1%, o emprego e o salário ainda assim apresentariam aumentos de 0,034% e 0,049%, respectivamente.

Em relação ao PIB real, verifica-se um aumento de aproximadamente 1%, tanto no curto quanto no longo prazo, para choques de eficiência de 20%. Se esse choque atingir um nível de 40%, o PIB real da Bahia poderia crescer, cerca de, 1,9%.

O volume de exportação também sinalizou resultados positivos para todos os níveis per-

Tabela 16 – Cenário de Choque 1 - Ferrovia e demais Transportes

Descrição	CP 1%	CP 5%	CP 10%	CP 20%	CP 40%	LP 1%	LP 5%	LP 10%	LP 20%	LP 40%
(Balança Comercial)/PIB (variação)	0	0.002	0.004	0.008	0.014	0	0.002	0.004	0.009	0.017
Emprego Agregado	0.034	0.165	0.316	0.582	0.973	0	0	0	0	0
Índice de Preços do PIB, lado das despesas	-0.107	-0.528	-1.033	-1.972	-3.578	-0.057	-0.284	-0.565	-1.118	-2.189
Taxa Salarial em toda a economia	-0.079	-0.386	-0.752	-1.425	-2.529	0.011	0.054	0.108	0.218	0.441
Índice de Preços de Investimento	-0.046	-0.225	-0.438	-0.828	-1.467	-0.026	-0.13	-0.258	-0.512	-1.007
Índice de Preços ao Consumidor	-0.079	-0.386	-0.752	-1.425	-2.529	-0.038	-0.188	-0.375	-0.741	-1.451
Índice de Preços de Exportações	-0.088	-0.434	-0.858	-1.673	-3.186	-0.067	-0.334	-0.666	-1.320	-2.596
Taxa de Câmbio, (doméstica \$)/(estrangeira \$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taxa Salarial Deflacionada (IPC)	0	0	0	0	0	0.049	0.243	0.485	0.966	1.92
PIB Nominal (lado da despesa)	-0.049	-0.24	-0.473	-0.915	-1.689	-0.009	-0.047	-0.093	-0.187	-0.375
PIB Nominal (lado da renda)	-0.078	-0.386	-0.757	-1.456	-2.663	-0.033	-0.165	-0.329	-0.653	-1.287
Consumo Total das Famílias	-0.079	-0.386	-0.752	-1.425	-2.529	-0.038	-0.188	-0.375	-0.741	-1.451
Índice de Volume de Importação, preços CIF	-0.062	-0.300	-0.580	-1.082	-1.885	-0.062	-0.310	-0.616	-1.217	-2.377
PIB real (lado da despesa)	0.059	0.290	0.566	1.078	1.955	0.048	0.238	0.475	0.942	1.855
Consumo real das Famílias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Índice de Volume de exportação	0.132	0.655	1.300	2.564	4.977	0.101	0.504	1.007	2.014	4.024

Fonte: Elaborado pela autora.

centuais de choques projetados, apresentando maior aumento no curto prazo, quando comparado com o longo prazo. Se o choque chegar a 40%, os aumentos dos volumes exportados chegariam à quase 5% no curto prazo e a 4% no longo prazo.

Como um dos grandes motivadores para a construção da FIOLE foi a necessidade em atender a expansão da demanda por minério de ferro da região Sul da Bahia e de grãos do Oeste baiano, vale verificar os impactos gerados também na agricultura e na indústria extrativa do Estado.

Os resultados da Tabela 17 apontam que os efeitos, de curto e longo prazo, dos choques de eficiência sobre a produção dos dois setores são positivos. Como as indústrias têm maior flexibilidade para expandir sua produção, no longo prazo, é possível observar aumentos de produção mais expressivos, neste caso, do que os sinalizados no curto prazo, chegando a 2,25% na produção da agricultura e a 6,7% na indústria extrativa, no cenário de maior choque.

No curto prazo, os preços dos fatores de produção sinalizaram aumentos para as duas indústrias, em todos os percentuais de choques avaliados. Tal aumento pode ser justificado devido expansão repentina da demanda por esses fatores, para suprir a expansão da produção da agricultura e da indústria extrativa, que não foi adequadamente amortecida por seus ofertantes, no curto prazo. No entanto, com o passar do tempo, a oferta vai se adequar ao novo nível de

Tabela 17 – Resultados nos setores Agricultura e Indústria Extrativa - Choque 1

Descrição	Choque de 10%		Choque de 20%		Choque de 40%	
	Agricultura	Indústria Extrativa	Agricultura	Indústria Extrativa	Agricultura	Indústria Extrativa
Curto Prazo						
Produção da Indústria	0,173	0,538	0,324	0,991	0,568	1,688
Custo de Produção	-0,316	-0,145	-0,601	-0,265	-1,077	-0,449
Preço do Bem	-0,316	-0,145	-0,601	-0,265	-1,077	-0,449
Preço dos Fatores Primários	0,091	3,560	0,155	6,683	0,240	11,729
Longo Prazo						
Produção da Indústria	0,568	1,675	1,133	3,356	2,253	6,737
Custo de Produção	-0,419	-1,005	-0,830	-1,991	-1,629	-3,904
Preço do Bem	-0,419	-1,005	-0,830	-1,991	-1,629	-3,904
Preço dos Fatores Primários	-0,152	-0,184	-0,301	0,364	-0,588	-0,713

Fonte: Elaborado pela autora.

demanda por fatores, podendo levar à quedas nos preços dos fatores primários da agricultura e da indústria extrativista, no longo prazo, chegando a uma redução de 0,588% na primeira e de 0,713% na segunda.

Os resultados projetados sinalizam, ainda, a queda no custo de produção de ambos os setores e, dessa forma, é possível que os bens produzidos sejam vendidos a preços mais competitivos. Verificando o preço dos bens apresentados na Tabela 17, confirma-se uma queda em seus valores para todos os níveis de choque, tanto no curto quanto no longo prazo, que pode chegar a (-1,63%) para os produtos da agricultura e a (-3,9%) para os bens da indústria extrativa, no cenário de maior choque.

Outra perspectiva de análise do impacto da FIOLE sobre indicadores econômicos está relacionada com o impulso dado no investimento em construção civil, para a viabilização da construção da ferrovia, além do choque de eficiência da ferrovia. Assim, o cenário 2, avalia os efeitos da FIOLE sobre indicadores macro e microeconômicos, por meio de dois canais de transmissão: aumento da eficiência da ferrovia existente devido à ampliação da malha ferroviária e elevação da formação bruta de capital da construção civil necessária para a construção da estrutura física da ferrovia.

Nesse sentido, buscou-se a princípio construir a mesma estrutura de cenário discutida na Tabela 16, porém, dando um choque de 40% no investimento em construção civil juntamente com um choque em eficiência da ferrovia existente, nos percentuais idênticos aos cenários realizados anteriormente (1%, 5%, 10%, 20% e 40%). A definição do choque de 40% dado no investimento em construção civil foi devido ao valor destinado para a construção da FIOLE, que foi da ordem de 6,4 bilhões de reais, o que representa 40% da formação bruta de capital da construção civil da MIP de 2009 da Bahia.

Foi verificado que os resultados não sofreram alterações significativas com as mudanças percentuais dos choques realizados na eficiência da ferrovia, como já era esperado, pois as

variações de eficiência foram dadas sobre uma malha ferroviária muito pequena. Nessa análise, foi possível ver que quase a totalidade do impacto foi devido ao choque de 40% do investimento em construção civil, já que as variações dos choques dados em eficiência da ferrovia basicamente não alteraram os resultados obtidos.

Portanto, optou-se por apresentar os dados de curto e longo prazo apenas para um cenário percentual de choque de eficiência da ferrovia (de 10%) juntamente com o choque de 40% do investimento em construção civil, já que as alterações dos resultados foram irrisórias a cada variação percentual do choque de eficiência (**Tabela 18**).

Tabela 18 – Choque 2 - FBKF da Construção Civil e na Eficiência da Ferrovia

Descrição	Curto Prazo	Longo Prazo
(Balança Comercial)/PIB (variação)	0.05	-0.02
Emprego Agregado	21.29	0
Índice de Preços do PIB, lado das despesas	53.30	5.16
Taxa Salarial em toda a economia	0.76	10.27
Índice de Preços de Investimento	252.62	3.30
Índice de Preços ao Consumidor	0.76	3.07
Índice de Preços de Exportações	1.25	3.17
Taxa de Câmbio (doméstica)/(<i>estrangeira</i>)	0	0
Taxa Salarial Deflacionada (IPC)	0	6.98
PIB Nominal (lado da despesa)	61.56	5.82
PIB Nominal (lado da renda)	63.66	6.64
Consumo Total das Famílias	0.76	3.07
Índice de Volume de Importação, preços CIF	2.76	3.93
PIB real (lado da despesa)	5.43	0.63
Consumo real das Famílias	0	0
Índice de Volume de exportação	-1.84	-4.57

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados encontrados na simulação apontam que o nível de emprego na Bahia responde substancialmente ao aumento do investimento em construção civil, ou seja, um choque positivo de 40% na formação bruta de capital da construção civil e de 10% na eficiência da ferrovia pode elevar o emprego em 21,29%, no curto prazo.

As projeções para o salário real indicam uma elevação de 6,98% e o impacto no PIB real baiano sinaliza maior efeito no curto prazo, com aumento de 5,43%, ao passo que, no longo prazo esse aumento é de 0,63%.

Assim como na análise realizada na **Tabela 17**, foram verificados os impactos microeconômicos da FIOLE, porém, na perspectiva dos dois canais de transmissão avaliados no cenário 2, ou seja, do choque de 40% no investimento em construção civil, conjuntamente com o choque de 10% na eficiência da ferrovia. Os resultados estão apresentados na **Tabela 19**.

Diferentemente dos resultados apresentados no cenário 1, verifica-se aqui uma queda na produção do setor agrícola e da indústria extrativa, em ambos os prazos. Foi sinalizado, ainda, um aumento nos preços dos fatores primários, no longo prazo, embora o preço dos fatores primários

Tabela 19 – Resultados nos setores Agricultura e Indústria Extrativa - Choque 2

Descrição	Choque (10% ferrovia + 40% investimento construção civil)	
	Agricultura	Indústria Extrativa
	Curto Prazo	
Produção da Indústria	-0,08	-1,24
Custo de Produção	0,42	1,07
Preço do Bem	0,42	1,07
Preço dos Fatores Primários	0,39	-8,36
	Longo Prazo	
Produção da Indústria	-3,98	-5,84
Custo de Produção	4,38	3,30
Preço do Bem	4,38	3,30
Preço dos Fatores Primários	5,30	4,70

Fonte: Elaborado pela autora.

da indústria extrativa aponta uma queda de 8,36%, no curto prazo. Os custos de produção e, conseqüentemente o preço dos bens das duas indústrias apresentaram aumentos que são ainda mais expressivos no longo prazo.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou projetar os impactos micro e macroeconômicos para o estado da Bahia associados à Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL), utilizando um modelo de equilíbrio geral computável. Reconhecendo que este impacto pode ser transmitido por canais distintos, trabalhou-se com a simulação de dois cenários.

Foi considerado, nos dois cenários, que a FIOL implicará em uma maior eficiência da malha ferroviária, devido à sua ampliação. No entanto, o cenário 1 levou em consideração os aspectos concorrenciais dos demais transportes como um segundo canal de transmissão da FIOL ao passo que o cenário 2 considerou o aumento do investimento da construção civil.

Em termos microeconômicos, os resultados projetados no cenário 1, foram mais satisfatórios em atender a expansão da demanda por grãos e minério de ferro que justificou a construção da ferrovia. Neste cenário, as projeções apontaram para uma expansão da produção tanto do setor agrícola quanto da indústria extrativa, além de redução no preço dos fatores primários e conseqüente redução dos seus custos e dos preços dos bens produzidos. Além disso, a maior competitividade dos produtos da agricultura e da indústria extrativa pode ter contribuído para o aumento de, aproximadamente, 4% do volume das exportações baianas, no melhor cenário projetado.

Por outro lado, variáveis macroeconômicas, como emprego, salário real e PIB real do estado, mostraram-se mais sensíveis quando avaliado pela perspectiva do cenário 2, que considera o investimento em construção civil como um dos canais de transmissão da FIOL.

Como o modelo de EGC utilizado no trabalho, apresenta resultados agregados para o

Estado da Bahia, não é possível identificar as regiões que foram diretamente ou indiretamente afetadas pela FIOLE. Nesse sentido, recomenda-se a realização de novas simulações que utilize um modelo inter-regional de EGC, assim como no trabalho de Campos e Haddad (2016). Dessa forma, será possível apresentar maior detalhamento sobre o impacto de transbordamento do empreendimento, identificando as regiões brasileiras que apresentaram as maiores variações nos produtos regionais brutos, por exemplo.

Ademais, a NGE, normalmente, adota a ideia de economias crescentes de escala nas funções de produção que, juntamente com os custos de transportes, ajudam a entender melhor a questão da aglomeração das atividades econômicas. Portanto, além da utilização de um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável sugere-se para trabalhos futuros a incorporação dos retornos não constantes nas funções de produção regionais e na modelagem explícita dos custos de transportes para avaliar o ganho de bem-estar de cada região, como feito por Haddad (2004).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Eduardo Simões de. A Duplicação da Rodovia Fernao Dias: Uma Análise de Equilíbrio Geral. **Revista EconomiA**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 321–353, 2004.
- ARAÚJO, Maria da Piedade. **Infraestrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional**. 2006. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ASCHAUER, David Alan. Is public expenditure productive? **Journal of monetary economics**, Netherlands, v. 23, n. 2, p. 177–200, 1989.
- ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA - AIBA. **Anuário agropecuário da região Oeste da Bahia – safra 2015/2016**. Barreiras, BA, 2017. Disponível em: <http://aiba.org.br/anuario/>. Acesso em: 5 ago. 2017.
- BENITEZ, Rogério Martin. A infra-estrutura, sua relação com a produtividade total dos fatores e seu reflexo sobre o produto. **Planejamento e políticas públicas**, Rio de Janeiro, n. 19, 1999.
- BETARELLI JUNIOR, Admir Antonio. **Um modelo de equilíbrio geral com retornos crescentes de escala, mercados imperfeitos e barreiras à entrada: aplicações para setores reguladores de transporte no Brasil**. 2013. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CAMPOS, Rodrigo Calabrich; HADDAD, Eduardo Amaral. Avaliação dos impactos espaciais do sistema viário Oeste–Bahia: uma abordagem a partir da modelagem de equilíbrio geral computável. **Revista Brasileira de Economia de Empresas**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 25–47, 2016.
- DOMINGUES, Edson Paulo; MAGALHÃES, Aline Souza; FARIA, Weslem Rodrigues. Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 121–158, 2009.
- FERREIRA, Pedro Cavalcanti. Investimento em infra-estrutura no Brasil: fatos estilizados e relações de longo prazo. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 231–252, 1996.
- FUJITA, Masahisa; KRUGMAN, Paul. The new economic geography: Past, present and the future. In: FIFTY years of regional science. Berlin: Springer, 2004. P. 139–164.
- FUJITA, Masahisa; KRUGMAN, Paul R; VENABLES, Anthony. **The spatial economy: Cities, regions, and international trade**. Cambridge: MIT press, 1999.
- FUJITA, Masahisa; THISSE, Jacques François. **Economics of agglomeration: Cities, industrial location, and regional growth**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

GUILHOTO, Joaquim José Martins; SESSO FILHO, Umberto Antonio. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 9, p. 277–299, 2005.

GUILHOTO, Joaquim José Martins; SESSO FILHO, Umberto Antonio. Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005. **Economia Tecnologia**, Curitiba, v. 23, p. 53–62, 2010.

HADDAD, Eduardo A. Regional inequality and structural changes: lessons from the Brazilian experience. United Kingdom: Aldershot, Ashgate, 1999.

HADDAD, Eduardo A. **Retornos crescentes, custo de transporte e crescimento regional: fenômenos semânticos**. 2004. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

HADDAD, Eduardo Amaral *et al.* Avaliação dos impactos econômicos das políticas de infra-estrutura de transportes no Brasil: uma aplicação a duas rodovias federais em Minas Gerais. **Cadernos BDMG**, Belo Horizonte, n. 16, p. 29–72, 2008.

HORRIDGE, Mark. MINIBR: Um modelo simplificado de equilíbrio geral para a economia brasileira. São Paulo, Editora da USP, 2008.

KRUGMAN, Paul. What's new about the new economic geography? **Oxford review of economic policy**, Oxford, v. 14, n. 2, p. 7–17, 1998.

OIKOS – PESQUISA APLICADA LTDA. Estudo de impacto ambiental (EIA) das obras de implantação da Ferrovia Oeste Leste (EF 334), entre Figueirópolis (TO) e Ilhéus (BA). Salvador: VALEC - Engenharia, Construções e Ferrovias S.A., 2009.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro; ALMEIDA VALE, Vinicius de *et al.* Estimativa da Matriz de Insumo-Produto da Bahia (2009): características sistêmicas da estrutura produtiva do Estado. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 97–115, 2015.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro; VALE, Vinicius de Almeida *et al.* Análise sistêmica da estrutura produtiva da Bahia para o ano de 2009. In: XI ENCONTRO DE ECONOMIA BAIANA, 2015, Salvador. ANAIS [...] 2015.

ROZENFELD, Tales; HADDAD, Eduardo Amaral. Avaliação dos impactos econômicos de investimentos em rodovias sob diferentes alternativas de financiamento. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEC, 44., 2016, Foz do Iguaçu, PR. ANAIS. 2016. Disponível em: <https://en.anpec.org.br/previous-editions.php?r=encontro-2016>. Acesso em: 5 ago. 2017.

SOLOW, Robert M. A contribution to the theory of economic growth. **The quarterly journal of economics**, United States, v. 70, n. 1, p. 65–94, 1956.

SOUZA, Carla Cristina Aguiar de. **A Nova Geografia Econômica: três ensaios para o Brasil**. 2007. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA - SEI.

Boletim PIB regional 2014. Salvador, 2014. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br>. Acesso em: 5 ago. 2017.

TORRES, Carlos Eduardo da Gama. **Transportes e desenvolvimento regional:** uma análise de equilíbrio geral computável sobre os impactos na melhoria da infra-estrutura de transporte rodoviário em Minas Gerais. 2009. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TOURINHO, Octávio Augusto Fontes; KUME, Honório; PEDROSO, Ana Cristina de Souza. Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2002. **Revista brasileira de economia**, Rio de Janeiro, v. 61, p. 245–267, 2007.

VALEC – ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. Avaliação Econômica da ferrovia de integração Oeste Leste – EF-334. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.valec.gov.br>. Acesso em: 8 jun. 2017.

VASSALLO, Moisés Diniz. **Análise de impactos econômicos setoriais e regionais decorrentes de investimentos em infraestrutura de transportes.** 2015. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

3 GASTOS PÚBLICOS COM INFRAESTRUTURA E DISPARIDADES REGIONAIS: IMPACTOS NO PIB *PER CAPITA* DAS REGIÕES SUL E NORDESTE DO BRASIL

3.1 INTRODUÇÃO

A disparidade regional de renda do Brasil é historicamente registrada em vários estudos, de forma que, os seus reflexos são observados na concentração do PIB nas regiões Sul e Sudeste do país (MUNDIAL, 2008; SOUZA, 2007; ABREU PESSÔA, 1997). Várias são as abordagens teóricas utilizadas por aqueles que buscam entender os motivos de existir essas desigualdades entre as regiões brasileiras, como as diferenças observadas no crescimento econômico, o papel das vantagens comparativas e das aglomerações como apresentadas pela nova geografia econômica (SACHS; WARNER, 1999; SOLOW, 1956; MANKIW; ROMER; WEIL, 1992; KRUGMAN, 1992; PUGA, 1999).

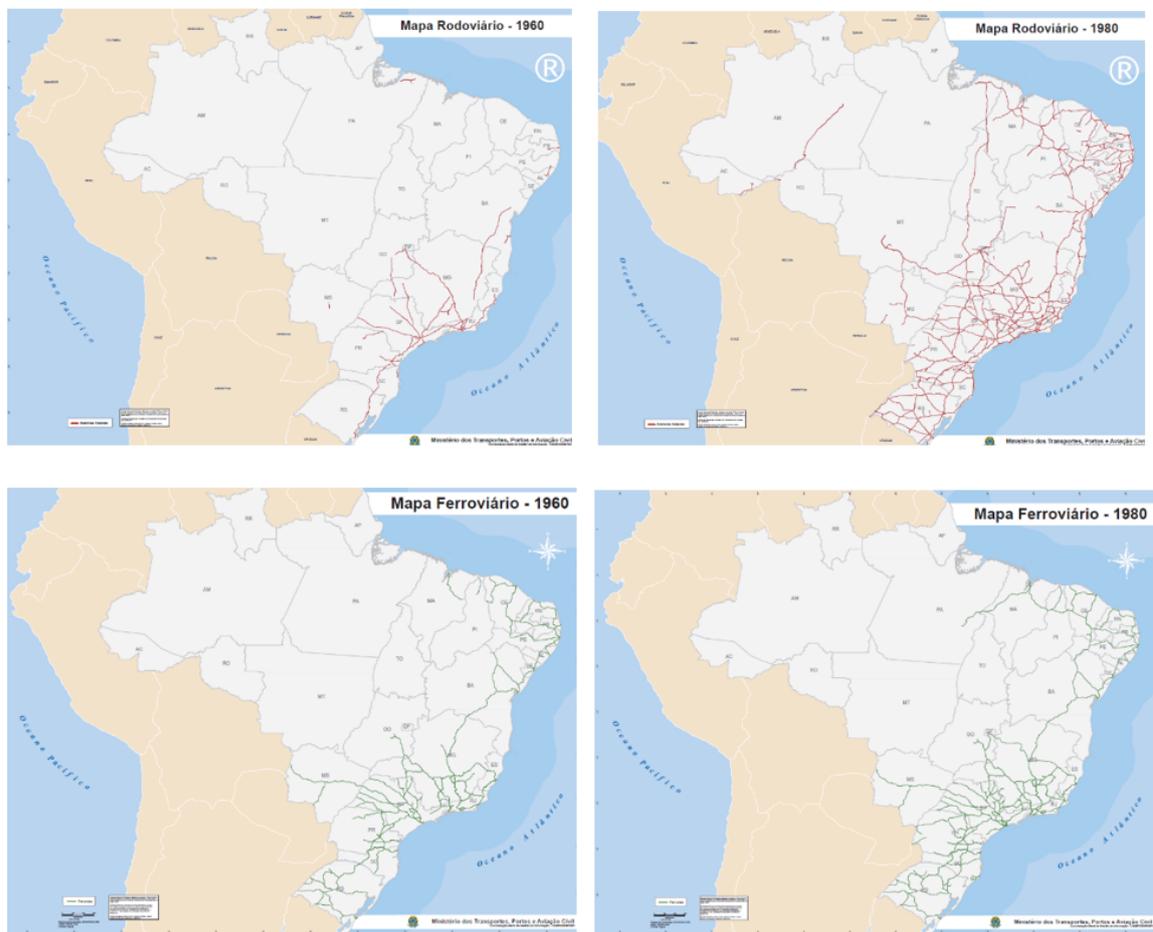
Na abordagem da nova geografia econômica (NGE), as firmas são atraídas para as regiões que apresentam melhores acessos aos consumidores e aos fornecedores quando existem custos de transportes baixos ou intermediários e retornos crescentes de escala nas interações econômicas (FUJITA; KRUGMAN; VENABLES, 1999; FUJITA; THISSE, 2002; FUJITA; KRUGMAN, 2004). Assim, se não existissem custos positivos de transportes, poucas seriam as razões possíveis para que houvesse diferenças na distribuição da atividade econômica, uma vez que, qualquer um poderia acessar qualquer pessoa ou empresa no planeta (GLAESER; KOHLHASE, 2004).

Seguindo essa literatura, um dos fatores que pode explicar o diferencial do nível de renda *per capita* entre as regiões é o acesso aos mercados (SOUZA, 2007; BANISTER; BERECHMAN, 2001; HIRSCHMAN, 1961). Por exemplo, em Mundial (2008) é sustentado que as políticas em infraestrutura são necessárias em qualquer estratégia de desenvolvimento regional, devido a sua capacidade em promover maior mobilidade dos fatores de produção. Assim, no intuito de reduzir as lacunas entre as regiões atrasadas e as regiões líderes as organizações internacionais têm apoiado e/ou incentivado diretamente o investimento público em infraestrutura regional ou de países (FAGEDA; OLIVIERI, 2019).

O setor de transporte desempenha uma importante atividade intermediária na cadeia produtiva de todos os setores da economia, sendo o principal responsável pelo deslocamento dos insumos e dos produtos finais no espaço ou território. Dessa forma, a escolha da localização pelas firmas leva em consideração a proximidade com um sistema de transporte que seja confiável e ágil, apresentando, em paralelo, um menor custo de deslocamento. Assim, reflexos desejáveis sobre a produtividade dos fatores e o bem-estar dos agentes econômicos podem ser obtidos por meio da implantação de um adequado sistema de transportes numa dada região ou em um dado país (CAMPOS; HADDAD, 2016; DOMINGUES; MAGALHÃES; FARIA, 2009; TOYOSHIMA; FERREIRA, 2009; BANISTER; BERECHMAN, 2001; GALVÃO, 1996; ASCHAUER, 1989).

Observando a evolução tanto da malha rodoviária quanto da malha ferroviária do Brasil do ano de 1960 para o ano de 1980, pode-se perceber que desde quando o país, ainda, apresentava uma estrutura de transportes relativamente pouco desenvolvida, a malha viária se encontrava, predominantemente, consolidada nas regiões que hoje apresentam as maiores concentrações da produção do país, ou seja, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (**Figura 15**). Passados 20 anos, como observado nos mapas relacionados ao ano de 1980, é notado que os esforços relacionados à ampliação da infraestrutura de transportes, especialmente o rodoviário, foram voltados, principalmente, para aquelas duas regiões mais produtivas e industrializadas do país, o que pode ter contribuído, de certa forma, para o agravamento do crescimento econômico desigual entre as regiões brasileiras.

Figura 15 – Mapa rodoviário e ferroviário do Brasil, 1960 – 1980



Fonte: (BRASIL, 2020).

A partir de 1990, no entanto, a estratégia de desenvolvimento nacional passou aos poucos a adotar, como vetor dinâmico, a conexão com a demanda externa para trazer, via multiplicador de emprego e renda, maiores impactos para a economia doméstica (PIRES; CAMPOS, 2019). Nesse sentido, as iniciativas de concessão do serviço público de transportes à iniciativa privada foram ampliadas e os governos passaram a direcionar suas agendas ao estímulo do setor, sobretudo

ao modal de transporte ferroviário de cargas (PIRES; CAMPOS, 2019; CASTILHO; ARRAIS, 2017; ARAÚJO, 2006).

No entanto, conforme observado na **Figura 15**, a economia brasileira não é homogênea em termo de infraestrutura de transportes, logo, os reflexos no emprego e, conseqüentemente na riqueza gerada, dessa estratégia de desenvolvimento iniciada nos anos 1990 podem ter agravado as discrepâncias entre as microrregiões brasileiras, principalmente, entre as regiões Sul e Sudeste, desenvolvidas e as regiões Norte e Nordeste relativamente menos desenvolvidas. Como destacado por Perobelli e Haddad (2006), a heterogeneidade regional, refletida em questões estruturais diversas, como custos relacionados ao transporte e facilidade de acesso ao mercado externo, afeta o dinamismo exportador de uma dada região.

Entre os anos de 2003 e 2008 a economia brasileira apresentou um crescimento relativamente maior, quando se compara com o período entre 2009 e 2014 em que se observou uma desaceleração do ritmo desse crescimento, com exceção do ano de 2010. Por fim, o período de 2015 e 2016 foi marcado por uma acentuada recessão, em que o PIB *per capita* acumulou uma perda superior a 8% e o investimento apresentou intensa queda (HORTA; GIAMBIAGI, 2018).

Passados dois anos de forte retração, o PIB *per capita* do Brasil apresentou um inexpressivo aumento de 0,2%, no ano de 2017. No âmbito regional, verifica-se que nove Estados brasileiros apresentaram valores de PIB *per capita* superiores ao PIB *per capita* nacional, contemplando nessa relação todos os Estados da região Sul, que ficaram atrás apenas do Distrito Federal (DF), São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ). Por outro lado, destaca-se que dos Estados que apresentaram PIB *per capita* inferiores ao nacional, oito dentre os nove piores valores de PIB *per capita* pertencem à região Nordeste (IBGE, 2018).

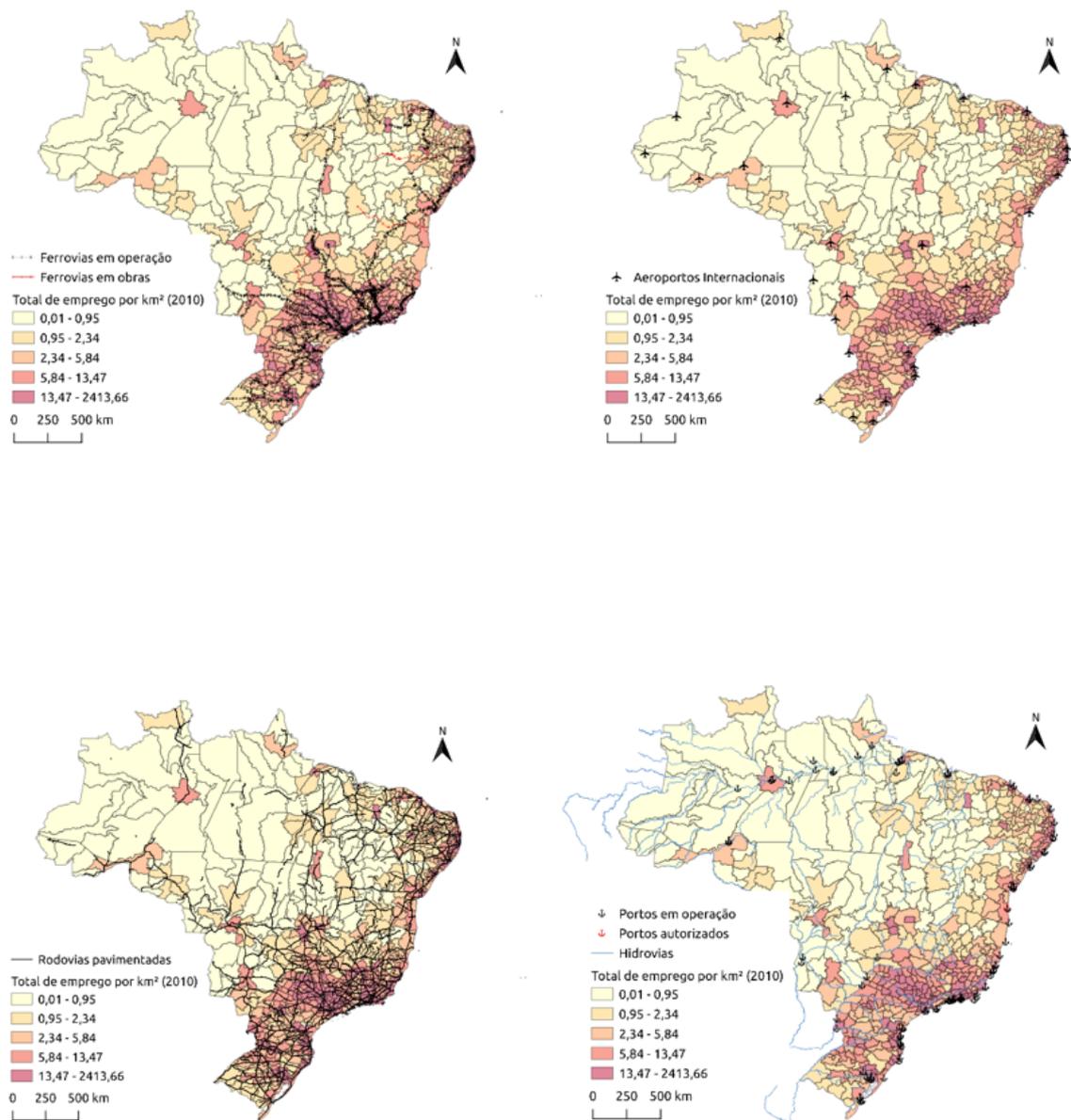
Esses dados apontam para um comportamento desigual existente entre as regiões brasileiras na distribuição de riqueza que, dentre diversas explicações possíveis, pode ter uma parcela justificada pelo montante de investimento não somente em infraestrutura de transporte, mas também nas demais infraestruturas que permitam que as regiões estejam mais integradas, aproveitando os recursos distribuídos em seu território, e possam obter progresso econômico no longo prazo.

Assim como a conexão com a demanda externa passou a ser a estratégia para impactar e estimular a dinâmica da economia, tendo como uma das vias de transmissão o multiplicador de emprego, os fatores internos negligenciados, como a distribuição homogênea e eficiente da infraestrutura, tornaram-se importantes para explicar o comportamento desigual do nível de riqueza regional (SILVA; MARTINS; NEDER, 2016; ARAÚJO, 2006; BANISTER; BERECHMAN, 2001).

A **Figura 16** mostra a distribuição espacial do total de emprego formal por área das microrregiões brasileiras, no ano de 2010, contrapondo com os principais sistemas de transportes distribuídos entre as microrregiões brasileiras, no mesmo ano.

Pode-se verificar que, basicamente, aquelas microrregiões com maior concentração do emprego formal no total dos setores produtivos pertencem às regiões Sul e Sudeste do país e estão interligadas por sistemas de transportes densos, seja nos modais rodoviário, ferroviário ou portuário. Por outro lado, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil se concentram a maior parcela das microrregiões com baixa densidade em termos de sistemas de transportes e baixo concentração de emprego formal.

Figura 16 – Densidade da ferrovia e da rodovia pavimentada das microrregiões brasileiras, 2010



Fonte: Elaboração própria, com base em, IBGE (2018) – arquivo Shape, RAIS (2010) – total de emprego.

Dessa forma, o presente ensaio busca melhor entender e analisar os efeitos do investimento em infraestrutura econômica sobre a riqueza da economia brasileira, especificamente, sobre o PIB *per capita* das regiões Sul e Nordeste do Brasil e, para tanto, foi estimado um modelo

de Vetores Autoregressivos (VAR). Portanto, desagregando os gastos públicos da infraestrutura econômica em comunicação, energia elétrica e transportes, no período de 1994 a 2015, busca-se verificar o impacto desses investimentos sobre a renda *per capita* dessas duas regiões brasileiras. Tal análise busca, ainda, responder se um maior investimento em infraestrutura na região Nordeste (região com pior resultado em termos de PIB *per capita*) seria capaz de amenizar a diferença de riqueza em relação à região Sul (região com melhor resultado em termos de PIB *per capita*).

O ensaio apresenta mais 4 seções, além dessa introdução. A segunda seção apresenta a revisão da literatura empírica que relaciona infraestrutura com crescimento econômico. Em seguida, na seção 3, é abordada a metodologia, apresentando os aspectos teóricos do modelo VAR. Na quarta seção são apresentados os resultados encontrados e na quinta seção as considerações finais.

3.2 REVISÃO DE LITERATURA

Com o objetivo de analisar e dimensionar a relação entre crescimento econômico e investimento em infraestrutura regional, vários trabalhos foram desenvolvidos na literatura econômica.

Um dos primeiros estudos a discutir a importância dos gastos públicos com infraestrutura e sua relação com a produtividade e o crescimento econômico é encontrado em Aschauer (1989). O autor enfoca que o fortalecimento das endogeneidades, como as despesas de investimento público, induz ao aumento na taxa de retorno de capital, e assim, possibilita o maior retorno do investimento privado.

Utilizando uma estimação por método dos mínimos quadrados ordinários (MQO) para explicar o impacto da infraestrutura de determinadas cidades e sua localização sobre o desenvolvimento de regiões, Rives e Heaney (1995), identificaram que o nível de desenvolvimento econômico é afetado de forma positiva pela dotação física de infraestrutura e pelas vantagens de localização.

Já Hirschman (1961), defende a ideia de que a infraestrutura pode contribuir para estimular ou inibir a realização do potencial de investimento e crescimento de uma determinada economia. O autor evidencia a importância do investimento público na tarefa de amenizar as desigualdades regionais, devido a sua capacidade de confrontar o crescimento concentrado em certa região específica de um dado país.

Na mesma linha de raciocínio, Rigolon e Piccinini (1997) consideram que o investimento em infraestrutura pode ser uma medida eficiente e eficaz para promover o investimento privado em setores produtivos e, dessa forma, promover a retomada do crescimento econômico sustentado regional. Nesse sentido, a adequada provisão de incentivos para investimentos em infraestrutura pode, além do bem-estar social, também aumentar a participação do capital privado na economia

como um todo.

Cândido Jr (2001) indicou que os investimentos públicos em setores que geram externalidades positivas e, que são complementados pelos investimentos privados, tendem a ser mais eficientes. Nesse sentido, aumento de gastos com a infraestrutura geral e aumento dos gastos com pesquisa e desenvolvimento são fundamentais para promover dinamismo econômico regional.

Bogoni, Nelson e Beuren (2011) tentaram identificar se há relação entre as variáveis que compõe os gastos públicos dos governos das maiores cidades da região Sul do Brasil e o crescimento econômico daquelas regiões. Os resultados obtidos indicaram que maiores gastos em infraestrutura, educação, saúde e habitação, que fazem parte da política fiscal local, são considerados produtivos e capazes de gerar externalidades positivas, e portanto, maior crescimento econômico local. Dessa forma, a hipótese corroborada é a de que tais gastos afetam positivamente a produtividade do setor privado da economia local.

A análise do impacto sobre o crescimento econômico e sobre a desigualdade do conjunto de investimentos em infraestrutura, previstos para o período de 2008-2011 em Minas Gerais, decorrentes do PAC, realizada por Domingues, Magalhães e Faria (2009) é enfática em sustentar que aqueles investimentos realizados contribuíram para o destacado crescimento de Minas Gerais, no período analisado, porém, esse crescimento observado aumentou a desigualdade regional no Estado de Minas Gerais.

Na mesma direção, Oliveira (2004), também destaca a presença de externalidades positivas decorrentes da expansão do capital humano e da intensificação do processo de urbanização das cidades nordestinas como uma das principais causas do crescimento econômico observado na região nordeste do Brasil no período 1991 a 2000. No entanto, a maior distância entre os mercados consumidores locais exerceu um efeito negativo sobre o crescimento econômico das cidades no período analisado. Por fim, os componentes que mais influenciaram positivamente o crescimento econômico dos Estados brasileiros em geral no período 1986 – 2003 foram os gastos em capital, gastos em educação, gastos em infraestrutura de transportes e de comunicação (ROCHA; GIUBERTI, 2007).

Já o trabalho de Ferreira e Malliagos (1998) analisou o impacto de longo prazo do investimento em infraestrutura em geral sobre o PIB e a produtividade dos fatores de produção no período de 1950 – 1995 para o Brasil. Constatara, por meio da análise de co-integração, que há uma forte relação de longo prazo entre o comportamento do PIB e o comportamento do setor de infraestrutura no período estudado. Assim, segundo os autores, um aumento de 10% no investimento em infraestrutura proporcionaria um incremento de 3,9% no PIB da região. Um segundo aspecto detectado foi o de que a queda observada na produtividade dos fatores a partir da década de 1980, provavelmente, foi consequência da redução dos investimentos em infraestrutura observada no mesmo período. Ferreira e Malliagos (1998) também segmentaram, por setores, os investimentos realizados em infraestrutura, e concluíram que o setor de transportes

foi o que mais influenciou o crescimento do PIB no longo prazo, seguido pelos setores elétrico e de telecomunicações.

Bertussi e Ellery Jr (2012) investigaram o impacto dos gastos públicos em transporte sobre o crescimento econômico dos estados brasileiros no período de 1986 a 2007, por meio de dados em painel. De acordo com os resultados encontrados no trabalho, o investimento no setor de transporte proporcionou efeito positivo e estatisticamente significativo sobre o desempenho econômico de longo prazo, o que contribuiu para a redução da desigualdade de renda entre os estados. Além do mais, os gastos públicos em infraestrutura de transporte são mais produtivos no Norte, Nordeste e Centro-Oeste, por serem regiões menos desenvolvidas.

Com uma abordagem mais próxima à desenvolvida neste ensaio, Neto, Conceição e Romminger (2015) buscaram investigar o impacto da infraestrutura de transportes para o crescimento do produto interno bruto (PIB) do Brasil, no período de 1995 à 2012, utilizando o modelo de vetores autoregressivos (VAR). Os resultados mostraram que o impacto dos investimentos públicos em transporte é crescente ao longo do tempo, sendo que no primeiro ano verificou-se que para cada 1% de aumento dessa infraestrutura, tem-se um aumento de 0,012% no PIB do país, chegando à 0,032% no longo prazo.

Muitos estudos, incentivados pelo trabalho seminal de Baumol (1986), buscaram examinar a hipótese de convergência de renda em níveis internacionais como os trabalhos de Barro (1991), Barro e Sala-I-Martin (1992) e Sala-I-Martin (1996), entre outros.

Abordando a relação entre as etapas do desenvolvimento e a tendência a divergência ou convergência das rendas absoluta ou *per capita* de diferentes regiões é possível encontrar trabalhos na literatura recente. Teixeira *et al.* (2013) buscaram identificar se os instrumentos de políticas públicas estaduais juntamente com as características sócio demográficas influenciam o crescimento da renda *per capita*, bem como a convergência de renda no Brasil. Para tanto, os autores utilizaram, dentre outros métodos de estimação, o método de momentos generalizados (GMM) e concluíram, de forma geral, que principalmente o capital humano e os gastos em infraestrutura social têm contribuído para o crescimento econômico e convergência de renda *per capita* entre os estados brasileiros no período de 1986 a 2006.

Com o intuito de analisar o processo de convergência de renda *per capita* entre os estados brasileiros, entre 2001 a 2014, Almeida e Moreira (2019) utilizaram regressões com dados em painel dinâmico para variáveis explicativas como capital humano, despesas correntes do governo, despesas do governo em capital, fundo de participação estadual, entre outras. Os resultados apontaram para a existência de beta-convergência absoluta e condicional do PIB *per capita* no período do estudo.

3.3 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Para analisar o impacto dos gastos públicos na área de infraestrutura sobre o crescimento econômico (PIB) das Regiões Sul e Nordeste será utilizado o modelo de Vetores Auto-Regressivos (VAR). Os dados do PIB real de cada região a preços constantes, no ano de 2015, foram extraídos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (IPEADATA, 2022) e os da população residente de cada região foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017), ambos compreendendo o período de 1994 a 2015. Com esses dados se calculou o PIB *per capita* dessas regiões.

As informações sobre os gastos públicos em infraestrutura, dos Estados das Regiões Sul e Nordeste, foram extraídas da Execução Orçamentária dos Estados que são disponibilizados pelo Tesouro Nacional, declaradas no balanço anual de cada estado no formato de Declaração das Contas Anuais (DCA) ou no Quadro de Detalhamento das Contas Contábeis (QDCC). Assim, foi possível obter os dados dos gastos públicos nos setores de comunicação, energia e transporte de cada Estado das regiões Sul e Nordeste, no período de 1994 a 2015.

Todas as séries foram transformadas em base logarítmica e, assim, as relações entre as variáveis representadas nos valores dos coeficientes estimados estarão passíveis de interpretação direta como elasticidades.

3.3.1 Modelo VAR

Os modelos de autoregressão vetorial (VAR), metodologia popularizada por Sims (1980), fornecem as informações de causalidades entre as variáveis, decomposição da variância dos resíduos e a função impulso-resposta, sendo, portanto, um método que auxilia o entendimento das inter-relações entre as variáveis econômicas.

Essa metodologia permite encontrar as elasticidades (variância) dos impactos para n períodos à frente, sendo possível: 1) avaliar como as variáveis se comportam em resposta às inovações individuais em quaisquer dos componentes do sistema; 2) decompor a variância dos erros de previsão para n períodos à frente, o que permite analisar a importância relativa de cada “surpresa” (ou inovações) passada na explicação dos desvios dos valores observados das variáveis em relação à sua previsão no início do período.

Para Sims (1980), tratar cada variável simetricamente é a primeira etapa para os estudos de modelos multivariados. Utilizando um exemplo com duas variáveis, em que a sequência $\{Y_t\}$ é afetada pelo seu passado e pela sequência $\{Z_t\}$ e vice-versa, pode-se escrever as equações primitivas da forma a seguir:

$$Y_t = b_{10} - b_{12} Z_t + \gamma_{11} Y_{t-1} + \gamma_{12} Z_{t-1} + \epsilon_{y,t}$$

$$Z_t = b_{20} - b_{21} Y_t + \gamma_{21} Y_{t-1} + \gamma_{22} Z_{t-1} + \epsilon_{z,t}$$

Essa equação não poderá ser estimada diretamente devido a pressupostos estatísticos, ou seja, a forma primitiva não pode ser estimada devido à violação de pressupostos, que torna os parâmetros não confiáveis. Dessa forma, estima-se a forma reduzida com a restrição de se recuperar a forma primitiva.

Para que o sistema primitivo seja identificável existe uma alternativa que é a imposição de restrições sobre os coeficientes, por exemplo, considerar b_{21} igual a zero. Fazendo isso se tem:

$$Y_t = b_{10} - b_{12} Z_t + \gamma_{11} Y_{t-1} + \gamma_{12} Z_{t-1} + \epsilon_{y,t}$$

$$Z_t = b_{20} - 0 + \gamma_{21} Y_{t-1} + \gamma_{22} Z_{t-1} + \epsilon_{z,t}$$

essa restrição implica que y_t não tem um efeito contemporâneo sobre z_t , e assim, ambos os choques ϵ_{yt} e ϵ_{zt} afetam o valor de z_t .

O sistema primitivo pode ser estimável pelos mínimos quadrados sem incorrer em violação de pressupostos apresentando uma forma reduzida. Efetuando algumas operações algébricas chega-se a um vetor autoregressivo chamado de forma padrão da estrutura de sistemas VAR matricial:

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + \epsilon_t$$

Multiplicando todo o sistema por uma matriz inversa de B , tem-se:

$$B^{-1}Bx_t = B^{-1}\Gamma_0 + B^{-1}\Gamma_1 x_{t-1} + B^{-1}\epsilon_t$$

Os termos de erros são compostos pelas inovações (ϵ_{yt} e ϵ_{zt}), ou seja, considerando uma autoregressão de um período, tem-se:

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + e_t$$

A expressão acima pode representar as variáveis y_t e x_t em termos de valores presentes, passado e do termo de erros.

Quando um choque sofrido em uma série estabelece um efeito permanente na série, ou seja, as flutuações não seriam transitórias, significa que essa série apresenta raiz unitária. Para verificar a existência de raiz unitária em uma série são utilizados alguns procedimentos que vão

desde o teste visual, pelos correlogramas, até testes mais rigorosos como o de Dickey-Fuller (ADF), conforme apresentado em Dickey e Fuller (1981) e o teste de Phillips-Perron (PP). Segundo Bueno (2018), o teste de Phillips-Perron faz uma correção não paramétrica ao teste de Dickey e Fuller, o que garante a consistência deste mesmo havendo variáveis dependentes e correlação serial de erros.

Após identificar o sistema de equações e fazer o teste da raiz unitária, são apresentadas os testes de causalidade de Granger, as decomposições das variâncias dos resíduos, e as funções impulso-resposta, que são instrumentos essenciais para que se possam analisar as inter-relações dinâmicas entre as variáveis na metodologia VAR.

A principal questão da metodologia é saber quantas variáveis serão incluídas no sistema e qual o número de defasagem a ser usadas no modelo de vetores autoregressivos. Para se determinar o conjunto de variáveis que serão incluídas no sistema é importante que se determine o número de períodos defasados em sua memória autoregressiva.

O teste de defasagens tem sua estatística baseada no teste de máxima verossimilhança e é feito utilizando a distribuição χ^2 dos resíduos. Esta estatística tem distribuição assintótica com grau de liberdade igual ao número de restrições no sistema.

3.4 RESULTADOS

O primeiro passo utilizado para estimar o modelo empírico foi testar se as séries do PIB *per capita* (LPIB) e dos gastos com infraestrutura de transportes (LTRANSP), energia (LENERG) e comunicação (LCOM), já em seus respectivos formatos logarítmicos, são estacionárias. Para tanto, foram realizados os testes formais de raiz unitária dessas séries estudadas para as regiões Nordeste e Sul. Ou seja, foram estimados os testes Dickey-Fuller Aumentado (ADF) e Phillips Perron (PP) para as séries com intercepto; com intercepto e tendência; e, sem intercepto e sem tendência, como apresentado nas Tabelas 20 e 21, respectivamente.

Foi detectada a presença de raiz unitária em todas as séries de gastos com infraestrutura e do PIB *per capita* tanto no teste ADF quanto no teste PP a 5% de significância. No entanto, quando submetidas ao teste em primeira diferença, ou seja, todas as séries integradas de ordem um - I(1), com exceção da série de gastos com infraestrutura de comunicação na região Sul, tornou-se estacionárias, rejeitando a hipótese nula da presença de raiz unitária a 5% de significância. Mesmo em segunda diferença a série de infraestrutura de comunicação da região Sul não se tornou estacionária e, portanto, optou-se por não utilizá-la na estimação.

Tabela 20 – Teste de Raiz Unitária ADF, em nível e em 1ª diferença das variáveis estudadas

		TESTE ADF					
Região	Variáveis	T_C	V. Crít. (5%)	T_{CT}	V. Crít. (5%)	T	V. Crít. (5%)
Nordeste	LPIB	-4,805433* (0,0009)	-2,998064	-27,47011* (0,0000)	-3,632896	0,288164 (0,7620)	-1,953858
	LTRANSP	-0,875886 (0,7814)	-2,967767	-2,217314 (0,4630)	-3,574244	0,703249 (0,8617)	-1,952910
	LENERG	-1,317012 (0,6079)	-2,967767	-2,009384 (0,5720)	-3,574244	0,256211 (0,7535)	-1,952910
	LCOM	-0,827130 (0,7962)	-2,967767	-2,134000 (0,5064)	-3,574244	0,744889 (0,8698)	-1,952910
	$\Delta(LPIB)$	-21,59983 (0,0000)	3,012363	-15,54880 (0,0000)	-3,644963	-3,621625 (0,0009)	-1,957204
	$\Delta(LTRANSP)$	-5,065737* (0,0003)	-2,971853	-4,959842* (0,0023)	-3,580623	-4,99854* (0,0000)	-1,953381
	$\Delta(LENERG)$	-5,951591* (0,0000)	-2,971853	-5,838410* (0,0003)	-3,580623	-5,998065* (0,0000)	-1,953381
	$\Delta(LCOM)$	-4,809134* (0,0006)	-2,971853	-4,710499* (0,0041)	-3,580623	-4,727406* (0,0000)	-1,953381
Sul	LPIB	-0,493066 (0,8742)	-3,012363	-29,8889* (0,0000)	-3,658446	1,091323 (0,9224)	-1,958088
	LTRANSP	-1,523430 (0,5025)	-3,012363	-1,764857 (0,6851)	-3,644963	0,0668676 (0,8525)	-1,958088
	LENERG	-2,499250 (0,1297)	-3,012363	-3,237014 (0,1043)	-3,644963	0,189462 (0,7301)	-1,960171
	LCOM	-1,670540 (0,3966)	-3,519595	-1,243098 (0,7987)	-4,773194	0,491269 (0,7932)	-2,006292
	$\Delta(LPIB)$	-16,69949* (0,0000)	-3,029970	-13,28704* (0,0000)	-3,673616	-0,889259 (0,3172)	-1,961409
	$\Delta(LTRANSP)$	-4,798918* (0,0012)	-3,020686	-4,297015* (0,0190)	-3,733200	-4,707395* (0,0001)	-1,959071
	$\Delta(LENERG)$	-4,944922* (0,0010)	-3,029970	-2,756341 (0,2294)	-3,710482	-5,044966* (0,0000)	-1,960171
	$\Delta(LCOM)$	-1,034589 (0,6618)	-3,519595	-1,786796 (0,6187)	-5,338346	-1,245876 (0,1740)	-2,021193

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

Nota1: As estatísticas T_C , T_{CT} e T são referentes aos testes com constante, com constante e tendência, e, sem constante e sem tendência. O p-valor correspondente encontra-se nos parênteses.

Nota2: (Δ) indica a primeira diferença das variáveis e o (*) a rejeição da hipótese nula (de que a série possui raiz unitária) ao nível de 5% de significância.

Tabela 21 – Teste de Raiz Unitária PP, em nível e em 1ª diferença das variáveis estudadas

TESTE PP							
Região	Variáveis	T_C	V. Crít. (5%)	T_{CT}	V. Crít. (5%)	T	V. Crít. (5%)
Nordeste	LPIB	-4,547821* (0,0011)	-2,967767	-2,47095 (0,3544)	-3,574244	0,896977 (0,8964)	-1,952910
	LTRANSP	-0,896790 (0,7748)	-2,967767	-2,297732 (0,4219)	-3,574244	0,703249 (0,8617)	-1,952910
	LENERG	-1,288237 (0,6212)	-2,967767	-2,076501 (0,5367)	-3,574244	0,314241 (0,7697)	-1,952910
	LCOM	-0,827130 (0,7962)	-2,967767	-2,134000 (0,5064)	-3,574244	0,707933 (0,8626)	-1,952910
	$\Delta(LPIB)$	-1,621039 (0,4590)	-2,971853	-2,610148 (0,2788)	-3,580623	-1,37960 (0,1633)	1,953381
	$\Delta(LTRANSP)$	-5,064941* (0,0003)	-2,971853	-4,958687* (0,0023)	-3,580623	-4,998463* (0,0000)	-1,953381
	$\Delta(LENERG)$	-5,948987* (0,0000)	-2,971853	-5,836521* (0,0003)	-3,580623	-5,994505* (0,0000)	-1,953381
	$\Delta(LCOM)$	-4,796816* (0,0006)	-2,971853	-4,694757* (0,0042)	-3,580623	-4,727406* (0,0000)	-1,953381
Sul	LPIB	-0,141511 (0,9322)	-3,012363	-3,069502 (0,1385)	-3,644963	1,622897 (0,9700)	-1,958088
	LTRANSP	-1,499590 (0,5142)	-3,012363	-1,780995 (0,6774)	-3,644963	0,733559 (0,8654)	-1,958088
	LENERG	-2,446062 (0,1421)	-3,012363	-3,243940 (0,1031)	-3,644963	-0,183963 (0,6079)	-1,958088
	LCOM	-1,230010 (0,5954)	-3,403313	-0,854070 (0,8892)	-4,450425	0,491269 (0,7932)	-2,006292
	$\Delta(LPIB)$	-6,366197* (0,0000)	-3,020686	-7,188712* (0,0001)	-3,658446	-6,103033* (0,0000)	-1,959071
	$\Delta(LTRANSP)$	-4,800312* (0,0012)	-3,020686	-4,792744* (0,0056)	-3,658446	-4,707395* (0,0001)	-1,959071
	$\Delta(LENERG)$	-8,073815* (0,0000)	-3,020686	-8,828435* (0,0000)	-3,658446	-8,090864* (0,0000)	-1,959071
	$\Delta(LCOM)$	-1,0334580 (0,6618)	-3,519595	-1,018029 (0,8475)	-4,773194	-1,245876 (0,1740)	-2,021193

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

Nota1: As estatísticas T_C , T_{CT} e T são referentes aos testes com constante, com constante e tendência, e, sem constante e sem tendência. O p-valor correspondente encontra-se nos parênteses.

Nota2: (Δ) indica a primeira diferença das variáveis e o (*) a rejeição da hipótese nula (de que a série possui raiz unitária) ao nível de 5% de significância.

Buscou-se por meio dos critérios de informação selecionar a ordem de defasagem ótima a ser incluída no modelo VAR, definida conforme destacada na Tabela 22. Para os dados da região Nordeste, todos os critérios apontam para a utilização de 1 defasagem, no entanto, para os dados da região Sul dois critérios indicaram o uso de 1 defasagem e dois critérios sugeriram o uso de 4 defasagens. Dessa forma, pelo critério da parcimônia optou-se pela utilização de 1 defasagem.

Tabela 22 – Critérios de Seleção do número de defasagem ótima para o modelo VAR

Região	Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SBC	HQ
Nordeste	0	-136,9868	NA	0,930164	11,27894	11,47396	11,33303
	1	-93,62086	69,38549*	0,106461*	9,089669*	10,06477*	9,360120*
	2	-85,31812	10,62750	0,220696	9,705450	11,46063	10,19226
	3	-73,75062	11,10481	0,431391	10,06005	12,59531	10,76322
	4	-46,77231	17,26612	0,376510	9,181785	12,49713	10,10132
Sul	0	-138,5993	NA	16,68380	11,32794	11,47421*	11,36851
	1	-125,9286	21,28670	12,54068*	11,03429	11,61935	11,19656*
	2	-119,6688	9,014110	16,21548	11,25350	12,27736	11,53748
	3	-117,6614	2,408847	31,22370	11,81292	13,27557	12,21859
	4	-98,73635	18,16809*	17,17260	11,01891*	12,92035	11,54629

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

Nota: * indica o número de defasagem ótima.

Atestando a decisão adotada a partir da Tabela 22, pode-se constatar com o critério dos Multiplicadores de Lagrange (Teste LM) que o modelo com uma defasagem para ambas as regiões é adequado, uma vez que, a hipótese de resíduos autocorrelacionados foi rejeitada (Tabela 23).

Tabela 23 – Teste de autocorrelações dos resíduos

Regiões	Teste	Defasagens	Estatística	Significância
Nordeste	LM	1	13,11063	0,6647
Sul		1	12,68192	0,1775

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

O método de Johansen foi adotado para testar as relações de longo prazo entre as variáveis, assim, por meio dos testes de cointegração de Joansen, conforme exposto na Tabela 24, foi rejeitada a hipótese nula (de que não existe relação de cointegração), com 5% de significância pela estatística do traço. Ou seja, de acordo com essa estatística, tem-se que o valor calculado foi superior ao valor crítico e, dessa forma, que a hipótese nula ($r=0$) foi rejeitada a 5% de significância.

Nesse sentido, pode-se constatar com os resultados apresentados, que existe um vetor de cointegração, tanto nos dados estimados para a região Nordeste quanto para a região Sul, implicando em uma relação de logo prazo entre as variáveis em questão. Portanto, o Modelo Vetorial de Correção de Erro (VEC) deve ser incorporado ao modelo VAR.

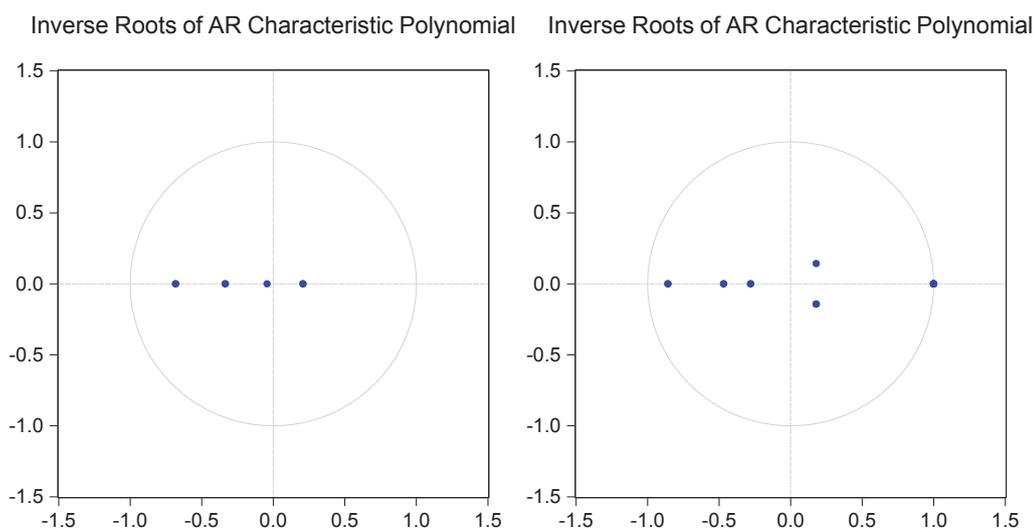
Tabela 24 – Teste de cointegração de Johansen: estatística do traço

Região	H ₀	H ₁	Autovalor	Estatística de teste	Valor crítico (5%)	Valor-p
Nordeste	r = 0	r > 0	0,990274	133,2077	47,85613	0,0000
	r ≤ 1	r > 1	0,720099	45,18085	29,79707	0,0004
	r ≥ 2	r > 2	0,455502	20,98779	15,49471	0,0067
Sul	r = 0	r > 0	0,955810	91,70213	29,79707	0,0000
	r ≤ 1	r > 1	0,712812	32,43639	15,49471	0,0001
	r ≥ 2	r > 2	0,368438	8,731623	3,841466	0,0031

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

Para assegurar a estabilidade do modelo VAR/VEC, todas as raízes características do polinômio devem estar dentro do círculo unitário, ou seja, devem apresentar raízes menores, em módulo, que a unidade. Dessa maneira, como é possível verificar nas **Figuras 17 e 18**, apresentados para as regiões Nordeste e Sul, respectivamente, é possível atestar que não existirá a possibilidade de ocorrência de trajetórias explosivas, uma vez que, o VAR e o VEC satisfazem essa condição.

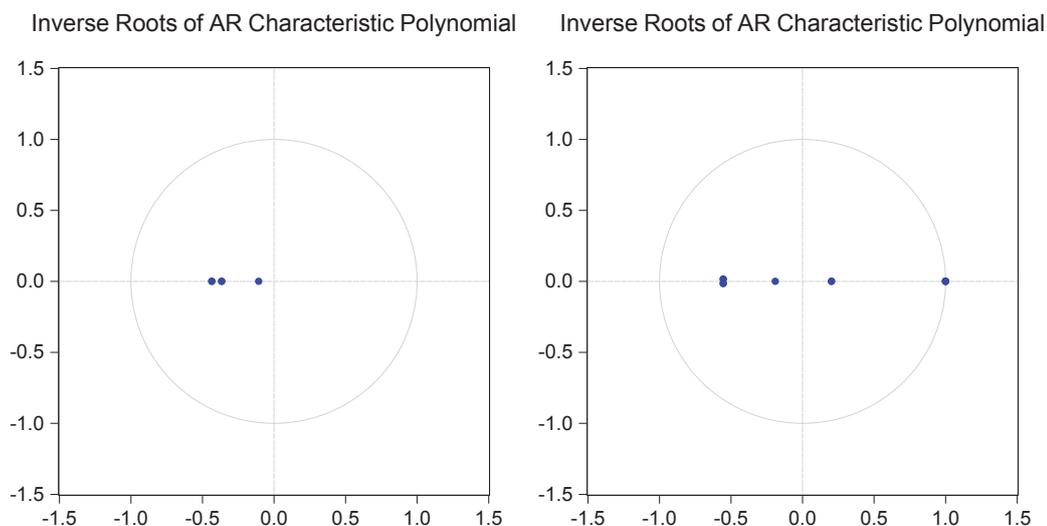
Figura 17 – Teste de estabilidade dos modelos VAR e VEC - Nordeste



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

As estimativas dos coeficientes do modelo VEC estão expostos na Tabela 25, e segundo Enders (2004), devido à normalização no vetor de cointegração, elas devem ser analisadas com o sinal inverso. Assim, o modelo foi estimado para a região Nordeste e Sul, respectivamente, de forma a considerar a variável PIB *per capita* como endógena e as variáveis de gastos com infraestrutura como exógenas. Na região Nordeste, as estimativas de longo prazo para os gastos com infraestrutura evidenciam que, a cada 1% de variação no gasto com transporte, pode-se esperar uma variação de aproximadamente 0,07% no PIB *per capita*. Já em relação à variação do gasto com energia, espera-se uma variação de 0,01% do PIB *per capita* para cada variação de 1% neste investimento em infraestrutura. Ou seja, com as estimativas apresentadas, é esperado

Figura 18 – Teste de estabilidade do modelo VEC – Sul



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

que o aumento com os gastos em infraestrutura de transporte e energia podem aumentar o PIB *per capita* da região Nordeste, embora menos que proporcional ao aumento dos gastos.

Para a região Sul, as estatísticas apontaram um menor impacto dos gastos com infraestrutura de transporte e energia sobre o PIB *per capita*, sendo o aumento em 1% dos gastos em energia responsável pelo aumento de apenas 0,007% no PIB *per capita* e a variação do gasto em transporte responsável pela variação de, aproximadamente, 0,005%. Destacando que este último sinalizou efeito contrário ao esperado, ou seja, o sinal positivo do coeficiente evidencia que o aumento no gasto com transporte provoca uma redução no PIB *per capita*, o que não vai de encontro com a literatura apresentada. No entanto, a estatística não apresentou-se significativa.

Tabela 25 – Estimativa do modelo vetorial de correção de erro (VEC)

		Vetor de integração			
	Variáveis	$\Delta(LPIB)$	$\Delta(LTRANSP)$	$\Delta(LENERG)$	$\Delta(LCOM)$
Nordeste	Coefficientes	1,000000	-0,072528	-0,014941	0,068762
	Desvio Padrão		(0,01443)	(0,01517)	(0,01517)
	[t-Student]		[-5,02771]	[-0,98516]	[5,19840]
Sul	Variáveis	$\Delta(LPIB)$	$\Delta(LTRANSP)$	$\Delta(LENERG)$	$\Delta(LCOM)$
	Coefficientes	1,000000	0,004723	-0,007026	-
	Desvio Padrão		(0,00906)	(0,00582)	-
	[t-Student]		[0,52154]	[-1,20787]	-

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

Para avaliar a variação que ocorre no PIB *per capita* quando as outras variáveis também variam, foi feita a decomposição da variância do erro de previsão como pode ser observada na Tabela 26.

Na região Nordeste, de acordo com os dados da Tabela 26, a variância do erro de previsão com a variável PIB *per capita* endógena foi, no primeiro momento, fortemente explicada por ela

própria (92%), sendo apenas 7% atribuídos a choques diluídos entre as variâncias dos gastos em transporte, energia e comunicação. No entanto, ao longo do período, a variância do erro da previsão do PIB *per capita* da região Nordeste, passou a ser fortemente explicada pelos gastos com infraestrutura em questão. Ou seja, após um ano (12 meses à frente), o PIB *per capita* apresenta poder de explicar apenas 68% da variância do erro de previsão, enquanto os gastos em infraestrutura de transporte explicam 11%, de energia 1,4% e de comunicação 18%.

Analisando os resultados da variância do erro de previsão com a mesma variável endógena para a região Sul, inicialmente, a variância foi quase que totalmente explicada pelos seus próprios valores (98%). Mas, ao longo dos meses, a sua importância relativa decresce, e a importância dos gastos com energia e transporte se elevam, sendo que em 12 meses à frente, os gastos com energia passa a explicar 75% da variância do erro de previsão do PIB *per capita*.

Tabela 26 – Decomposição da variância – PIB *per capita*

Região	Período	Erro-padrão	$\Delta(LPIB)$	$\Delta(LTRANSP)$	$\Delta(LENERG)$	$\Delta(LCOM)$
Nordeste	1	0,031816	100,0000	0,000000	0,000000	0,000000
	2	0,037809	92,54708	0,009810	1,304849	6,138262
	3	0,062627	72,30440	14,55991	1,430984	11,70471
	4	0,077165	71,72985	11,85567	1,272293	15,14219
	5	0,091328	69,94535	12,43579	1,430169	16,18869
	6	0,102883	69,65743	11,90693	1,377199	17,05844
	7	0,113479	69,18329	11,86644	1,440409	17,50786
	8	0,123106	68,99064	11,73007	1,411802	17,86750
	9	0,132023	68,77942	11,66147	1,444227	18,11487
	10	0,140406	68,65672	11,60428	1,427978	18,31203
	11	0,148279	68,53398	11,55346	1,446542	18,46602
	12	0,155789	68,45111	11,52032	1,436976	18,59159
Sul	1	0,036990	100,0000	0,000000	0,000000	-
	2	0,037236	98,71170	0,001907	1,286394	-
	3	0,046911	62,25569	1,231852	36,51246	-
	4	0,049426	56,07997	1,257892	42,66213	-
	5	0,054831	45,56979	1,594031	52,83618	-
	6	0,058115	40,56514	1,647397	57,78746	-
	7	0,062057	35,57546	1,784221	62,64032	-
	8	0,065320	32,11049	1,837344	66,05216	-
	9	0,068658	29,06473	1,910198	69,02507	-
	10	0,071719	26,63709	1,953965	71,40894	-
	11	0,074718	24,54163	2,000051	73,45832	-
	12	0,077568	22,77178	2,034338	75,19388	-

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

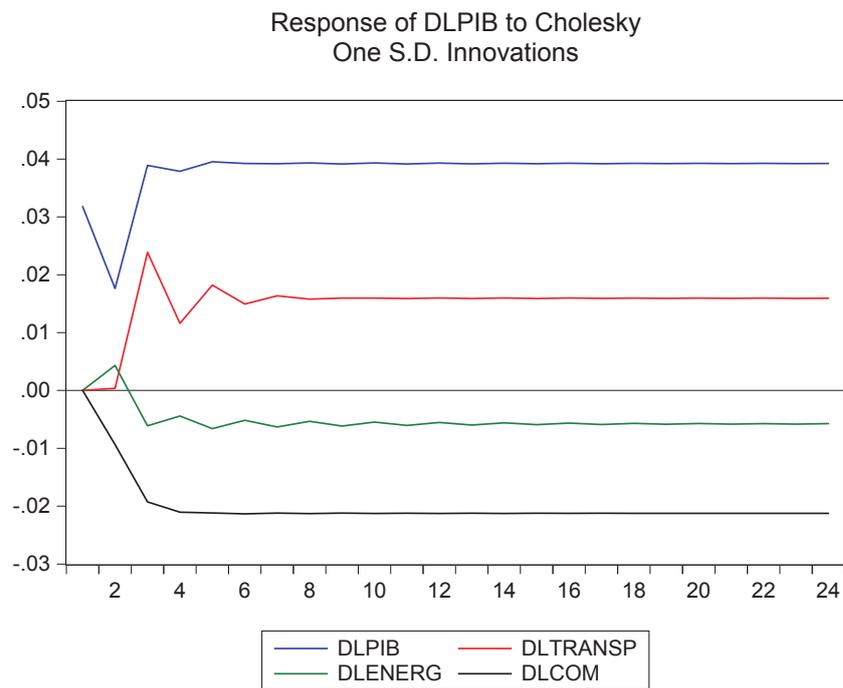
A função impulso resposta pode sinalizar o efeito do choque exógeno de uma perturbação inesperada tanto sobre os valores presentes quanto passados das variáveis endógenas. Dessa forma, por meio das **Figuras 19 e 20**, é possível observar o efeito de um choque inesperado nos gastos em infraestrutura estudados para cada Região sobre o PIB *per capita* destas.

Na **Figura 19**, percebe-se que um choque inesperado nos gastos com transporte, e comunicação exercem efeito maior sobre o PIB *per capita* do que o gasto com energia, conforme visto na decomposição da variância dos erros de previsão já analisada na Tabela 26. Destacando

que nesse caso, os gastos em transporte apresentaram efeito positivo sobre o PIB *per capita* do Nordeste.

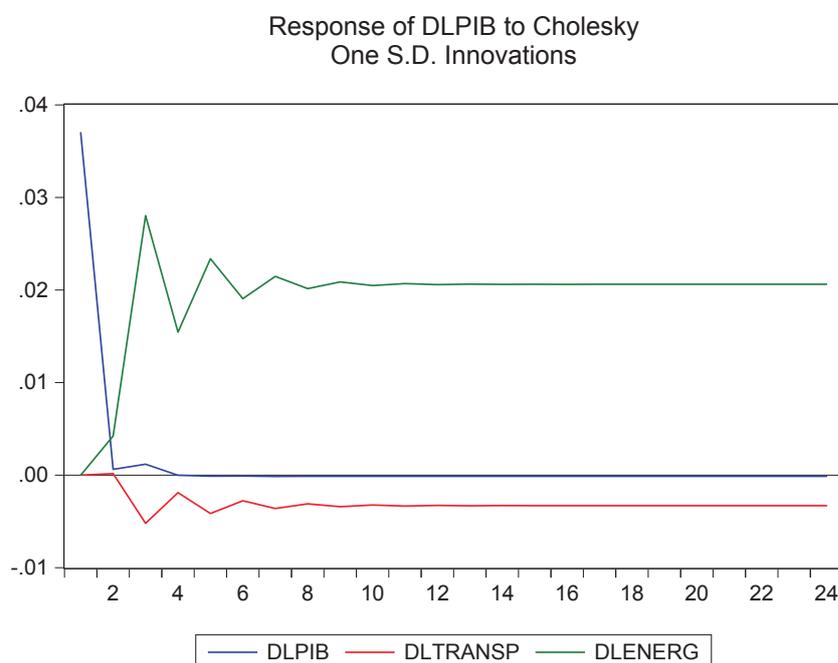
No entanto, como pode ser observado na **Figura 20**, para a região Sul, a variável gasto com energia exerce efeito significativo sobre o PIB *per capita* enquanto o efeito do gasto com transporte é pouco significativo.

Figura 19 – Resposta da variável endógena aos choques nos gastos públicos em infraestrutura de transporte, energia e comunicação da região Nordeste



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

Figura 20 – Resposta da variável endógena aos choques nos gastos públicos em infraestrutura de transporte e energia da região Sul



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a revisão de uma variedade de trabalhos empíricos apresentada, juntamente com o embasamento teórico respaldado na Nova Geografia Econômica, pode-se reconhecer que existem fortes indícios de que uma economia com melhor provisão de infraestrutura consegue elevar sua produtividade total dos fatores e, conseqüentemente, afetar o seu crescimento.

No âmbito da infraestrutura de transportes, quando se têm estradas bem pavimentadas, essa relação fica mais clara ao verificar uma maior durabilidade dos veículos, com a redução da operação e da manutenção de caminhões, implicando, ainda, na redução do tempo de transporte dos insumos e produtos, além do valor do frete. Portanto, não se pode negligenciar a importância dos fatores internos, como o investimento em infraestrutura, para o maior dinamismo e desenvolvimento de um país ou região, uma vez que o mesmo exerce influência fundamental no processo produtivo dessas localidades.

A análise empírica desenvolvida neste trabalho buscou encontrar o grau de relação entre as variáveis estudadas, ou seja, entre o PIB *per capita* e os gastos com infraestrutura de transporte, energia e comunicação (por meio da decomposição da variância e função impulso resposta). Os resultados relativos aos impactos do investimento público em infraestrutura especificamente sobre a riqueza das regiões Sul e Nordeste do Brasil, foram distintos, sendo que para a região Nordeste, o gasto com infraestrutura de transporte apresentou maior explicação sobre o PIB *per*

capita, ao passo que, na região Sul a maior explicação do PIB *per capita* foi dada pelo gasto com energia.

Além disso, os gastos com transporte e energia exerceram maior impacto sobre no PIB *per capita* da região Nordeste do que na região Sul. Esse fato pode ter ocorrido porque os gastos públicos em infraestrutura de transporte podem ser mais produtivos no Nordeste, que é uma região relativamente menos desenvolvida do que a região Sul, conforme sugerido no trabalho de Bertussi e Ellery Jr (2012).

Conclui-se ainda que o investimento em infraestrutura de transporte e energia têm importância significativa para o crescimento econômico do Nordeste. Ou seja, a elasticidade do investimento público em infraestrutura de transporte em relação ao PIB *per capita* é de 0,07 e a elasticidade do investimento público em energia de 0,01. Especificamente para os gastos em infraestrutura de transporte, constata-se que o valor da elasticidade encontrada para a região Nordeste, neste ensaio, em relação ao PIB *per capita* é semelhante ao valor da elasticidade encontrada no trabalho de Neto, Conceição e Romminger (2015) em relação ao PIB do Brasil. Enquanto os autores concluíram que a elasticidade do investimento público em infraestrutura de transporte no Brasil em relação ao PIB é de 0,012, ou seja, cada incremento de 1% no investimento em transporte implica em um aumento de 0,012% no PIB, tem-se neste ensaio que cada aumento de 1% no investimento em transporte tem-se um aumento de 0,07% no PIB *per capita* da região Nordeste .

O trabalho pode servir para melhor orientar as estratégias políticas direcionadas para as regiões Sul e Nordeste do país, no entanto, sugere-se avaliar se a variável quilômetros de rodovias pavimentadas, disponível no Anuário CNT de Transportes, seria uma melhor *proxy* para o estoque de dotação de infraestrutura de transportes das regiões estudadas, além da manutenção destas. Essa sugestão se torna razoável, uma vez que, os projetos voltados para a infraestrutura de transporte nem sempre são concretizados no período previsto e muitas obras são até mesmo abandonadas.

REFERÊNCIAS

- ABREU PESSÔA, Samuel de. Existe um problema de desigualdade regional no Brasil? **Revista Econômica do Nordeste**, v. 28, n. 4, 1997.
- ALMEIDA, Rubiane Daniele Cardoso de; MOREIRA, Tito Belchior da Silva. Convergência de renda entre os estados brasileiros: uma análise em painel dinâmico. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2019.
- ARAÚJO, Maria da Piedade. **Infraestrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional**. 2006. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ASCHAUER, David Alan. Is public expenditure productive? **Journal of monetary economics**, Netherlands, v. 23, n. 2, p. 177–200, 1989.
- BANISTER, David; BERECHMAN, Yossi. Transport investment and the promotion of economic growth. **Journal of transport geography**, Elsevier, v. 9, n. 3, p. 209–218, 2001.
- BARRO, Robert; SALA-I-MARTIN, Xavier. Convergence. **Journal of political Economy**, The University of Chicago Press, v. 100, n. 2, p. 223–251, 1992.
- BARRO, Robert J. Economic growth in a cross section of countries. **The quarterly journal of economics**, MIT Press, v. 106, n. 2, p. 407–443, 1991.
- BAUMOL, William J. Productivity growth, convergence, and welfare: what the long-run data show. **The american economic review**, JSTOR, p. 1072–1085, 1986.
- BERTUSSI, Geovana Lorena; ELLERY JR, Roberto. Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. **Journal of Transport Literature**, SciELO Brasil, v. 6, p. 101–132, 2012.
- BOGONI, Nadia Mar; NELSON, Hein; BEUREN, Ilse Maria. Análise da relação entre crescimento econômico e gastos públicos nas maiores cidades da região Sul do Brasil. **Revista de administração pública**, SciELO Brasil, v. 45, p. 159–179, 2011.
- BRASIL. MININFRA – MINISTÉRIO DE INFRAESTRUTURA. **Mapa - Evolução rodovia e ferrovia do Brasil**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/map-rodo-evolucao-pdf>. Acesso em: 11 jul. 2020.
- BUENO, Rodrigo de Losso da Silveira. *Econometria de séries temporais*, 2018.
- CAMPOS, Rodrigo Calabrich; HADDAD, Eduardo Amaral. Avaliação dos impactos espaciais do sistema viário Oeste–Bahia: uma abordagem a partir da modelagem de equilíbrio geral computável. **Revista Brasileira de Economia de Empresas**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 25–47, 2016.

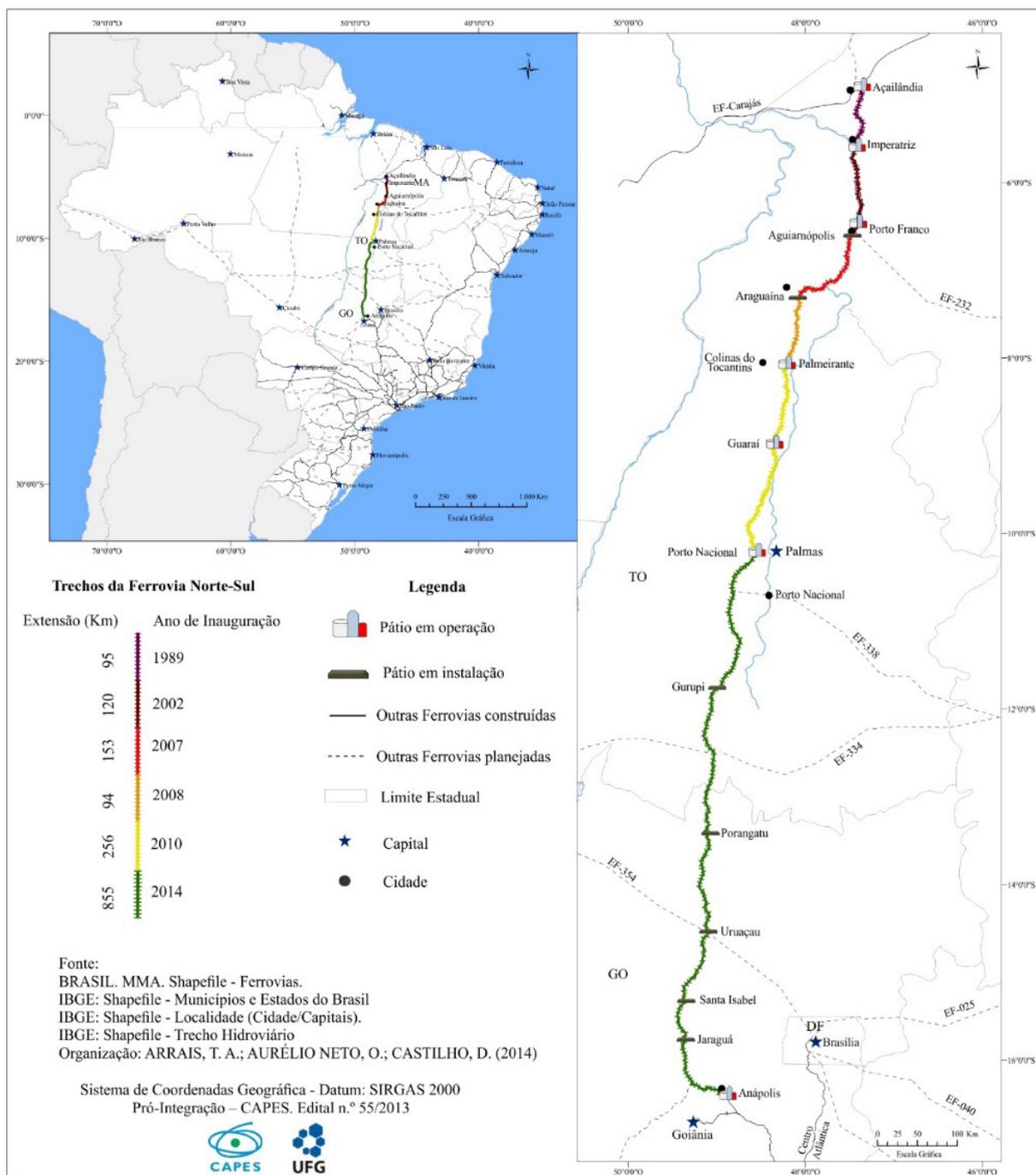
- CÂNDIDO JR. Os gastos públicos no Brasil são produtivos? IPEA. **Texto para discussão**, n. 781, 2001.
- CASTILHO, Denis; ARRAIS, Tadeu Alencar. A Ferrovia Norte-Sul e a economia regional do centro-norte do Brasil. **Sociedade & Natureza**, SciELO Brasil, v. 29, n. 2, p. 209–228, 2017.
- DICKEY, David A; FULLER, Wayne A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica: journal of the Econometric Society**, JSTOR, p. 1057–1072, 1981.
- DOMINGUES, Edson Paulo; MAGALHÃES, Aline Souza; FARIA, Weslem Rodrigues. Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 121–158, 2009.
- FAGEDA, Xavier; OLIVIERI, Cecilia. Transport infrastructure and regional convergence: A spatial panel data approach. **Papers in regional science**, Wiley Online Library, v. 98, n. 4, p. 1609–1631, 2019.
- FERREIRA, Pedro Cavalcanti; MALLIAGROS, Thomas G. Impactos produtivos da infra-estrutura no Brasil-1950/95. **Pesquisa e planejamento econômico**, Ipea, v. 28, n. 2, p. 315–338, 1998.
- FUJITA, Masahisa; KRUGMAN, Paul. The new economic geography: Past, present and the future. In: **FIFTY years of regional science**. Berlin: Springer, 2004. P. 139–164.
- FUJITA, Masahisa; KRUGMAN, Paul R; VENABLES, Anthony. **The spatial economy: Cities, regions, and international trade**. Cambridge: MIT press, 1999.
- FUJITA, Masahisa; THISSE, Jacques François. **Economics of agglomeration: Cities, industrial location, and regional growth**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- GALVÃO, Olímpio J de Arroxelas. Desenvolvimento dos transportes e integração regional no Brasil—Uma perspectiva histórica. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 13, 1996.
- GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Instituto Brasileiro de. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. IBGE Rio de Janeiro, 2017.
- GLAESER, Edward L; KOHLHASE, Janet E. **Cities, regions and the decline of transport costs**. Springer, 2004.
- HIRSCHMAN, Albert Olist. **Estratégia do desenvolvimento econômico**. Fundo de Cultura, 1961.
- HORTA, Guilherme Tinoco de Lima; GIAMBIAGI, Fabio. **Perspectivas DEPEC 2018: o crescimento da economia brasileira 2018-2023**. Brasília, DF: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018. P. 61.
- IBGE. Sistema de contas regionais: Brasil 2016. **Contas Nac**, v. 64, 2018.

- IPEADATA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. **Dados macroeconômicos e regionais**. 2022. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 2022.
- KRUGMAN, Paul. **Geography and trade**. MIT press, 1992.
- MANKIW, N Gregory; ROMER, David; WEIL, David N. A contribution to the empirics of economic growth. **The quarterly journal of economics**, MIT Press, v. 107, n. 2, p. 407–437, 1992.
- MUNDIAL, Banco. Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial 2009—a geografia econômica em transformação: visão geral. **Washington, DC: Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento**, 2008.
- NETO, Carlos Alvares da Silva Campos; CONCEIÇÃO, Júnia Cristina Peres R da; ROMMINGER, Alfredo Eric. Impacto da Infraestrutura de Transportes sobre o Desenvolvimento e a Produtividade no Brasil. **Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes**. Orgs: **Fernanda De Negri, Luiz Ricardo Cavalcante**. Brasília, **ABDI, IPEA**, 2015.
- OLIVEIRA, Cristiano Aguiar de. Crescimento econômico das cidades nordestinas: um enfoque da nova geografia econômica. **Revista econômica do Nordeste**, v. 35, n. 3, p. 339–355, 2004.
- PEROBELLI, Fernando Salgueiro; HADDAD, Eduardo Amaral. Padrões de comércio interestadual no Brasil, 1985 e 1997. **Revista de Economia Contemporânea**, SciELO Brasil, v. 10, p. 61–88, 2006.
- PIRES, Murilo José de Sousa; CAMPOS, Flávia Rezende. **Contribuições das ferrovias Norte-Sul e Centro-Atlântica na expansão do vetor externo da economia do Centro-Oeste: Texto para discussão**, No.2513. Rio de Janeiro, RJ: IPEA, 2019. P. 42.
- PUGA, Diego. The rise and fall of regional inequalities. **European economic review**, Elsevier, v. 43, n. 2, p. 303–334, 1999.
- RIGOLON, Francisco José Zagari; PICCININI, Mauricio Serrão. **O investimento em infra-estrutura e a retomada do crescimento econômico sustentado**. 1997.
- RIVES, Janet M; HEANEY, Michael T. Infrastructure and local economic development. **Journal of Regional Analysis and Policy**, v. 25, n. 1100-2016-90064, p. 58–73, 1995.
- ROCHA, Fabiana; GIUBERTI, Ana Carolina. Composição do gasto público e crescimento econômico: uma avaliação macroeconômica da qualidade dos gastos dos Estados brasileiros. **Economia Aplicada**, SciELO Brasil, v. 11, p. 463–485, 2007.
- SACHS, Jeffrey D; WARNER, Andrew M. The big push, natural resource booms and growth. **Journal of development economics**, Elsevier, v. 59, n. 1, p. 43–76, 1999.
- SALA-I-MARTIN, Xavier. The classical approach to convergence analysis. **The economic journal**, Oxford University Press Oxford, UK, v. 106, n. 437, p. 1019–1036, 1996.

- SILVA, Guilherme Jonas Costa da; MARTINS, Humberto Eduardo de Paula; NEDER, Henrique Dantas. Investimentos em infraestrutura de transportes e desigualdades regionais no Brasil: uma análise dos impactos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). **Brazilian Journal of Political Economy**, SciELO Brasil, v. 36, p. 840–863, 2016.
- SIMS, Christopher A. Macroeconomics and reality. **Econometrica: journal of the Econometric Society**, JSTOR, p. 1–48, 1980.
- SOLOW, Robert M. A contribution to the theory of economic growth. **The quarterly journal of economics**, United States, v. 70, n. 1, p. 65–94, 1956.
- SOUZA, Carla Cristina Aguiar de. **A Nova Geografia Econômica: três ensaios para o Brasil**. 2007. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- TEXEIRA, Keuler Hissa *et al.* Os instrumentos de políticas públicas estaduais importam na dinâmica do crescimento econômico e concentração industrial? Evidências para o Brasil. In: 17º Workshop da APDR. 2013. P. 68–81.
- TOYOSHIMA, Silvia; FERREIRA, Marcos José. Encadeamentos do setor de transportes na economia brasileira. **Planejamento e políticas públicas**, n. 25, 2009.

ANEXO A – EVOLUÇÃO DA FNS ENTRE AÇAILÂNDIA (MA) E ANÁPOLIS (GO)
FONTE: CASTILHO E ARRAIS (2017).

Figura 21 – EVOLUÇÃO DA FNS ENTRE AÇAILÂNDIA (MA) E ANÁPOLIS (GO)



Fonte: Castilho e Arrais (2017).