

INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E IMPACTOS SOBRE GERAÇÃO DE EMPREGO FORMAL: UM ESTUDO PARA A FERROVIA NORTE SUL NO PERÍODO DE 2007 A 2019

Marianne Costa Oliveira

Doutoranda em Economia Aplicada no PPGE-UFRGS, Professora do DCEC-UDESC

Sabino da Silva Porto Junior

Doutor em Economia Aplicada pelo PPGE-UFRGS, Professor do PPGE-UFRGS.

Gibran da Silva Teixeira

Doutor em Economia Aplicada pelo PPGE-UFRGS, Professor do PPGE/FURG.

Resumo: As políticas públicas de infraestrutura de transporte foram, historicamente, muito importantes no processo de desenvolvimento econômico do Brasil, como é o caso das ferrovias, que, no início da década de 1850, apresentaram um papel estratégico na redução dos custos de transportes, aumentando consideravelmente os fluxos de bens e serviços entre os municípios brasileiros. Nessa perspectiva, após longos períodos de investimentos e rupturas no sistema ferroviário brasileiro, foi reestabelecida a construção da Ferrovia Norte Sul (FNS) e, até o ano de 2014, já apresentava um significativo trecho construído e em operação. Desse modo, o presente artigo busca entender como a ferrovia pode estar interferindo no nível de emprego formal dos municípios afetados pelo investimento. O método de inferência causal denominado controle sintético foi aplicado aos dados municipais para avaliar o impacto da FNS em onze municípios que receberam o tratamento. Os resultados apontaram que os quatro municípios que concluíram a construção dos trechos entre 2007 e 2010, ou seja, com um tempo maior de finalização, apresentaram efeitos positivos nos níveis de emprego formal, ao contrário dos municípios que tiveram os trechos entregues no ano de 2014, indicando assim, efeitos distintos que podem ser de maior dinamismo econômico sobre os municípios com maior tempo de exposição à FNS.

Palavras-chave: Transporte, Ferrovia, Emprego, controle sintético.

Abstract: Public policies on transport infrastructure have historically been very important in Brazil's economic development process, such as railroads, which, in the early 1850s, played a strategic role in reducing transport costs, considerably increasing the flows of goods and services between Brazilian municipalities. In this perspective, after long periods of investments and ruptures in the Brazilian rail system, the construction of the North South Railway (FNS) was reestablished and, by 2014, already had a significant stretch built and in operation. Thus, this article seeks to understand how the railroad may be interfering in the level of formal employment of the municipalities affected by the investment. The method of causal inference called synthetic control was applied to municipal data to evaluate the impact of FNS in eleven municipalities that received the treatment. The results showed that the four municipalities that completed the construction of the stretches between 2007 and 2010, that is, with a longer finalization time, presented positive effects on the levels of formal employment, unlike the municipalities that had the stretches delivered in 2014, thus indicating distinct effects that may be of greater economic dynamism on the municipalities with longer exposure time to the FNS.

Key words: Transport, Railway, Employment, Synthetic Control

JEL Classification: C31, H54, L92, O18

Área 3 : Economia Regional e Urbana

1. Introdução

A implantação do sistema ferroviário no território brasileiro ocorreu alternando períodos de continuidades e rupturas no atendimento das diferentes necessidades do país, relacionadas principalmente ao transporte de produtos e de pessoas. O período entre 1996 e 2007, por exemplo, foi marcado pela desestatização e recuperação do sistema ferroviário brasileiro que passou por quase trinta anos de relativa estagnação. Uma provável causa para essa inércia de investimento no setor ferroviário é a indefinição do marco regulatório de exploração das ferrovias. 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 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, 2020; PIRES e CAMPOS, 2019).

Segundo Castilho e Arrais (2017) a extensão da malha ferroviária instalada a partir da primeira metade do século XX não era 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 pode estar interferindo 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? Com a finalidade de contribuir para o entendimento desses questionamentos, sobretudo na ótica do emprego formal, o presente artigo busca avaliar o efeito da construção da ferrovia Norte Sul sobre a geração de emprego formal 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 do Goiás

Para tanto, a estratégia empírica adotada leva em consideração o uso do 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 eles caso não tivessem sido beneficiados 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.

O 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 artigo 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. Os resultados encontrados apontam que os quatro

municípios que concluíram a construção dos trechos entre 2007 e 2010, ou seja, com um tempo maior de finalização, apresentaram efeitos positivos nos níveis de emprego formal, ao contrário dos municípios que tiveram os trechos entregues no ano de 2014, indicando assim, efeitos distintos que podem ser de maior dinamismo econômico sobre os municípios com maior tempo de exposição à FNS, fortalecendo ainda mais a importância do empreendimento.

O artigo está organizado em mais cinco seções além desta introdução. A segunda traz uma breve revisão de literatura sobre o tema. A terceira discorre sobre a descrição dos dados e a estratégia metodológica adotada. A quarta analisa os resultados obtidos e, por fim, a quinta, apresenta as considerações finais do trabalho.

2. Revisão da literatura

Na busca por compreender os efeitos de determinadas intervenções em infraestrutura de transporte sobre diferentes aspectos socioeconômicos regionais, em especial de construção de ferrovias, nota-se poucos estudos que analisam e avaliam impactos de choques nesse segmento sobre os demais, tanto no cenário internacional quanto nacional.

Um dos primeiros autores a analisar esse tipo de investimento para os Estados Unidos foi Fogel (1964), que, segundo Summerhill (2018), fez um trabalho inovador 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 dos EUA em 1890.

Na mesma perspectiva, porém com pressupostos teóricos deferentes, Fishlow (1965) fez um exercício de análise contrafactual semelhante ao de Fogel (1964), ou seja, baseando-se nos modos de transportes alternativos de embarque, historicamente relevantes para os Estados Unidos e foi ainda mais pessimista, encontrando uma poupança para o 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 superior ao estimado por Fogel (1964).

Uma análise contrafactual semelhante para o Brasil foi realizada por Summershill (2018). O autor comparou uma combinação hipotética de carroça e mula como a alternativa de embarque terrestre historicamente relevante e utilizou o valor do frete de regiões cujas estradas ficaram significativamente mais trafegáveis com as melhorias obtidas 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 experimentos naturais ou quase experimentos 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.

Um dos principais trabalhos sobre o tema pode ser observado em Banerjee, Duflo e Qian (2012) que examinaram o efeito causal do acesso à malha ferroviária no desempenho econômico em diferentes regiões da China via um painel de dados e com base em variáveis instrumentais para o período 1986 a 2003. Os autores 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. Nessa mesma linha de aplicação, 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.

Lokshin e Yemtsov (2005), em 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.

No mesmo sentido, o trabalho de Escobal e Ponce (2004) 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 equivalente no consumo, possivelmente pela oferta de produtos não acompanhar a dinâmica da demanda dos municípios, ainda mais em zonas rurais.

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 elevado, 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.

Dias e Simões (2013) utilizaram a estratégia de diferenças em diferenças para analisar como o Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos aos Municípios - PROACESSO afetou a dinâmica do emprego e dos salários nos municípios mineiros. Com base nos resultados, os autores 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. Já Castro (2016) ao avaliar o mesmo programa PROACESSO, via o mesmo método, só que sobre a ótica do crescimento econômico dos 225 municípios de Minas Gerais beneficiados, no período 2000-2010, não observou impactos significativos do PROACESSO sobre o crescimento econômico dos municípios avaliados.

Menegazzo e Petterini (2017) em trabalho voltado para o modal portuário 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 portos analisados, o programa provocou o aumento da movimentação de carga em quatro deles e, portanto, precisa ser aprimorado. Seguindo no ambiente portuário, Bartz, Halmenschlager e Teixeira (2021) ao avaliarem o impacto da implementação de dois estaleiros de grande porte no município de Rio Grande, sul do Rio Grande do Sul, com base no método de controle sintético, a partir de um painel de dados municipais no período de 1997 a 2015, identificaram diversas transformações no município. Os resultados apontaram que os investimentos do segmento naval no município promoveram a ampliação da geração de empregos formais, principalmente nos setores de construção civil e na indústria da transformação, além de efeitos agregados positivos sobre o PIB e, também, um aumento do número de internações hospitalares.

De maneira geral, os trabalhos apresentam métodos variados para investigar a relação da infraestrutura de transporte com impactos econômicos em diversos âmbitos e em nenhum desses trabalhos foi utilizado o método de controle sintético para avaliar os efeitos das ferrovias sobre variáveis agregadas como o emprego. Acredita-se que esse método apresenta robustez nos resultados por utilizar todas as regiões que não foram afetadas pela infraestrutura como possíveis controles, além de permitir simular diferentes níveis de robustez, como os testes dos placebos, com falseamentos no ponto de ruptura ou mesmo dos municípios tratados.

3. Metodologia e base de dados

3.1 Controle Sintético

O método de Controle Sintético, como o próprio nome revela, 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 a partir da construção sintética dessa unidade com base em informações das demais unidades não tratadas. Isso acontece pois 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”, ou “municípios”, como no caso em análise, 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).

A hipótese central assumida é a de que na ausência do impacto tanto as unidades tratadas (municípios com FNS) quanto as de controle (municípios sem FNS) 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 (construção da FNS) sobre os municípios afetados.

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 FNS 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:

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

No ensaio, deseja-se obter o efeito da FNS 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):

$$Y_{jt}^I = Y_{jt}^N + \alpha_{jt} D_{jt} \quad (2)$$

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

$$D_{jt} = \begin{cases} 1 & \text{se } j = 1 \text{ e } t > T_0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

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 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 $\bar{Y}_i^K = \sum_{s=1}^{T_0} k_s Y_{is}$.

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, $X_1 = (U', \bar{Y}_1^1, \bar{Y}_1^2, \dots, \bar{Y}_1^{K^M})$. Observe que $k = r + M$. Da mesma forma, defina, X_0 como uma matriz ($k \times j$), cuja j -ésima coluna corresponde a $X_j = (U', \bar{Y}_j^1, \bar{Y}_j^2, \dots, \bar{Y}_j^{K^M})$, 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:

$$\|X_1 - X_0W\|_V = \sqrt{(X_1 - X_0W)'V(X_1 - X_0W)} \quad (4)$$

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 possa 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:

$$V = \arg \min_{V \in Y} (Z_1 - Z_0W^*(V))'(Z_1 - Z_0W^*(V)) \quad (5)$$

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 Y . 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 $Y_{1t}^N = Y_0W^*$ quando a quantidade de períodos de intervenção é suficientemente grande, uma vez que, Y_0W^* 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:

$$\begin{aligned} \widehat{\alpha}_1 &= Y_1 - W^*Y_0 \\ \widehat{\alpha}_1 &= Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} W_j^*Y_{jt} \end{aligned} \quad (6)$$

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.

3.2 Dados

Para implementar o método de controle sintético na análise do impacto dos investimentos da FNS sobre os dados de emprego formal 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 assim, ajudar a explicar o comportamento do emprego formal 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, taxa de analfabetismo da população com 25 anos ou mais, taxa de mortalidade infantil; (ix) IDH longevidade; (x) porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com energia elétrica; (xi) porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com água encanada e (xii) 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. As bases contemplam o período entre 2001 a 2019. 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 Estado 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, do contrário, 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. Os polos de cargas existentes ao longo da FNS são centros responsáveis pela transferência de cargas e serviços logísticos VALEC (2021). Segundo Castilho e Arrais (2014), 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, Guaraí e Porto Nacional) e, três em instalação (Gurupi, Araguaína e Aguiarnópolis). Já no Estado do Goiás haviam quatro polos em instalação (Porangatu, Uruaçu, Santa Isabel e Jaraguá). Na Tabela 1 encontra-se a relação de cada um dos municípios que foram contemplados com a construção da FNS até o ano de 2014, de acordo com os critérios acima estipulados. Dessa forma, foram selecionados onze municípios como unidades tratadas.

Considera-se a ocorrência de dois momentos distintos de choques da FNS, após a retomada das obras com o PAC. O primeiro, no ano de 2010, com a entrega do trecho que vai de Açailândia (MA) até Porto Nacional (TO) e o segundo, no ano de 2014, com a entrega do trecho que vai de Porto Nacional (TO) até Anápolis (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. Já 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.

Tabela 1 – Unidades de Tratamento

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

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 2 estão dispostas as principais características dos municípios tratados. Como pode ser observado, os municípios listados apresentam características muito diversas entre si e, portanto, o método de controle sintético foi aplicado individualmente para cada unidade.

Tabela 2 – Municípios de tratamento: Valores Médios do Emprego, Renda, População estimada, PIB *per capita*

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 pelos autores.

As regressões para a unidade tratada do Estados 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 das unidades tratadas do Tocantins e do Goiás desconsiderou-se os municípios do Maranhão como controles, uma vez que, estes apresentavam características muito discrepantes dos municípios tratados dos demais Estados, todas as estimativas foram realizadas no 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 um grande T_0 , como é o caso das simulações realizadas neste estudo (ABADIE, DIAMOND E HAINMUELLER, 2010; BOTOSARU E FERMAN, 2019).

4. Resultados e Discussões

Nesta simulação, utilizou-se o emprego total no mercado de trabalho formal por município como variável dependente. Como preditores considerou-se a própria variável dependente defasada, além das demais variáveis já mencionadas anteriormente. 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.

Considerando a lógica apresentada no método, foi construído um município sintético para cada município tratado, a partir da combinação convexa de municípios pertencentes ao grupo de controle. O peso de cada município do *pool* de doadores na construção de cada unidade sintética pode ser observado nas Tabelas 1A, 2A e 3A, em anexo, sendo que esses municípios sintéticos estão separados por Estado em cada tabela. Na Tabela 1A, encontra-se a composição do município sintético de Porto Franco (MA), 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.

A Tabela 2A demonstra os pesos de cada município na composição das unidades sintéticas dos municípios tratados do Estado do Tocantins. Por exemplo, observa-se que a trajetória do emprego em Porto Nacional (TO) entre 2001 e 2014 é melhor estimada pela 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 Sintético (TO) foram Formosa (GO), Itumbiara (GO), Cidade Ocidental (GO) e Urutaí (GO), e os pesos são, respectivamente, 42%, 31,4%, 26,5% e 0,1%. Os demais municípios sintéticos podem ser interpretados na mesma lógica de análise.

Na Tabela 3A, 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 os municípios 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) como a composição para melhor estimar a trajetória do emprego no período pré-tratamento, 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%.

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. 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 3, 4 e 5 comparam as características de pré-tratamento dos municípios reais, dos municípios sintéticos, bem como da média do *pool* de doadores.

De maneira geral, a média dos municípios que não receberam a intervenção da FNS entre 2007 e 2014 não fornece 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 3 que, antes no tratamento, os valores de alguns preditores foram bem menores na unidade real do que o observado para a média do *pool* de doadores (controles). Esse é o caso das variáveis população, imposto, emprego total e capital humano. No entanto, os valores desses preditores na unidade sintética de Porto Franco ficaram bem mais próximos dos valores das unidades reais.

Tabela 3 – 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	731,608.52	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 pelos autores.

As características pré-tratamento dos municípios tratados do Estado do Tocantins estão expostas na Tabela 4, a seguir. 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, imposto, emprego total e capital humano. Já nas respectivas unidades contrafactuais, representadas pelos seus municípios sintéticos, verifica-se uma maior similaridade entre os valores reais.

Tabela 4 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas do Tocantins

Preditores	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
	Aguarnópolis (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
Preditores	Palmeirante (TO)			Guaraí (TO)		
	Real	Sintético	Controles	Real	Sintético	Controles
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 pelos autores.

O mesmo ocorre nos municípios Porangatu, Uruaçu e Jaraguá (Tabela 5). Ou seja, os valores extremos dos preditores população, imposto, emprego total e capital humano observados entre as unidades reais e as médias do *pool* de doadores foram consideravelmente ajustados nas respectivas unidades sintéticas.

Tabela 5 – Características Pré-Tratamento – Unidades Tratadas de Goiás

Preditores	Tratado	Sintético	Controles	Tratado	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

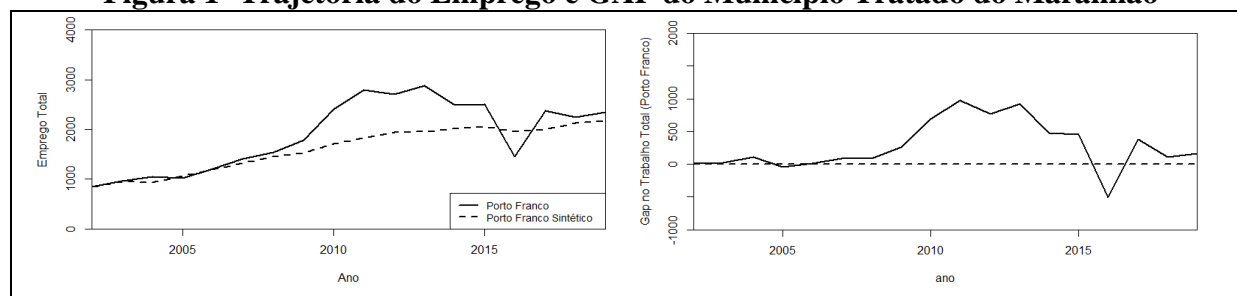
Fonte: Elaborado pelos autores.

As Figuras 1, 2 e 3 exibem as trajetórias do emprego para cada um dos municípios tratados e a sua contraparte sintética 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 ao choque.

Alinhado ao considerável grau de equilíbrio da maioria dos preditores utilizados (Tabelas 3, 4 e 5), 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 para a 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 número de emprego nos municípios reais e em 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, conforme destacado na Tabela 1.

No caso do município de Porto Franco (MA), verificado na Figura 1, percebe-se que imediatamente após o choque da FNS, 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 2014. Pelo gráfico do Gap é possível visualizar melhor o impacto no número de empregos em Porto Franco (MA), em que a discrepância entre as duas linhas, principalmente entre 2010 e 2013, sugere um efeito positivo (cerca de mil novos empregos) da FNS sobre o emprego neste município. No entanto, constata-se também que esse efeito se reduziu com o tempo, em particular a partir do ano de 2013, o que pode estar associado a um efeito de curto prazo, e logo após, retornando a trajetória de estabilidade em cerca de 2000 empregos formais, porém em um patamar superior ao da trajetória sintética.

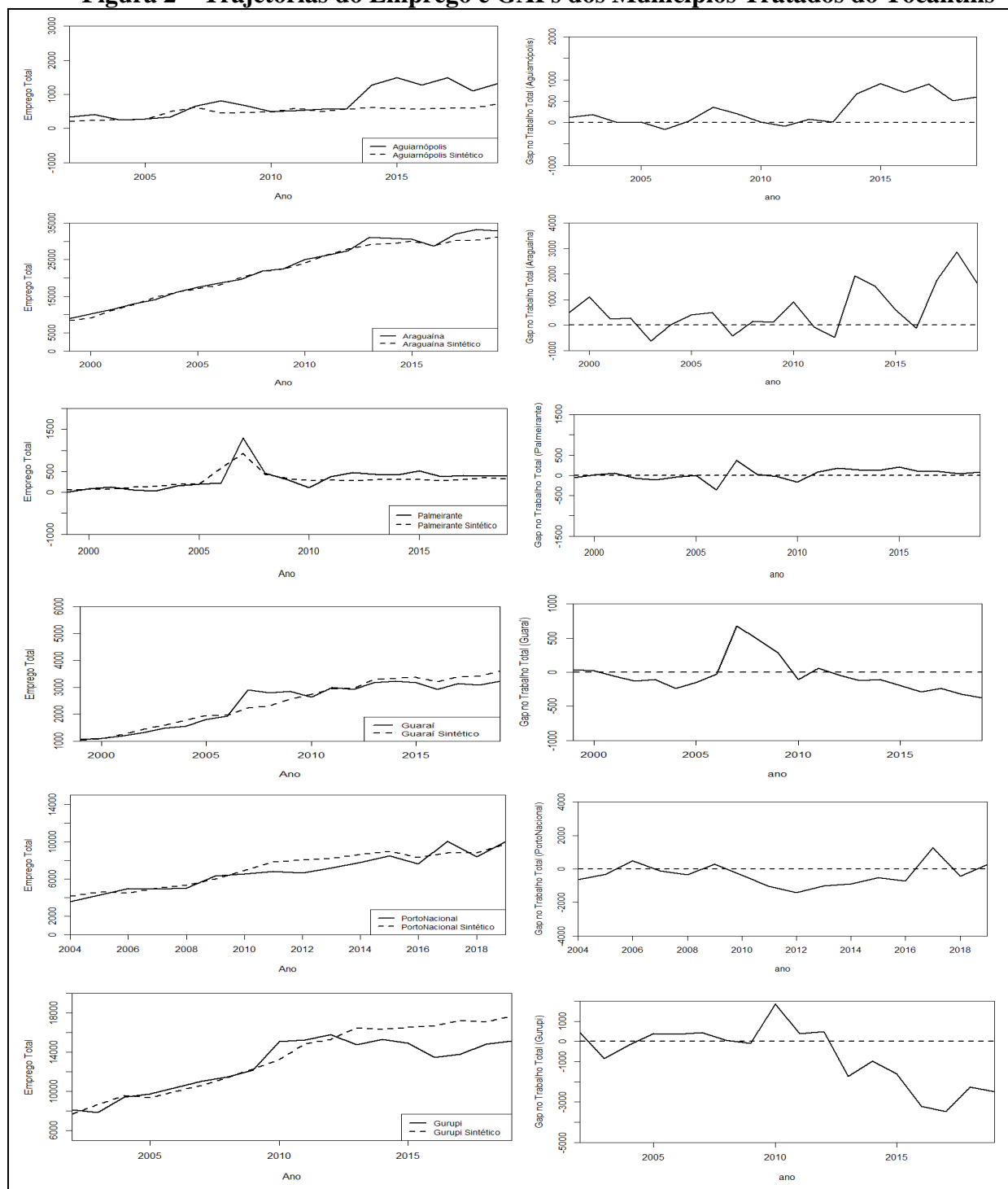
Figura 1- Trajetória do Emprego e GAP do Município Tratado do Maranhão



Fonte: Elaborado pelos autores.

A mesma lógica de análise realizada para a Figura 1 é aplicada para os municípios do Tocantins, expostos na Figura 2.

Figura 2 – Trajetórias do Emprego e GAPs dos Municípios Tratados do Tocantins



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesse sentido, percebe-se que o efeito da FNS sobre o emprego foi positivo em três municípios (Aguiarnópolis, Araguaína e Palmeirante). Como exemplo, toma-se o município de Aguiarnópolis (TO) que sofreu o choque da intervenção no ano de 2007 e apresentou um efeito positivo sobre o emprego. Ao longo das duas trajetórias do emprego (Aguiarnópolis real e Aguiarnópolis sintética) verifica-se um distanciamento moderado entre as duas linhas logo após o ano de 2007, sendo esse efeito de, aproximadamente, 500 novos empregos. No entanto, esse efeito foi praticamente nulo a partir de 2010 até o ano de 2014, ano em que as

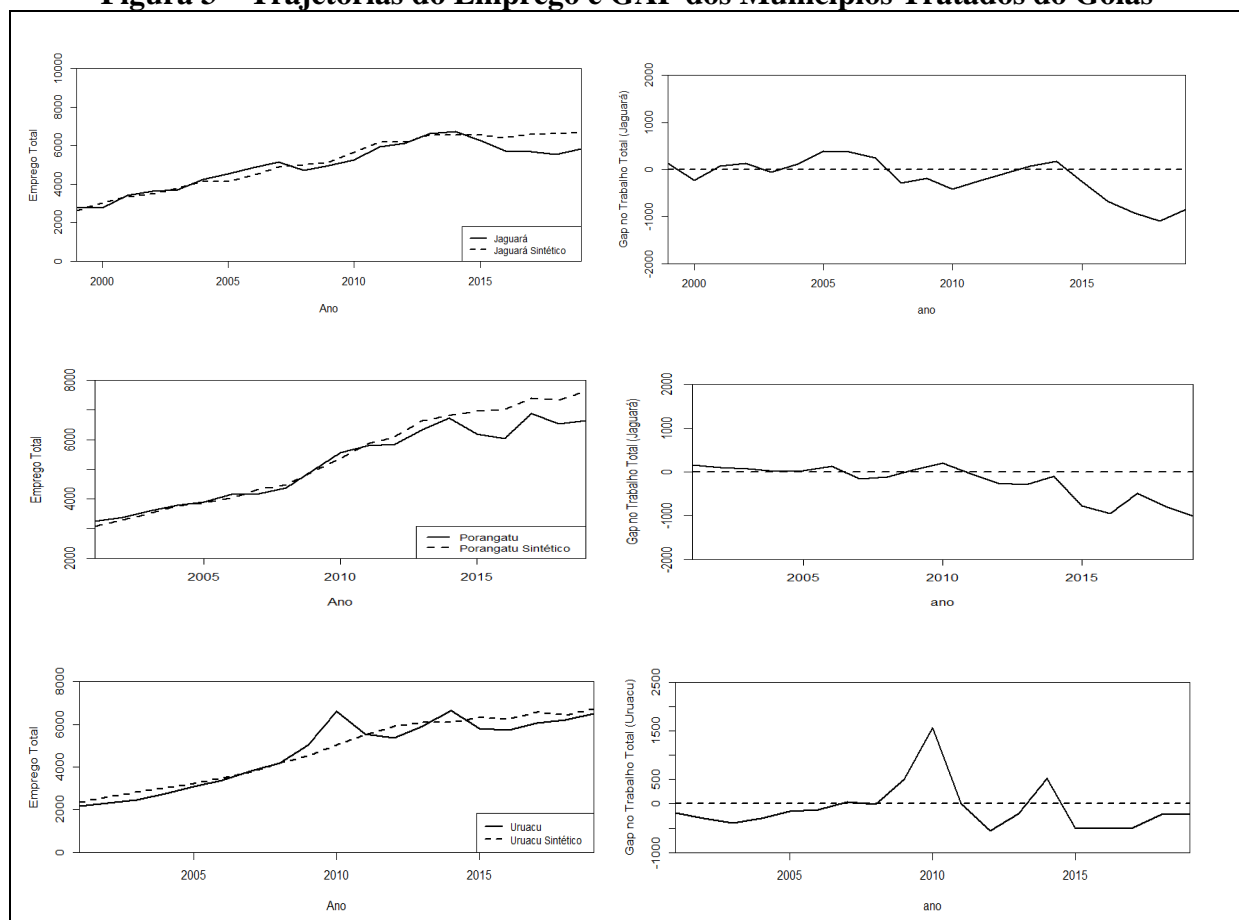
linhas se descolaram mais fortemente e sinaliza uma alta mais expressiva. No gráfico do GAP ao lado é possível interpretar o efeito como um aumento de, aproximadamente, 1.000 empregos em Aguiarnópolis (TO) após o ano de 2014, porém estabilizando em 2019 em patamar de cerca de 500 novos empregos gerados.

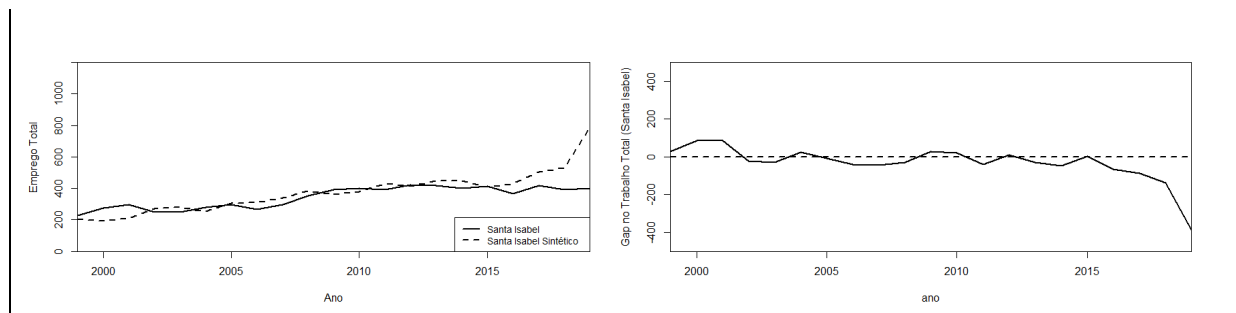
Guaraí (TO) é um exemplo de município que apresentou efeito negativo da FNS sobre o emprego após o choque em 2010. Claramente, se observa o distanciamento entre as duas trajetórias, principalmente a partir do ano de 2011 e, por meio do gráfico do GAP ao lado, é possível ver que o emprego caiu, paulatinamente, ao longo do período de 2011 a 2019 chegando a uma geração de, aproximadamente, 2.500 empregos neste município. O mesmo ocorreu com Gurupi (TO), no entanto, a redução no número de empregos formais desse município atingiu uma marca ainda maior, com a redução de 3.000 trabalhadores.

No município de Porto Nacional (TO), constata-se uma redução do emprego entre 2010 (ano do choque) e 2016. No entanto, é verificada uma possível mudança nesse cenário após o ano de 2016, uma vez que, a linha de emprego de Porto Nacional real passou a ficar acima da linha de Porto Nacional Sintético. No gráfico do GAP constata-se que esse aumento chegou a, aproximadamente, 1.000 empregos no ano de 2017.

Já na Figura 3, estão expostas as trajetórias do emprego, bem como o respectivo GAP dos municípios tratados do Estado de Goiás. Os resultados indicam que após o choque da FNS, que em todos os casos ocorreu no ano de 2014, houve queda no número de emprego formal desses municípios nesse primeiro momento. Essa queda chegou perto de mil empregos nos municípios de Jaraguá (GO) e Porangatu (GO), sendo um pouco menor nos municípios de Uruaçu (GO) e Santa Isabel (GO) que apontou quedas em torno de 500 empregos.

Figura 3 – Trajetórias do Emprego e GAP dos Municípios Tratados do Goiás

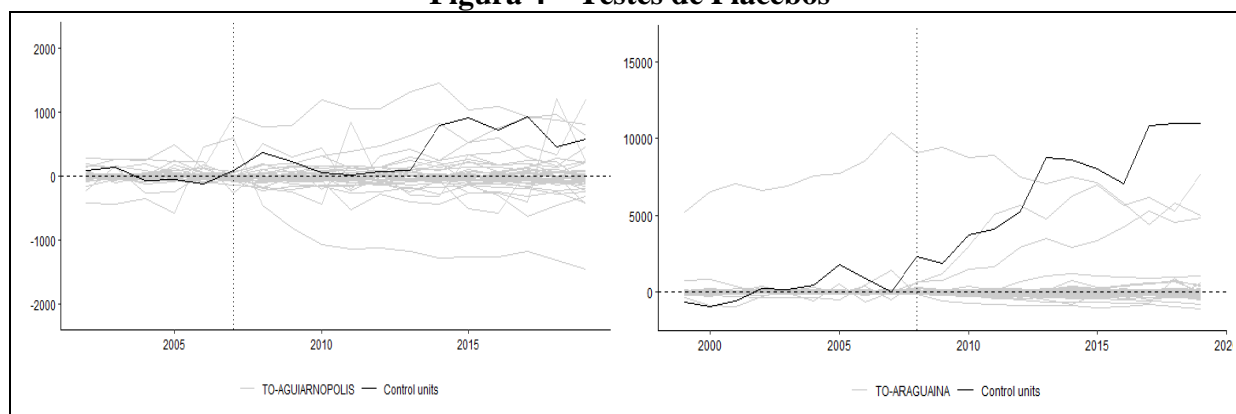




Fonte: Elaborado pelos autores.

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 4, 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 4 – Testes de Placebos



Fonte: Elaborado pelos autores.

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 no número de empregos formais nos municípios de Porto Franco-MA (11%), Aguiarnópolis-TO (150%) e Araguaiana-TO (7,0%). Já nos municípios de Palmeirante-TO, Porto Nacional-TO, Uruacu-GO e Santa Isabel-GO, não foi possível identificar relevantes alterações no mercado de trabalho que podem estar associados a finalização das obras da FNS. Já os demais municípios apresentaram redução no número de empregos formais após a conclusão das obras da FNS, Guaraí-TO (-12,5%), Gurupi-TO (-12%), Jaguará-GO (-11,42%) e Porangatu-GO (-13,33%). Esses resultados apontam que os três municípios que receberam o investimento e tiveram suas obras concluídas até o ano de 2008 foram os que 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.

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.

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 transportes. 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 das regiões afetadas.

Em linhas gerais, 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. 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.

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. 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, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. **Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of california's tobacco control program.** Journal of the American Statistical Association, v. 105, n. 490, p.493–505, 2010.

ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. **Synth: An R package for synthetic control methods in comparative case studies.** Journal of Statistical Software, v. 42, n. 13, 2011.

ABADIE, A.; GARDEAZABAL J. **The economic cost of conflict: a case study of the basque country.** The american economic review, v. 93, n. 1, p. 113-132, 2003.

ASCHAUER, D. **Is public expenditure productive?** Journal of Monetary Economics, v.23, p.177-200, Mar, 1989.

BANISTER, D; BERECHMAN, Y. **Transport investment and the promotion of economic growth**. Journal of Transport Geography, Pergamon, v. 9, n. 3, p. 209-218, set. 2001.

BARTZ, M.; HALMENSCHLAGER, V; TEIXEIRA, G. S. **Impactos socioeconômicos da expansão da indústria naval no sul do Rio Grande do Sul**. Planejamento e Políticas Públicas, v. 1, p. 11-38, 2021.

BENERJEE, A.; DUFLO, E.; QIAN, N. **On the road: Access to transportation infrastructure and economic growth in China**. National Bureau of Economic Research, 2012.

BOTOSARU, I.; FERMAN, B. **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, D.; ARRAIS, T. A. **A Ferrovia Norte-Sul e a economia regional do centro norte do Brasil**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 209-228, 2017.

CASTRO, L. S. **Crescimento econômico e infraestrutura: o impacto do ProAcesso em Minas Gerais**. Viçosa, 2016. Tese – Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa.

COATSWORTH, J. H. **Indispensable railroads in a backward economy: the case of Mexico**. Journal of Economic History, v. 39, n. 4, p. 939-960, Dez. 1979.

DIAS, L. R. S.; SIMÕES, R. F. **Infraestrutura de transportes e a alocação das atividades econômicas: um estudo do PROACESSO em Minas Gerais**. Texto para discussão, 476. Belo Horizonte: UFMG-CEDEPLAR, 2013.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; FARIA, W. R. **Infraestrutura, crescimento e desigualdades regionais: uma projeção dos impactos dos investimentos do PAC em Minas Gerais**. Pesquisa e Planejamento Econômico. Rio de Janeiro, v.39, n.1, p. 121-158, Abr. 2009.

ESCOBAL, J.; PONCE, C. **The benefits of rural roads: enhancing income opportunities for the rural poor**. GRADE, Working paper, 40-I, Lima, 2004.

FERREIRA, P. C. **Investimento em infraestrutura no Brasil: fatos estilizados e relações de longo prazo**. Pesquisa e Planejamento Econômico, v.26, n. 2, p.231-252, Ago, 1996.

FISHLOW, A. **American railroads and the transformation of the Ante-bellum economy**. Cambridge, Mass., 1965.

FOGEL, R. W. **Railroads and American economic growth: Essays in Econometric History**. Baltimore, 1964.

GALVÃO, O. J. **Desenvolvimento dos transportes e integração regional do Brasil: uma perspectiva histórica**. Planejamento e Políticas Públicas. Brasília, n. 13, Jun, 1996.

GRANDI, G. **História econômica ou economia retrospectiva? Robert Fogel e a polêmica sobre o impacto econômico das ferrovias no século XIX**. Revista Territórios e Fronteiras, v.2, n.1, 2009.

HADDAD, E. A., PEROBELLI, F. S., DOMINGUES, E. P. e AGUIAR, M. R.. **Avaliação dos impactos econômicos das políticas de infra-estrutura de transportes no Brasil: uma aplicação de duas rodovias federais em Minas Gerais**. Cadernos BDMG, Belo Horizonte, n. 16, p. 29-72. Abr. 2008.

HAHN, J.; SHI, R. **Synthetic control and inference**. Econometrics, Multidisciplinary. Digital Publishing Institute, v. 5, n. 4, p. 52, 2017.

HAWKE, G. R. **Railways and economic growth in England and Wales 1840-1870**. Tese de doutorado Universidade de Oxford, 1968.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas>. Acesso em 29/03/2020.

KHANDKER, S. R.; BAKHT, Z.; KOOLWAL, G. B. **The poverty impact of rural roads: evidence from Bangladesh.** *Economic Development and Cultural Change*, v.57, n.4, p. 685-722. The University of Chicago Press, 2009.

KING, G.; ZHENG, L. **The Dangers of Extreme Counterfactuals.** *Political Analysis*, 14 (2), 131–159, 2006.

LOKSHIN, M.; YEMTSOV, R. **Has rural infrastructure rehabilitation in Georgia help the poor?** *The World Bank Economic Review*, v.19, n.2, p. 311-333, 2005.

MARTINI, R. A. *et al.* **Uma solução para avaliações de impacto em estudos de caso: o Modelo Automatizado em R para verificação de impacto (MARVIm) – Módulo de Controle Sintético.** BNDES, Textos para discussão, n. 130, 2018.

MENDOZA, A. G. **Ferrocarriles y cambio econômico en España (1855-1913).** Madri: Alianza Editorial, 1982.

MENEGAZZO, L.; PETTERINI, F. **Maiores navios do mundo, mais um desafio no Brasil: uma análise do Programa Nacional de Dragagem.** *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 48, n. 1, p. 175-209, 2018.

METZER, J. **Some economic aspects of railroad development in tsarist Russia.** *The Journal of Economic History*, vol. 33, n. 1, pp. 314-316. Mar, 1973.

MOURA, G. V. **Multiplicadores Fiscais e Investimento em Infraestrutura.** *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, vol.69, n.1, p. 75-104. Jan-Mar, 2015.

MU, R.; WALLE, D.V. **Rural roads and local market development in Vietnam.** Policy Research Working Paper n. 4340. Development Research Group, The World Bank, 2007.

PIRES, M. J. S; CAMPOS, F. R. **Contribuições das ferrovias Norte-Sul e Centro Atlântica na expansão do vetor externo da economia do Centro-Oeste.** Texto para Discussão, n.2513 – IPEA. Rio de Janeiro, Out, 2019.

SUMMERHILL, W. R. **Trilhos do desenvolvimento: as ferrovias no crescimento da economia brasileira 1854 – 1913.** São Paulo: Alfaatar, 2018.

TINOCO, G.; GIAMBIAGI, F. **Perspectivas Depec 2018: O crescimento da economia brasileira (2018-2023).** BNDES, abr. 2018.

VALEC – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. Disponível em: <<https://www.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-norte-sul/polos-de-carga>>. Acesso em 05/09/2021.

VENCOVSKY, V. P. **Ferrovia e logística do agronegócio globalizado: avaliação das políticas públicas e privadas do sistema ferroviário brasileiro.** Campinas, 2011. Tese – Instituto de Geociência da Unicamp.

APÊNDICE

Tabela 1A – Peso dos municípios do Pool no município Sintético do Maranhão

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 pelos autores.

Tabela 2A - Peso dos municípios do *Pool* em cada município Sintético do Tocantins

TO - Aguiarnópolis Sintético		TO - Araguaína Sintético		TO – Guaraí Sintético	
TO - Esperantina	(41,6%)	GO - Formosa	(47,9%)	GO - Cidade Ocidental	(21,1%)
GO - Ouidor	(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 Sintético		TO - Porto Nacional Sintético		TO – Gurupi Sintético	
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 pelos autores.

Tabela 3A- Peso dos municípios do *Pool* em cada município Sintético do Goiás

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 - Buritinópolis	(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 pelos autores.