

INVESTIMENTOS EM TRANSPORTE: EFEITOS DO ARCO METROPOLITANO SOBRE O CRESCIMENTO ECONÔMICO FLUMINENSE

TRANSPORTATION INVESTMENTS: EFFECTS OF THE METROPOLITAN ARCH ON FLUMINENSE ECONOMIC GROWTH

Lucas Siqueira de Castro¹
Carlos Otávio de Freitas²
Joilson Cabral de Assis³

Resumo:

Idealizado em 1974, iniciado em 2008 e finalizado em 2014, o Arco Metropolitano do Rio de Janeiro foi construído com o objetivo de conectar a BR-101/NORTE e a BR-101/SUL, e, assim, reduzir o tráfego por vias urbanas fluminenses de grandes fluxos. Ao longo de 145 quilômetros de extensão pavimentados, o Arco interliga oito municípios fluminenses e o aumento da acessibilidade assistido a estes municípios pode trazer mudanças no comportamento de seus agentes, em função das externalidades geradas. Dessa forma, este trabalho se propõe a avaliar o impacto do Arco Metropolitano no crescimento econômico dos municípios fluminenses. Para tanto, elaborou-se um quase-experimento associando a abordagem das diferenças-em-diferenças às técnicas espaciais e ao pareamento por entropia. Os resultados apontam efeitos positivos sobre o crescimento econômico dos municípios perpassados pelo Arco.

Palavras-Chave: infraestrutura de transporte, diferenças-em-diferenças espacial, Arco Metropolitano do Rio de Janeiro.

Abstract:

Conceived in 1974, started in 2008 and completed in 2014, the Metropolitan Arch of Rio de Janeiro was built with the objective of connecting BR-101 / NORTE and BR-101 / SUL, thus reducing urban traffic Fluminense of great flows. Throughout a 145-kilometer paved roadway, the Arc interconnects eight municipalities in Rio de Janeiro and increasing the accessibility of these municipalities can bring about changes in the behavior of its agents, due to the externalities generated. Thus, this paper proposes to evaluate the impact of the Metropolitan Arc on the economic growth of the municipalities of Rio de Janeiro. In order to do so, a quasi-experiment was elaborated, associating the differences-in-differences approach to space techniques and to entropy balancing. The results point to positive effects on the economic growth of the municipalities covered by Arco.

Keywords: transportation infrastructure, spatial difference-in-differences, Metropolitan Arch of Rio de Janeiro.

Código JEL: C52, O18, R12, R40

¹ Professor do Departamento de Economia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: lucanastro@hotmail.com

² Professor do Departamento de Administração, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: carlos.freitas87@gmail.com

³ Professor do Departamento de Economia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: cabraljoilson@gmail.com

1. Introdução

A investigação acerca do papel exercido por investimentos em infraestrutura, sobretudo de transportes, como agentes influenciadores de desempenho econômico não é recente (ASCHAUER, 1989; MUNNELL, 1992). Em vista disso, é possível perceber que as externalidades resultantes deste tipo de ação geram diferentes respostas, sejam elas negativas, positivas ou mesmo nulas (KELEJIAN e ROBINSON, 1997).

Como externalidades positivas, a literatura aponta, por exemplo, que o investimento em infraestrutura de transportes resulta na diminuição de custos intermediários e, conseqüentemente, na contração dos custos finais de produção (KRUGMAN, 1991). Com a redução dos custos de transporte há um aumento da produtividade e competitividade da economia o que, conseqüentemente, pode estabelecer uma nova dinâmica de crescimento e desenvolvimento econômico para a região (FIRJAN, 2008). O aumento de acessibilidade, por outro lado, também proporciona elevação da produtividade do trabalhador, devido ao aumento da oferta de trabalho (KRUGMAN, 1991); a redução dos custos de transação, proporcionado pelo alcance a novas tecnologias e produtos (BANCO MUNDIAL, 2006); e a expansão e ao fortalecimento de mercados regionais, em função do rompimento das divisas geográficas (BANISTER e BERECHMAN, 2001; BERECHMAN, 2009).

Para a análise das externalidades negativas, em um primeiro momento, deve-se levar em consideração o comportamento dos agentes do mercado privado. No curto prazo, existindo investimento público em infraestrutura de transportes, o mesmo poderia retardar o avanço da economia caso àqueles agentes reduzissem seus investimentos neste setor, diminuindo, assim, a formação de capital no longo prazo (AGÉNOR e MORENO-DODSON, 2007). Esta análise corrobora, de certa maneira, o argumento da “estrada em dois sentidos” ou “*two way road*” (SACTRA, 1999; PRESTON e HOLVAD, 2005), que ressalta a chance de alcançar-se efeitos contrários aos esperados pela realização do investimento, seja ele privado ou proveniente de uma política pública. Outra perspectiva deste argumento pode ser dada com base em propostas que apresentem o objetivo de conectar regiões mais afastadas às regiões centrais. A transferência de renda, neste caso pode ocorrer de maneira diferente do esperado.

No Brasil, a demanda por investimentos associadas aos modais de transporte é crescente, todavia a contrapartida exercida, principalmente pelo setor público, é tida como lenta (ANTT, 2016)⁴. Como exemplo, tem-se a construção do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro (AMRJ – BR-493/RJ-109). Idealizado em 1974, pelo governo militar, o projeto teve seu início apenas no ano de 2008. A viabilidade do AMRJ se deu, sobretudo, em função do processo de modernização do Porto de Setiba/Itaguaí, iniciado em meados na década de 1990. A modernização teve o objetivo logístico-estratégico de ampliar o volume de cargas em circulação na região desafogando, por conseguinte, os portos de Santos e da capital fluminense (BRASIL, 2012). Outros fatores que motivaram a construção do AMRJ podem ser associados a descoberta do pré-sal na Bacia de Campos e aos investimentos para a criação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), situado na cidade de Itaboraí, iniciados em 2007 (RIMA, 2007).

Inaugurado em julho de 2014 e com custo estimado de R\$ 1,9 bilhões, o principal objetivo da construção do Arco Metropolitano foi o de conectar a BR-101/NORTE e a BR-101/SUL, sem que houvesse a necessidade de tráfego por vias urbanas de grandes fluxos, como a Avenida Brasil ou mesmo a Ponte Costa e Silva (Ponte Rio-Niterói). Ao longo de seus 145 quilômetros de extensão pavimentados, o AMRJ interliga os municípios de Itaboraí,

⁴ A matriz de transportes de cargas, elaborada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), mostrou que, para o ano de 2014, dos 794.903 milhões de toneladas por quilômetro útil, 61,1% da carga brasileira foi transportada por rodovias, das quais aproximadamente 15% (203.943,3 quilômetros) eram pavimentadas (ANTT, 2016).

Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Japeri, Seropédica e Itaguaí (PDAM, 2011).

Como reflexo, o aumento da acessibilidade aos oito municípios da baixada fluminense relacionados trará mudanças no comportamento de seus agentes, considerando as externalidades percebidas pelos mesmos (PRESTON, 2001; BERECHMAN, 2009). Exemplos destas mudanças já podem ser percebidos: a empresa de alimentos e agronegócio Bunge do Brasil e a Rolls Royce equipamentos navais investiram em novas instalações em Duque de Caxias. Já a Petrobrás, a Gerdau, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a Usiminas, a Marinha e a Itaguaí Construções Navais (ICN) fizeram investimentos em Itaguaí, enquanto a Procter & Gamble fez investimentos em Seropédica.

Dado o panorama estabelecido, este artigo objetiva avaliar os efeitos do Arco Metropolitano no crescimento econômico dos municípios fluminenses. Para tanto, elaborou-se um quase-experimento: diferenças-em-diferenças espacial. Uma vez que a investigação dos efeitos do AMRJ é feita a partir da desagregação geográfica em municípios, deve-se considerar a existência da dependência espacial. Sendo comprovada, por exemplo, a autocorrelação espacial faz com que haja a violação de pressupostos de identificação do modelo de diferenças-em-diferenças convencional, uma vez que os efeitos indiretos do tratamento (AMRJ) também poderiam ser percebidos em municípios não tratados (grupo de controle). Logo, as estimações seriam consideradas viesadas e inconsistentes (CASTRO, 2016; CABRAL, 2016).

Na próxima seção, apresenta-se uma revisão de literatura selecionada acerca do tema. A terceira seção apresenta a estratégia empírica adotada para avaliar o impacto do AMRJ no PIB dos municípios fluminenses. Na sequência, discute-se os resultados obtidos, finalizando com as conclusões.

2. Infraestrutura de Transportes e Crescimento Econômico

Tendo como referência trabalhos como o de Aschauer (1989), a literatura apresenta estudos que tentaram mensurar o impacto do investimento público, sobretudo a infraestrutura de transportes, no crescimento econômico. A estruturação desta revisão de literatura selecionada, portanto, será feita informando as técnicas e resultados disponibilizados pelos autores.

Shah (1992), por meio do equilíbrio restrito, estimou a contribuição do investimento público em infraestrutura no lucro do setor privado mexicano entre 1970 e 1987. A função de custo *translog* desenvolvida pelo autor conseguiu fragmentar a modalidade de investimentos do setor público nas pautas de transporte, comunicação e energia elétrica. Apesar da pequena magnitude, o impacto do investimento em infraestrutura de transporte foi positivo.

Ferreira (1996), Malliagos (1997) e Ferreira e Malliagos (1998), através de modelos de Vetores de Cointegração, detectaram que investimentos em infraestrutura de transportes afetam de maneira significativa o PIB brasileiro, considerando a elasticidade de renda. Ferreira (1996) reforça que o baixo crescimento do país entre 1970 e 1993 se deu em função da queda dos investimentos em infraestrutura.

Sturm *et al.* (1999), estudaram o impacto do investimento em infraestrutura de transporte no PIB holandês no período entre 1853 e 1913. Os resultados, estimados por vetores autorregressivos (VAR), estabeleceram, no curto e no médio prazos, impactos positivos do investimento em transporte sobre o crescimento do PIB.

Rocha e Giuberti (2007) examinaram a relação entre os componentes do gasto público e o crescimento econômico de longo prazo nos estados brasileiros. Dispondo de um painel de dados (1986 a 2002) e utilizando um modelo de efeitos fixos, os autores registraram que as despesas com infraestrutura de transportes apresentaram, além da significância estatística, coeficientes positivos.

Amarante (2011), fazendo uso da modelagem de dados em painel, verificou o impacto da pavimentação das BR 101 e BR116 no crescimento econômico dos municípios catarinenses, entre 1970 e 2006. Como resposta, em média, observou-se um maior crescimento/desenvolvimento econômico dos municípios cortados pelas rodovias ao longo do período predeterminado.

Guimarães (2012) analisou possíveis relações entre infraestrutura e convergência de renda no Brasil, no período de 1999 e 2005. Empregando modelos hierárquicos espaciais, cujas bases são os níveis estadual e municipal, o autor constata que o estoque de infraestrutura rodoviária foi significativo na determinação do processo de convergência.

Por fim, Castro (2016) avaliou o impacto do Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos aos Municípios (ProAcesso) no crescimento econômico dos municípios mineiros beneficiados pelo mesmo entre 2000 e 2010. Para tanto, o autor construiu seu modelo por meio da combinação entre o método de diferenças-em-diferenças espacial e de técnicas de pareamento. Como resposta, viu-se que independentemente da forma de avaliação feita, seja considerando o resultado sobre o PIB per capita geral, setorial, ou mesmo alterando a mensuração de variável de interesse (binária ou considerando o total de quilômetros pavimentados por município), o fato de um município ser atendido pelo ProAcesso não resultou em maior crescimento econômico.

Diferentemente do que foi realizado pelos trabalhos referenciados, o presente trabalho contribui para literatura de avaliação de políticas em, pelo menos, dois aspectos: i) não foi encontrado na literatura trabalhos que avaliaram o impacto econômico do AMRJ nos municípios fluminenses e; ii) pretende-se avançar tanto na literatura empírica quanto nas técnicas de avaliação de políticas ao combinar o método de diferenças-em-diferenças, sem e com controle espacial, com a técnica de pareamento via entropia⁵. O objetivo desta integração metodológica é estimar de forma consistente e eficiente o efeito causal da política por meio de um grupo de controle equilibrado.

3. Estratégia Empírica

A definição pela estratégia empírica a ser desenvolvida deve ponderar sobre quais maneiras o Arco Metropolitano impacta no desempenho econômico dos municípios fluminenses. A princípio, quatro são as provocações levantadas que influenciam na identificação do efeito desejado: mudanças no comportamento dos agentes produtivos, ocorridas de maneira exógena (em função do acesso ao Arco Metropolitano); externalidades de rede causando dependência espacial (o impacto do AMRJ pode ultrapassar as divisas dos municípios beneficiados diretamente); influência de características não-observadas que não variam no tempo; e influência de fatores observados (que possam ter interferido na determinação dos municípios beneficiados pela construção do AMRJ).

Na tentativa de resolver estes problemas, duas técnicas foram agregadas: as diferenças-em-diferenças, com controle espacial, e o pareamento. Por meio das técnicas de pareamento é possível compor o grupo de controle, considerando as variáveis observáveis do grupo de tratamento. Dessa maneira, espera-se que ambos os grupos, controle e tratamento, sejam formados por municípios com características semelhantes (BECKER e ICHINO, 2002).

A saída para controlar as características não-observáveis, invariantes no tempo, provém da utilização das diferenças-em-diferenças, visto que a própria metodologia expurga os efeitos fixos invariantes no tempo. A existência da autocorrelação espacial inviabiliza a garantia da hipótese de identificação SUTVA (*Stable-Unit-Treatment-Value Assumption*), apontada por Rubin (1977), além de quebrar a premissa de independência condicional. Estas duas premissas

⁵ Até o final da elaboração deste artigo não se encontrou disponibilizado na literatura algum trabalho em que se realiza tal combinação de técnicas.

subjacentes são necessárias para que o modelo de diferenças-em-diferenças convencional estime de forma consistente e eficiente o efeito causal do impacto do AMRJ sobre crescimento econômico dos municípios fluminenses (CASTRO, 2016; CABRAL, 2016).

Caso a autocorrelação espacial seja comprovada, as premissas estabelecidas anteriormente não são garantidas. É possível que exista a absorção de efeitos indiretos por municípios pertencentes ao grupo de controle, vizinhos de municípios que tenham sido beneficiados com o acesso ao AMRJ (grupo de tratamento). Para corrigir este problema é preciso estimar um modelo de diferenças-em-diferenças espacial. Este método é capaz de modelar a dependência espacial, ou seja, transbordamentos dos efeitos do AMRJ em municípios vizinhos, sendo estes pertencentes ou não pertencentes ao grupo de tratamento, estimando o efeito médio do impacto do AMRJ sobre crescimento econômico dos municípios fluminenses de forma consistente e eficiente (CHAGAS *et al.*, 2016; CASTRO, 2016; CABRAL, 2016).

3.1. Pareamento por Entropia

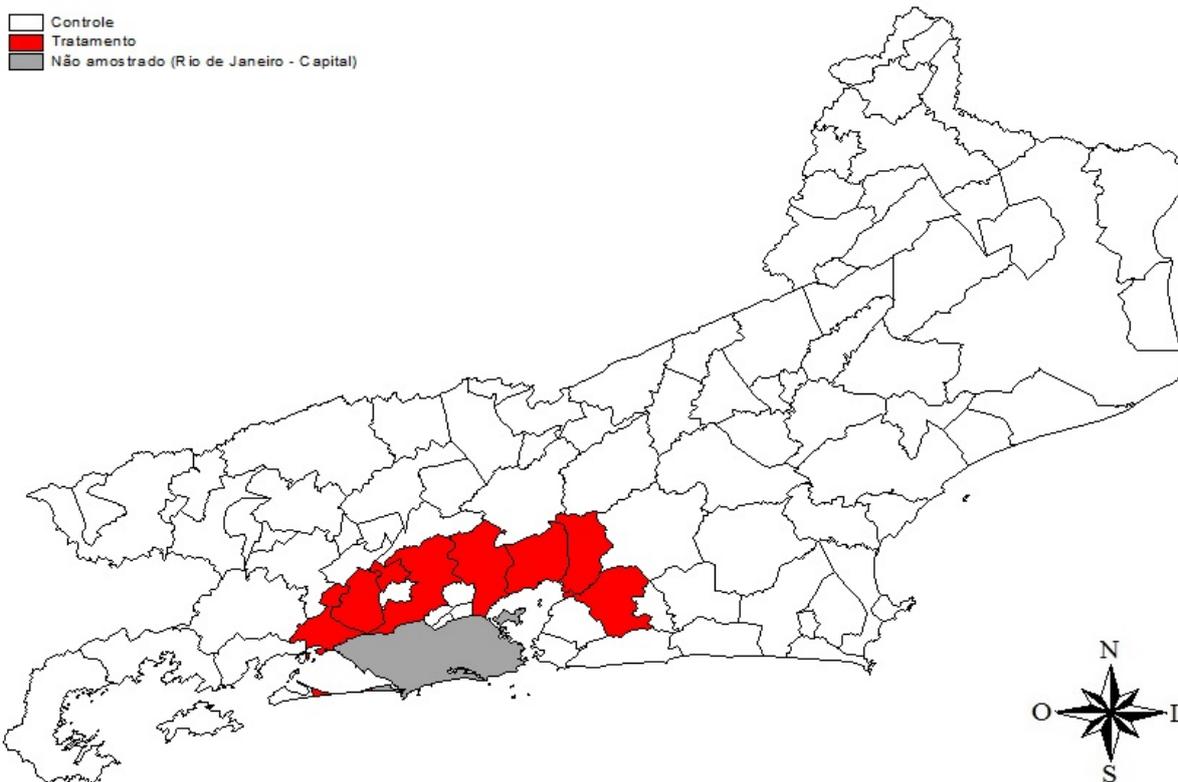
Na presente pesquisa, busca-se obter uma amostra “pareada” equilibrada, isto é, uma amostra com unidades de controle mais próximas possíveis das unidades de tratamento (municípios cortados pelo arco metropolitano), com base em um vetor de características observáveis. Para tal, utilizou-se o método do balanceamento por entropia, proposto por Hainmuller (2012). Diferentemente das abordagens tradicionais de pareamento, o balanceamento por entropia envolve um esquema de reponderação que incorpora diretamente o equilíbrio da covariável na função de peso que é incorporada às unidades amostrais consideradas.

De modo geral, o método do pareamento por Entropia trata-se de uma abordagem não-paramétrica na qual um grupo de covariadas são ponderadas permitindo que as distribuições das variáveis nas observações reponderadas atendam a um conjunto de condições especiais de momentos, garantindo, assim, um equilíbrio. Além disso, o equilíbrio é mantido mesmo quando diferentes momentos das distribuições de tais variáveis são considerados (Hamueller, 2012). Nessa abordagem, ao invés de especificar um modelo paramétrico que explique a probabilidade de participação no tratamento, a exemplo do *propensity score* e outros, pesos são estimados e direcionados a cada unidade de controle de modo que os grupos de tratados e controle, após ponderados, satisfaçam um conjunto de restrições de equilíbrio. As restrições são impostas sobre os três possíveis momentos amostrais (média, variância e assimetria) das distribuições das covariadas e, ao assegurar a similaridade dos momentos entre os grupos ponderados, garantirá o equilíbrio entre a amostra de controle e o tratamento.

Assim, a restrição de momento utilizada nesta pesquisa refere-se à imposição de que o primeiro momento das covariadas seja ajustado⁶. Desta forma, para todas as covariadas, o método calcula as médias no grupo de tratamento e busca por um conjunto de pesos de entropia tal que as médias ponderadas do grupo de controle sejam similares. Estes pesos são utilizados nas etapas seguintes, obtendo, assim, estimativas livres do viés causado pelas características observáveis consideradas. Consequentemente, o grupo de controle foi formado pelos 83 municípios fluminenses que não são conectados diretamente ao Arco Metropolitano⁷. O arranjo geográfico dos grupos de controle e de tratamento pode ser observado na Figura 1.

⁶ O balanceamento por entropia permite que até os três momentos amostrais sejam aplicados simultaneamente. No entanto, por se tratar de uma amostra relativamente pequena (83 unidades de controle e 8 unidades tratadas) optou-se por aplicar o método para a média amostral apenas, permitindo que, mesmo com este número de observações, o modelo seja capaz de identificar pesos que consigam, de fato, gerar uma amostra equilibrada entre controle e tratados.

⁷ O município do Rio de Janeiro foi excluído da amostra por se tratar de um *outlier*, sobretudo nas variáveis empregadas no pareamento como empregos, densidade demográfica e taxa de homicídios.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1: Arranjo geográfico dos grupos de controle e tratamento.

3.2. Método de Diferenças-em-Diferenças Espacial (SDID)

O método de diferenças-em-diferenças convencional (DID) implementa uma dupla diferença da variável dependente, nos grupos de tratamento e controle. Cameron e Trivedi (2005) e Wooldridge (2010) reforçam que existindo dois períodos de tempo, representados neste trabalho a partir da construção do Arco Metropolitano, ou seja, antes e depois do AMRJ, o efeito médio do tratamento pode ser determinado mediante a uma equação em primeiras diferenças (Δ):

$$\Delta TXPIB_{it} = \alpha + \theta \Delta AMRJ_{it} + \Delta X_{it} \beta + \Delta \varepsilon_{it} \quad (1)$$

em que $TXPIB$, corresponde à taxa de crescimento do PIB *per capita* dos municípios fluminenses; $AMRJ$ representa a *dummy* do Arco Metropolitano; X denota o vetor de variáveis controle e ε é o termo de erro. α , θ e β são coeficientes escalares a serem determinados após a estimação. Finalmente, o subscrito i faz alusão ao município determinado, ao passo que t remete ao período de tempo.

Revogado o pressuposto SUTVA, os efeitos causais do AMRJ podem não ser reconhecidos, considerando sua possível influência em municípios vizinhos, tratados ou não tratados. Em vista disso, não sendo possível garantir a hipótese SUTVA e a premissa de média condicional, admite-se cenários com a ocorrência de transbordamentos espaciais entre os municípios tratados e não tratados, torna-se necessário adicionar a defasagem da variável dependente ($W\Delta TXPIB_{it}$).

Convém atentar para o fato de que o Arco Metropolitano também pode apresentar-se espacialmente autocorrelacionado, sendo preciso inserir a defasagem espacial do AMRJ ($W\Delta AMRJ_{it}$). É possível ainda constatar influências das variáveis de controle e dos efeitos não observados autocorrelacionados espacialmente e que variam no tempo, mas não

correlacionados com o AMRJ. Para controlá-los, inclui-se no modelo defasagens espaciais do tipo $W\Delta X_{it}\tau$ e $W\Delta\xi_{it}$, respectivamente.

Logo, o modelo geral de diferenças-em-diferenças espaciais pode ser reestruturado a partir da inserção das defasagens espaciais em (1):

$$\Delta TXPIB_{it} = \alpha + \theta\Delta AMRJ_{it} + \phi W\Delta AMRJ_{it} + \rho W\Delta TXPIB_{it} + \Delta X_{it}\beta + W\Delta X_{it}\tau + \Delta\xi_{it} \quad (2a)$$

$$\Delta\xi_{it} = \lambda W\Delta\xi_{it} + \Delta\varepsilon_{it} \quad (2b)$$

em que ϕ , ρ , β , τ e λ são coeficientes a serem estimados.

As especificações dos modelos SDID podem ser obtidas através da imposição de restrições aos parâmetros das equações 2a e 2b. Determinando que $\phi = \lambda = 0$ e $\rho \neq 0$, alcança-se o modelo DID-SAR (defasagem espacial da variável dependente); com $\phi = \rho = 0$ e $\lambda \neq 0$, atinge-se o modelo DID-SEM (defasagem espacial do termo de erro); com $\lambda = 0$, $\phi \neq 0$ e $\rho \neq 0$, obtêm-se o modelo DID-SDM (defasagem espacial da variável dependente e das variáveis de controle); com $\rho = 0$, $\phi \neq 0$ e $\lambda \neq 0$, estima-se o modelo DID-SDEM (defasagem espacial do termo de erro e das variáveis de controle); e, finalmente, com $\rho = \lambda = 0$ e $\phi \neq 0$, tem-se o modelo DID-SLX (defasagem espacial das variáveis de controle).⁸

Testes de dependência espacial considerados difusos, como o I de Moran ou c de Geary, podem ser aplicados aos resíduos do modelo DID padrão, com o objetivo de verificar aspectos da autocorrelação espacial. Por sua vez, testes focados, como o do multiplicador de Lagrange e suas versões robustas, propõem o tipo de defasagem espacial a ser incluída na regressão estimada⁹.

3.3. Dados

Em termos de dados, foram empilhadas variáveis relacionadas aos 91 municípios do Estado do Rio de Janeiro para os anos de 2007, anterior às obras do Arco Metropolitano, e de 2015, após a sua construção.

O PIB *per capita* é a variável dependente. A variável de interesse (AMRJ) foi elaborada na forma de uma variável binária (*dummy*). Dessa forma, municípios cortados pelo AMRJ (grupo de tratamento), receberam o valor 1. Já o valor 0 foi computado aos municípios pertencentes ao grupo de controle.

Para as variáveis de pareamento socioeconômicas considerou-se: níveis de capital físico e capital humano, a quantidade de empregos formais, o gasto municipal com saúde, a densidade demográfica e a taxa de homicídios. A definição destas variáveis deu-se com base na teoria do crescimento econômico (SOLOW, 1956; LUCAS, 1988; MANKIW *et al.* 1992; KHAN, 1998; FUJITA *et al.*, 2002).

Maiores informações como unidades de medida e fonte estão inseridas no Quadro 1. A análise descritiva das variáveis consideradas é apresentada na Tabela 1 da próxima seção.

⁸ Naturalmente, caso todos os parâmetros espaciais da equação (2) apresentem-se nulos, a estimação deve ser feita pela técnica DD padrão.

⁹ Maiores informações sobre os testes e modelos espaciais citados, podem ser encontradas em Moran (1948), Anselin (1995) e Lesage e Pace (2009).

Variável	Tipo de Variável	Descrição	Unidades de Medida	Fonte
PIB	Dependente	PIB <i>per capita</i>	R\$	IBGE
AMRJ	Interesse	<i>Dummy</i> AMRJ	DP = 1 para o grupo de tratamento e DP = 0 para o grupo controle	Elaborada pelos Autores
CF	Pareamento	Capital Físico <i>per capita</i>	Quantidade de veículos automotores produtivos / População	DENATRAN
CH	Pareamento	Capital Humano <i>per capita</i>	IDEB (4ªsérie/5ºano)- calculado a partir dos dados sobre aprovação escolar, obtidos no Censo Escolar, e das médias de desempenho nas avaliações do Inep para os municípios.	INEP
EMP	Pareamento	Total de vínculos ativos nos municípios	Quantidade	CAGED/MTE
SAP	Pareamento	Gasto per capita municipal com saúde	R\$	FINBRA
DENS	Pareamento	Densidade demográfica	População/KM ²	IBGE
HOM	Pareamento	Taxa de homicídios por cem mil habitantes	[Número de óbitos de residentes por agressões / População] * 100.000	DATASUS/MS

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Quadro 1: Descrição das variáveis utilizadas

4. Resultados e Discussão

Os resultados estruturam-se em três subseções. A primeira subseção apresenta a descrição das variáveis utilizadas, bem como o resultado do pareamento por Entropia. A segunda subseção realiza o estudo exploratório dos dados de maneira espacial. Caso seja encontrada a autocorrelação espacial, por exemplo, o modelo a ser desenvolvido deve levar em consideração formas de eliminar o problema, a partir das interações espaciais. Por sua vez, a terceira subseção trata do impacto do AMRJ sobre o crescimento econômico dos municípios fluminenses.

4.1. Análise descritiva e pareamento por entropia

Antes de apresentar os resultados referentes aos efeitos do arco metropolitano no crescimento econômico dos municípios considerados, é feita uma análise descritiva das variáveis consideradas na pesquisa. A partir da Tabela 1 verifica-se que a média do PIB *per capita* da amostra considerada foi de R\$21.678,3 antes da criação do arco metropolitano (2007) e R\$ 34.062,1 em 2015, período após a criação do arco. Quando considerados separadamente os municípios atendidos e não atendidos pelo arco metropolitano, observa-se que a média do segundo grupo é relativamente maior nos dois períodos analisados. No entanto, o grupo de municípios atendidos pelo arco apresentou maior crescimento do PIB *per capita* médio no período após o surgimento do arco, passando de R\$13.214,1, em 2007, para uma média de R\$26.388,5 em 2015. O alto desvio padrão identificado na amostra ainda demonstram grande heterogeneidade na distribuição da variável representativa da renda (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise descritiva das variáveis utilizadas, antes e após implementação do Arco Metropolitano.

Antes do Arco Metropolitano (2007)						
Variáveis	Amostra Total		Municípios Arco		Municípios Não Arco	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
PIB	21.678,3	36.001,97	1.3214,1	9.769,829	22.448,4	37.735,6
DENS	629,835	1.833,196	794,75	636,8208	604,342	1.920,488
EMP	16.387,7	28.599,47	36.608,4	48.100,96	13.890,2	25.284,62
SAP	396,965	273,1538	217,805	75,29061	414,41	280,9538
CF	1.591,75	2.371,461	3.641,88	4.046,412	1.352,84	2.057,971
CH	4,18791	0,4394024	3,7	0,1603568	4,24146	0,4277276
HOM	27,8298	21,39641	48,8338	19,33089	25,705	20,68243
<i>Nº Obs</i>	91		8		83	

Após Arco Metropolitano (2015)						
Variáveis	Amostra Total		Municípios Arco		Municípios Não Arco	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
PIB	34.062,8	30.919,76	26.388,5	16.908,75	34.802,5	31.915,46
DENS	653,071	1.832,071	835,294	636,4701	635,508	1.909,402
EMP	21.182,7	35.864,69	48.869,9	58.384,21	18.514	32.230,12
SAP	1.003,11	590,0256	609,345	362,332	1.041,07	595,2325
CF	3.344,98	4.795,051	8.335,75	8.772,503	2.863,94	4.000,245
CH	5,13187	0,5120502	4,6125	0,2167124	5,18193	0,5048894
HOM	23,91	16,90573	43,3838	12,31988	22,033	16,12967
<i>Nº Obs</i>	91		8		83	

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Obs! : PIB – PIB *per capita*; DENS – Densidade; EMP – Empregos; SAP – Gasto Municipal de Saúde; CF – Capital Físico; CH – Capital Humano; HOM – Taxa de Homicídios.

Quanto às demais variáveis consideradas, os dados da Tabela 1 mostram que os municípios localizados no entorno do arco possuem, em média, maiores níveis de emprego (EMP), capital físico (CF), número de homicídios (HOM) e densidade populacional (DENS). Já os municípios não cortados pelo arco apresentam níveis de capital humano relativamente superiores aos demais, nos dois períodos considerados. Destaca-se ainda o aumento significativo dos níveis de emprego (EMP), capital físico (CF) e gasto com saúde (SAP) dos municípios atendidos pelo arco, comparando os períodos antes e após a criação do arco metropolitano.

A Tabela 2 apresenta o resultado do pareamento da amostra pelo método da Entropia. Assim como mencionado na seção 3, o pareamento foi realizado considerando o primeiro momento da amostra, isto é, a média das variáveis utilizadas. É possível notar que, antes da realização do procedimento de Entropia, as médias entre os grupos de tratados (municípios cortados pelo Arco) e controle (municípios não cortados pelo Arco) apresentavam diferenças significativas¹⁰. No entanto, após realizado o balanceamento por Entropia, observa-se um equilíbrio entre as médias, indicando que o método foi capaz de gerar pesos de modo que para cada unidade tratada, haverá um contrafactual similar, diferenciando-se pelo fato de ser atendido ou não pelo arco metropolitano. Tais pesos são incorporados nas estimações realizadas¹¹.

¹⁰ Tais diferenças foram estatisticamente confirmadas pelo teste de diferença de médias.

¹¹ É importante mencionar que o balanceamento que melhor se ajustou à amostra considerada não incorporou a variável relativa ao número de homicídios (Hom). Sendo assim, mesmo controlando para o viés gerado pelas

Tabela 2 – Pareamento por Entropia

Antes do Balanceamento por Entropia						
Tratamento				Controle		
Co-variadas	Média	Variância	Assimetria	Média	Variância	Assimetria
DENS	794,8	405541	0,5858	604,3	3688274	4,688
EMP	36608	2,31E+09	1,377	13890	6,39E+08	3,437
SAP	217,8	5669	0,8255	414,4	78935	2,597
CF	3642	1,64E+07	0,9213	1353	4235244	2,271
CH	3,7	0,02571	0,6667	4,241	0,183	0,1033
Após Balanceamento por Entropia						
Tratamento				Controle		
Co-variadas	Média	Variância	Assimetria	Média	Variância	Assimetria
DENS	794,8	405541	0,5858	794,5	1978546	1,463
EMP	36608	2,31E+09	1,377	36594	3,52E+09	1,44
SAP	217,8	5669	0,8255	217,8	11515	1,036
CF	3642	1,64E+07	0,9213	3641	1,18E+07	0,6518
CH	3,7	0,02571	0,6667	3,7	0,09086	0,3541

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Obs! : DENS – Densidade; EMP – Empregos; SAP – Gasto Municipal de Saúde; CF – Capital Físico; CH – Capital Humano.

4.2. Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

Para mapear as variáveis, foi realizada a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), por meio do teste de autocorrelação espacial *I* de Moran Diferencial, discriminando os grupos de tratamento e controle. Este teste examina a ocorrência de autocorrelação espacial com base em transformações que ocorrerem ao longo do tempo, como na construção do AMRJ¹². A expressão algébrica do teste pode ser vista a seguir:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z'Wz}{z'z} \quad (3)$$

em que *n* representa o número de municípios fluminenses; *S*₀ é a soma de todos os elementos da matriz de pesos espaciais *W*; *z* denota o vetor com os valores da variável de interesse padronizada, observada em primeiras diferenças (*Y*_{*it*} – *Y*_{*i(t-1)*}); e *Wz* corresponde ao vetor com os valores médios que os vizinhos apresentam para a variável de interesse padronizada; *W* é a matriz ponderação espacial. Cabe ressaltar que quando *W* é padronizada na linha, *S*₀ é igual a *n*.

A Tabela 3 informa que, em ambos os grupos, observou-se padrões espaciais da variável dependente e das variáveis de pareamento, sejam de similaridade (autocorrelação positiva) ou de dispersão (autocorrelação negativa).

Tabela 3: Indicadores de autocorrelação espacial diferencial por grupo de análise

Variável	Grupo	Matriz	Coefficiente	P-valor
PIB	Tratamento	<i>k-1</i>	0,6118	0,0060***
	Controle	<i>k-4</i>	-0,1860	0,0170**
CF	Tratamento	<i>k-4</i>	-0,4457	0,0010***
	Controle	<i>k-1</i>	0,4911	0,0040***

diferenças em observáveis das demais variáveis consideradas, as diferenças relativas ao número de homicídios podem representar uma possível fonte de viés.

¹² Maiores informações sobre o *I* de Moran diferencial, consultar Anselin (2016).

CH	Tratamento	$k-2$	0,1225	0,0160**
	Controle	$k-2$	0,0383	0,1920
EMP	Tratamento	$k-4$	-0,4479	0,0010***
	Controle	$k-1$	0,1555	0,0260**
SAP	Tratamento	$k-1$	-0,6826	0,0960*
	Controle	$k-2$	0,1117	0,0760*
DENS	Tratamento	$k-2$	-0,5030	0,0890*
	Controle	$k-3$	0,1061	0,0250**
HOM	Tratamento	$k-5$	-0,2538	0,0170**
	Controle	$k-2$	0,2367	0,0090***

Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs!: PIB – PIB *per capita*; CF – Capital Físico; CH – Capital Humano; EMP – Empregos; SAP – Gasto Municipal de Saúde; DENS – Densidade; HOM – Taxa de Homicídios.

Nota: * Significativo a 10%; ** Significativo a 5%; *** Significativo a 1%.

O teste *join count* ou contagem de junções foi utilizado para avaliar a variável binária de interesse AMRJ. Este teste relaciona se os municípios fluminenses que compõem o Arco Metropolitano estão autocorrelacionados espacialmente. Os municípios pertencentes ao AMRJ apresentam a terminologia “Negra” (N), enquanto os demais municípios são determinados como “Branco” (B). Desta maneira, três são as possíveis junções (*joins*) a serem formadas: NN, NB e BB. As junções do tipo NN, por exemplo, correspondem ao número de municípios do AMRJ que são vizinhos a municípios que também fazem pertencem ao Arco Metropolitano.

A Tabela 4 informa que, através da matriz de ponderação espacial de cinco vizinhos mais próximos¹³, observaram-se 7 junções do tipo NN e 26 do tipo NB, quando os valores esperados seriam de 1,5 e 37, respectivamente. Apresentando o número observado maior que o valor esperado de junções, rejeita-se a hipótese nula do teste, sinalizando a ocorrência de padrões espaciais para as junções do tipo NN. Por sua vez, as junções do tipo NB registraram o valor esperado maior que o valor observado, o que remete a inexistência de padrões espaciais.

Tabela 4: Teste de autocorrelação para a variável de interesse AMRJ

Tipo de Contagem	Número de Junções	Valor Esperado	P-valor
NN	7	1,5385	0,0000***
NB	26	36,9231	0,9999

Fonte: Elaborado própria.

Nota: * Significativo a 10%; ** Significativo a 5%; *** Significativo a 1%.

4.3. AMRJ e os efeitos no PIB per capita fluminense

Preliminarmente, optou-se por estimar o modelo de diferenças-em-diferenças, de maneira convencional e sem pareamento. Pela segunda coluna da Tabela 5, pode-se observar que a variável de interesse, AMRJ, não apresentou significância estatística.

Após a implementação da técnica de entropia, pela terceira coluna da Tabela 5, é possível inferir que o coeficiente da variável *dummy* AMRJ foi estatisticamente significativo. Entretanto, ao testar os resíduos desta regressão, viu-se que os mesmos apresentaram autocorrelação espacial¹⁴, não sendo possível garantir a hipótese SUTVA e a premissa de média condicional, indicando má especificação deste modelo, bem como inviabilizando a interpretação de seus resultados. Com a constatação de existência de autocorrelação espacial, é possível apontar para a ocorrência de transbordamentos espaciais entre os municípios tratados

¹³ A escolha das matrizes de defasagem espacial, para os testes de Moran Diferencial e *join count*, foi feita com base no procedimento de Baumont (2004).

¹⁴ O valor do teste *I* de Moran Global foi de 0,5190, sendo significativo a 1%.

e não tratados, tornando-se necessário estimar um SDID para encontrar de forma consistente e eficiente o efeito causal do AMRJ.

Tabela 5: Estimacões sem controle espacial e sem pareamento, com pareamento e com controle espacial e pareamento, utilizando a *dummy* AMRJ como variável de interesse, e seus efeitos sobre a taxa de crescimento do PIB *per capita*

Variável	MQO	MQOE	SLX
Constante	2,9820*** (0,6479)	4,2714*** (0,0136)	4,2714*** (0,0137)
t	0,2372 (0,1617)	0,1363*** (0,0272)	0,1372*** (0,0275)
AMRJ	0,0140 (0,0825)	0,1900*** (0,0385)	0,1955*** (0,0420)
CF	0,3721** (0,1833)	-	-
CH	-0,3874 (0,4373)	-	-
IFDM	-0,0041 (0,2527)	-	-
EMP	0,0186 (0,0333)	-	-
SAP	0,0881 (0,0544)	-	-
DENS	-0,0445 (0,0326)	-	-
HOM	0,0561* (0,0251)	-	-
WAMRJ	-	-	-0,0173 (0,0511)
	Estatísticas		
R ²	0,2595	0,1423	0,1416
AIC	-313,9762	-350,6460	-348,8621
Matriz	-	<i>k-1</i>	<i>k-1</i>
Tamanho da Amostra	182	182	182

Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs-1: AMRJ – *Dummy* Arco Metropolitano do Rio de Janeiro.

Obs2: Desvio Padrão entre parênteses.

Nota: * Significativo a 10%; ** Significativo a 5%; *** Significativo a 1%.

Desta forma, a estratégia empírica adotado foi estimar a taxonomia de modelos de diferenças-em-diferenças espacial, como segue: SDID-SAR, SDID-SEM, SDID-SLX, SDID-SDM e SDID-SDM. A fim de definir qual destes modelos é o melhor para alcançar o objetivo proposto, em um primeiro momento, verificou-se a ausência de autocorrelação espacial nos resíduos dos modelos espaciais estimados. Entre as regressões que não apresentaram autocorrelação espacial, foi adotado, em um segundo momento, um critério de qualidade do ajuste por meio do menor valor do critério de informação AIC. Com base nestes dois passos, é possível selecionar o melhor modelo SDID. Diante da adoção deste procedimento, verificou-se que o modelo SDID-SLX, estimado por máxima verossimilhança, é o modelo mais adequado para estimar os efeitos do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro no crescimento econômico dos municípios fluminenses.

Analisando a quarta coluna da Tabela 5 percebe-se que, após o controle espacial, o coeficiente da variável *dummy* AMRJ continuou estatisticamente significativo. Por se tratar de uma variável binária, a sua interpretação, de acordo com Wooldridge (2002, p. 216), requer atenção. Uma vez que a variável dependente é tida na forma de $\log(y)$, a análise de seus efeitos deve seguir a expressão:

$$100 * [\exp(\widehat{\beta}_{DAMRJ}) - 1] \quad (4)$$

Desta forma, o fato de um município ter pertencido ao grupo tratamento, ou seja, ter sido beneficiado pelo acesso direto ao Arco Metropolitano, contribuiu positivamente para o seu crescimento econômico, percebido pelo efeito total médio de 21,6%. Prováveis fundamentações para este resultado podem estar correlacionadas ao aumento do acesso destes municípios à rede de transportes estadual. Neste caso, as externalidades positivas geradas pela expansão da acessibilidade, assim como em Amarante (2011), sobrepuseram-se sobre as externalidades negativas, elevando o incremento no PIB *per capita* dos municípios transpostos pelo AMRJ.

Esta associação caminha em desacordo com o “argumento da via de mão dupla”. Neste caso, a ligação de regiões periféricas a regiões centrais apontou efeitos distributivos convergentes aos pretendidos. Diferentemente do ocorrido em Castro (2016) na avaliação feita para Minas Gerais que apresentou “renda transferida da periferia para o centro”, uma vez que os efeitos da pavimentação das vias rodoviárias mineiras não resultaram em maior crescimento econômico dos municípios contemplados (PRESTON e HOLDAY, 2005; SACTRA, 1999).

Em termos de políticas públicas, reforça-se a cautela que o avaliador/estudioso deve possuir na construção de bons contrafactuais ao grupo de tratamento. Considerando o pareamento por entropia, mostra-se que o efeito do AMRJ é positivo. Por sua vez, quando não se adota nenhum critério de pareamento, o impacto do Arco Metropolitano no crescimento econômico fluminense pode ser considerado nulo.

5. Considerações Finais

Neste trabalho, procurou-se avaliar o impacto do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro (AMRJ) sobre o crescimento econômico dos municípios fluminenses entre os anos de 2007 e 2015. Para tal ação, foi elaborado um quase-experimento que associou a abordagem das diferenças-em-diferenças às técnicas espaciais e ao pareamento por entropia.

Os resultados alcançados apontam que, em média, os impactos no crescimento econômico dos municípios pertencentes ao grupo de tratamento, ou seja, dos municípios cortados pelo AMRJ, foram estatisticamente positivos. As externalidades positivas geradas pela expansão da acessibilidade, neste caso, mais que compensaram as externalidades negativas, caminhando em desacordo com o “argumento da via de mão dupla”.

Em suma, este estudo contribui para a literatura econômica de avaliação de políticas públicas por levar em conta a dependência espacial presente, associada à construção do grupo de controle por meio da entropia, para estimar consistentemente o efeito causal do AMRJ.

Possíveis extensões poderiam analisar o impacto do AMRJ sobre os setores da economia fluminense de maneira individual. Alternativamente o enfoque também poderia recair sobre tópicos mais específicos como os efeitos percebidos no mercado imobiliário ou mesmo na logística/cobrança de fretes.

Referências

AGÉNOR, P.R. e MORENO-DODSON, B. *Public infrastructure and economic growth: new channels and policy implications*, in M. Francese, D. Franco, and R. Giordano (eds) *Public Expenditure*, Banca d'Italia, Roma, 2007.

ALMEIDA, E. S. *Econometria Espacial Aplicada*. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012.

AMARANTE, A. Ensaio sobre economia regional e urbana. 2011. 128 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre, 2011.

ANSELIN, L. *Local indicators of spatial association - LISA*. *Geographical Analysis*, v.27, n.2, p.93-115, 1995.

ANSELIN, L. GeoDa™ 1.8.14 User's Guide. Center for Spatial Data Science, University of Chicago, 2016.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Anuário Estatístico de Transportes (2010-2016) Disponível em: <http://transportes.gov.br/anu%C3%A1rio_estatistico.html>. - Acesso em: 01/08/2018.

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

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

BAUMONT, C. *Spatial Effects in housing price models: do house prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon (1999)?* Université de Bourgogne, 2004 (mimeo).

BECKER, S. O.; ICHINO, A. *Estimation of average treatment effects based on propensity scores*. *The Stata Journal*, v. 2, n. 4, p. 358-377, 2002.

BERECHMAN, J. *The evaluation of transportation investment projects*. *Routledge Advances in Management and Business*. New York, 2009.

BRASIL, Secretaria de Portos da Presidência da República, Pesquisas e Estudos para a Logística Portuária e Desenvolvimento de Instrumentos de Apoio ao Planejamento Portuário, 2012.

CABRAL, M. V. F. Avaliação do impacto do INFOCRIM sobre as taxas de homicídios dos municípios paulistas: uma aplicação do método de diferenças em diferenças espacial. 2016, 119 p. Tese de doutorado (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – MG, 2016.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. *Microeconomics: methods and applications*. *Cambridge University Press*, Cambridge, 2005.

CASTRO, L. S. Crescimento Econômico e Infraestrutura: O Impacto do ProAcesso em Minas Gerais. 2016. 144 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Viçosa, 2016.

DIAS, L. R. S.; SIMÕES, R. F. Infraestrutura de transportes e desenvolvimento econômico: um estudo do PROACESSO em Minas Gerais. In: Anais do XV Seminário sobre a Economia Mineira, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional CEDEPLAR/UFMG – 2012, Diamantina, MG, 2012.

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, 1996.

FERREIRA, P. C. G.; MALLIAGROS, T. G. Impactos Produtivos da Infraestrutura no Brasil, 1950-1995. *Pesquisa e Planejamento Econômico* (Rio de Janeiro), Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 315-338, 1998.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Avaliação dos Impactos Logísticos e Socioeconômicos da Implantação Do Arco Metropolitano Do Rio De Janeiro. In: Estudos para o Desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro, 2008.

FUJITA, M.; KRUGMAN, P.; VENABLES, A. J. Economia Espacial: urbanização, prosperidade econômica e desenvolvimento humano no mundo. Editora Futura: São Paulo, 2002.

GUIMARÃES, P. M. Dois Ensaio Sobre a Questão da Convergência de Renda no Brasil. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Juiz de Fora, 2012.

HAINMUELLER, J. Entropy balancing for causal effects: A multivariate reweighting method to produce balanced samples in observational studies. *Political Analysis*, v.20, n.1, p. 25-46, 2012.

KELEJIAN, H. H.; ROBINSON, D. P. *Infrastructure Productivity Estimation and its Underlying Econometric Specifications: A Sensitivity Analysis. Papers in Regional Science*, v.76, n.1, 1997.

KHAN, T. A violência brasileira. *Conjuntura Criminal*, ano 1, n.3, 1998.

KRUGMAN, P.R. *Geography and Trade*. Cambridge: MIT Press, 1991.

LESAGE, J.; PACE, R. K. *Introduction to Spatial Econometrics*, CRC Press, 2009.

LUCAS, R. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 1988.

MALLIAGROS, T. G. O impacto da infraestrutura sobre o crescimento da produtividade do setor privado e do produto brasileiro: análise empírica e evolução histórica. Dissertação (Mestrado em Economia) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia, Rio de Janeiro, 1997.

- MANKIW, N., ROMER, D. WEIL, D. A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*. V.107, p. 407-37, 1992.
- MORAN, P. A. P. *The interpretation of statistical maps*. *Journal of Royal Statistical Society, series B*, vol. 10, n.2, p.243-251, 1948.
- PDAM – Plano Diretor do Arco Metropolitano. Maio, 2011. Disponível em: <<http://www.camarametropolitana.rj.gov.br/PlanoDiretor.pdf>>. Acesso em: 23/08/2018.
- PRESTON, J. *Integrating transport with socio-economic activity - a research agenda for the new millennium*. *Journal of Transport Geography*, v.9, n.1, p.13-24, 2001.
- PRESTON, J; HOLVAD, T. *Road transport an additional economic benefits*. [S. l.]. *University of Oxford, Transport Studies Unit*, 2005.
- ROCHA, F.; GIUBERTI, A. C. Composição do Gasto Público e Crescimento Econômico: um estudo em painel para os estados brasileiros. *Economia Aplicada*, v.11, n.4, p.463-485, 2007.
- RIMA – Relatório de Impacto Ambiental: Projeto de Implantação do arco Metropolitano do Rio de Janeiro BR-493/RJ-109. Junho, 2007. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/download/meio-ambiente/acoes-e-atividades/estudos-ambientais/br-493-rj/br-493-rj.pdf>>. Acesso em: 23/08/2018.
- RUBIN, D. *Assignment to a Treatment group on the basis of a Covariate*. *Journal of Educational Statistics*, v. 2, n. 1, p. 1-26, 1977.
- SACTRA – *Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment*. *Transport and the Economy*. DETR, Londres, 1999.
- SHAH, A. Dynamics of public infrastructure, industrial productivity and profitability. *The Review of Economics and Statistics*, v. 74, n. 1, p. 28-36, 1992.
- SOLOW, R. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 98, 1956.
- STURM, J-E.; JACOBS, J.; GROOTE, P. *Output Effects of Infrastructure Investment in the Netherlands, 1853-1913*. *Journal of Macroeconomics*, v. 21, n. 2, p. 355–380, 1999.
- WOOLDRIDGE, J. M. *Introdução à econometria: Uma abordagem moderna*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.