

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA  
MESTRADO EM ECONOMIA**

**GUILHERME FERREIRA DE LIMA JÚNIOR**

**Os Impactos do PAC no Crescimento Econômico Regional: Uma Abordagem Pós-  
Keynesiana Multissetorial**

**UBERLÂNDIA-MG  
Fevereiro – 2017**

**GUILHERME FERREIRA DE LIMA JÚNIOR**

**Os Impactos do PAC no Crescimento Econômico Regional: Uma Abordagem Pós-Keynesiana Multissetorial**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação do Instituto de Economia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento Econômico

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Jonas Costa da Silva

**UBERLÂNDIA-MG**  
**Fevereiro – 2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

L732i Lima Júnior, Guilherme Ferreira de, 1991-  
2017 Os impactos do PAC no crescimento econômico regional : uma  
abordagem PósKeynesiana multissetorial / Guilherme Ferreira de Lima  
Júnior. - 2017.  
70 f.

Orientador: Guilherme Jonas Costa da Silva.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Economia.  
Inclui bibliografia.

1. Economia - Teses. 2. Infraestrutura (Economia) - Transporte -  
Teses. 3. Desenvolvimento regional - Brasil - Teses. 4. Comércio  
exterior - Teses. I. Silva, Guilherme Jonas Costa da. II. Universidade  
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Economia. III.  
Título.

---

CDU: 330

**GUILHERME FERREIRA DE LIMA JÚNIOR**

**Os Impactos do PAC no Crescimento Econômico Regional: Uma Abordagem Pós-Keynesiana Multissetorial**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação do Instituto de Economia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento Econômico

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Guilherme Jonas Costa da Silva (Orientador/UFU)

---

Prof. Dr. Fábio Henrique Bittes Terra (UFU)

---

Prof. Dr. Luiz Alberto Esteves (BNB/UFPR)

**UBERLÂNDIA-MG**  
**Fevereiro – 2017**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, pelo suporte espiritual e físico e pela possibilidade de a cada dia me aperfeiçoar moral e intelectualmente.

Agradeço à minha família, pelo apoio na vida, o que me ajudou a percorrer o caminho que deveria ser percorrido a cada dia.

Também agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme Jonas Costa da Silva, pela amizade e na elaboração da dissertação. Também gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Luiz Alberto Esteves e ao Prof. Dr. Fábio Henrique Bittes Terra, pela aceitação em participar da banca examinadora da dissertação.

Por último, agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro.

## RESUMO

O objetivo desta dissertação é analisar os efeitos dos investimentos em infraestrutura rodoviária para o comércio exterior com os BRICS, bem como seus efeitos sobre o crescimento per capita dos estados brasileiros. Para tanto, constrói-se um modelo multissetorial de crescimento conduzido pelas exportações que será utilizado como referência na análise empírica, que avança em termos matemáticos com a inclusão dos investimentos em infraestrutura impactando o comércio entre os países. A metodologia empregada neste trabalho é a de dados em painel e o período de análise compreende os anos de 2008 a 2013, em função da disponibilidade de dados. Os resultados são categóricos, no sentido de demonstrar que o comércio dos estados brasileiros foram afetados pelos investimentos rodoviários do PAC. As estimativas foram realizadas em três recortes: todos os estados; estados do Sul e Sudeste; e com os estados do Nordeste, Norte e Centro-Oeste. Pode-se afirmar, ainda, que as economias dos estados do Sul e Sudeste, que possuem uma melhor infraestrutura, tiveram um impacto positivo dos investimentos do PAC concluídos, enquanto que nas regiões de pior infraestrutura, Norte, Nordeste e Centro-Oeste, os investimentos do PAC tiveram um impacto negativo na renda; regiões com uma infraestrutura deficitária devem sofrer um impacto positivo na renda quando a infraestrutura atingir um nível mínimo de competitividade. Com isso, pode-se destacar que os investimentos do PAC devem ser concluídos e estimulados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, para melhorar o desempenho econômico dessas regiões.

**PALAVRAS-CHAVE:** Infraestrutura Rodoviária; Crescimento Econômico; Comércio Exterior; Dados em Painel; Brasil.

## ABSTRACT

This dissertation aims to analyze the effects of investments in road infrastructure for foreign trade with the BRICS, as well as their effects on the per capita growth of the Brazilian states. For this, a multisectoral model of export-led growth is constructed, which will be used as a reference in the empirical analysis, which advances in mathematical terms with the inclusion of infrastructure investments impacting trade between countries. The methodology employed in this work is that of panel data and the period of analysis comprises the years 2008 to 2013, due to the availability of data. The results are categorical, in order to demonstrate that the trade of the Brazilian states was affected by the PAC's road investments. The estimates were made in three cuts: all states; Southern and Southeastern states; And with the states of the Northeast, North and Central West. It is also possible to affirm that the economies of the South and Southeast states, which have a better infrastructure, had a positive impact on the investments of the PAC, while in the worst infrastructure regions, North, Northeast and Central West, investments Of the PAC had a negative impact on income; regions with a deficit infrastructure should have a positive impact on income when the infrastructure reaches a minimum level of competitiveness. Thus, it should be noted that PAC investments must be completed and stimulated in the North, Northeast and Central West regions to improve the economic performance of these regions.

**Keywords:** Road Infrastructure; Economic growth; Foreign trade; Panel Data; Brazil.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatísticas descritivas Brasil.....	36
Tabela 2: Estatísticas descritivas Sul e Sudeste.....	38
Tabela 3: Estatísticas descritivas Norte, Nordeste e Centro-Oeste.....	39
Tabela 4: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Brasil.....	41
Tabela 5: Estimações com painel estático para o Brasil.....	42
Tabela 6: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Sul e Sudeste.....	44
Tabela 7: Estimações do painel estático Sul e Sudeste.....	45
Tabela 8: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Norte, Nordeste e Centro-Oeste.....	47
Tabela 9: Estimações do painel estático Norte, Nordeste e Centro-Oeste.....	48
Tabela 10: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Brasil.....	52
Tabela 11: Estimações do painel estático Brasil.....	53
Tabela 12: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Sul e Sudeste.....	56
Tabela 13: Estimações do painel estático Sul e Sudeste.....	57
Tabela 14: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Norte, Nordeste e Centro-Oeste.....	59
Tabela 15: Estimações do painel estático Norte, Nordeste e Centro-Oeste.....	60
Tabela 16: Tabela com os efeitos no produto per capita dos estados Brasil.....	63
Tabela 17: Tabela com os efeitos no produto per capita Sul e Sudeste.....	64
Tabela 18: Tabela com os efeitos no produto per capita Norte, Nordeste e Centro-Oeste.....	64

## **LISTA DE QUADRO**

Quadro 1: Análise de diferentes trabalhos sobre crescimento e infraestrutura.....18

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
2. Referencial Teórico.....	11
2.1. Literatura de Base.....	11
2.2. Revisão Teórica e Empírica da Bibliografia de Infraestrutura e Crescimento.....	13
2.3. Revisão Teórica e Empírica da Bibliografia do Modelo Multissetorial de Crescimento .....	19
3. O Modelo Matemático.....	22
3.1. O Modelo com Infraestrutura Setorial.....	22
3.2. Metodologia de Dados em Painel.....	30
3.2.1. O Modelo de Efeito Fixo.....	30
3.2.2. O Modelo de Efeito Aleatório.....	32
3.3. Base de Dados.....	33
4. Resultados.....	35
4.1. Estatísticas descritivas.....	35
4.2. Resultados das estimativas em painel estático.....	40
4.2.1. Importação.....	40
4.2.2. Exportações.....	51
4.2.3. Efeito na renda.....	62
5. Conclusão.....	66
6. Referências Bibliográficas.....	68

## 1. Introdução

As economias em desenvolvimento caracterizam-se pela péssima qualidade de vida e pela pequena participação no comércio internacional. A infraestrutura ineficiente é um problema histórico dessas economias, que acaba aumentando o custo de produção e reduzindo a produtividade da economia nacional. Em geral, a deficiência de infraestrutura tem impactos diferenciados no crescimento setorial e nas desigualdades regionais de um país.

Neste trabalho foi desenvolvido um modelo multissetorial de crescimento que incorpora os investimentos em infraestrutura rodoviária, com o intuito de identificar os efeitos destes no comércio exterior com os parceiros comerciais, em particular, dos BRICS. A escolha dos países acontece pela similaridade que existe entre essas economias.

A hipótese do trabalho é que esses investimentos setoriais podem ser peça central na construção de uma estratégia de crescimento de longo prazo.

Foi empregada a metodologia de dados em painel neste trabalho e o período de análise compreende apenas os anos de 2008 a 2013, em função da disponibilidade de dados. A ideia é testar a hipótese supracitada e tentar prever os possíveis efeitos que a infraestrutura setorial pode gerar para a economia. Neste caso, seria possível propor políticas direcionadas para os setores considerados estratégicos, que são aqueles que gerariam os maiores retornos para a economia analisada.

Para atingir os objetivos propostos e testar a hipótese lançada, o trabalho está estruturado em quatro seções, além desta introdução. A primeira seção destina-se a uma revisão teórica da relação entre infraestrutura e crescimento de longo prazo. A seção seguinte apresenta o modelo multissetorial que incorpora explicitamente os investimentos em infraestrutura, com a metodologia e a base de dados. Na sequência, a atenção volta-se para os resultados encontrados nas estimativas do modelo de dados em painel. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

## 2. Referencial Teórico

A literatura sobre crescimento econômico que será utilizada no trabalho trata da relação entre infraestrutura, exportações e desenvolvimento regional. Será construído um modelo multissetorial de crescimento com a infraestrutura setorial, a fim de detectar os setores que mais contribuem para o crescimento das economias, em particular, a brasileira.

### 2.1. Literatura de Base

O debate em torno dos determinantes do crescimento econômico é antigo na economia, tendo como umas das variáveis centrais a infraestrutura. Em economias com elevada desigualdade regional, o papel do crescimento econômico ganha uma maior importância. Assim, tenta-se analisar a infraestrutura com o crescimento econômico e o desenvolvimento regional de uma economia.

Para Hirschman, a infraestrutura possui um papel permissivo na economia, já que reduz os custos empresariais, facilitando e estimulando novos investimentos, dependendo do nível de estoque de infraestrutura presente na economia em relação a atividade econômica na região (Hirschman, 1961).

Hirschman defende a distinção entre CFS, que é capital fixo social, e as atividades diretamente produtivas, que podem ser chamadas de ADP. O CFS é todo o capital público que dá suporte as atividades produtivas, sendo que esses serviços públicos são: 1) básicos ao desenvolvimento; 2) mantidos ou fiscalizados pelo setor público; 3) oriundos de investimentos de elevada relação capital produto. Os investimentos que sustentam e alavancam o desenvolvimento são em infraestrutura de transporte, de energia elétrica e capital fixo social (Hirschman, 1961).

A busca por uma relação balanceada entre capital fixo social e atividades diretamente produtivas seria o ideal, mas não é isso que acontece, sendo que o desalinhamento nessa relação gera um custo social. Para Hirschman (1961), existem duas relações de crescimento econômico, que são provocados pelas atividades diretamente produtivas ou pelo capital fixo social:

- 1) Pela capacidade excessiva de capital fixo social, onde ele levaria ao incentivo da melhora das atividades diretamente produtivas, com redução de custos e melhora da competitividade das empresas;
- 2) Crescimento via atividades diretamente produtivas, o crescimento do setor produtivo pressionaria a melhora do capital fixo social.

Em um primeiro momento, seria necessária uma condição mínima de capital fixo social para as atividades diretamente produtivas serem incentivadas, tornando as atividades diretamente produtivas menos custosas. Já os incentivos a capital fixo social em excesso podem levar a custos elevados com baixo crescimento, sendo esta a estratégia recomendada para países subdesenvolvidos, que possuem recursos muito escassos (Hirschman, 1961).

O desenvolvimento desigual pode ser resultado do desenvolvimento regional e internacional concentrado em determinadas regiões. Com efeito, Hirschman coloca que as regiões podem ter ganhos positivos de fluência ou negativos de polarização. Os ganhos de fluência podem ser decorrentes de ganhos com investimentos que as regiões concentradoras realizam no seu entorno. Já perdas de polarização decorrem da concentração de trabalhadores e capital que acabam subtraindo das regiões menos desenvolvidas, o que compromete o desenvolvimento dessas regiões no longo prazo (Hirschman, 1961).

Hirschman destaca que o investimento público é o principal meio de confrontar as desigualdades regionais, pela capacidade de confrontar o crescimento concentrado em uma determinada região. Para o autor, existem três padrões de investimento público que as economias em geral percorrem, ao longo do tempo; dispersão; incentivo às regiões atrasadas; e concentração dos gastos em regiões de grande crescimento econômico (Hirschman, 1961).

Investimento disperso seria o padrão seguido pelos países em desenvolvimento, sendo que tenta satisfazer os diversos interesses particulares das regiões, dificultando a elaboração de projetos mais custosos (Hirschman, 1961).

O segundo padrão é aquele que aconteceria na sequência, quando haveria o padrão de investimento em regiões de crescimento econômico. Este investimento é facilitado pelo crédito internacional para essas localidades, que tende a se concentrar em regiões que vivem um crescimento econômico, e que inclina-se a possuir uma infraestrutura que não acompanha o crescimento econômico (Hirschman, 1961).

A terceira etapa seria do padrão de investimento em regiões atrasadas, incentivado pelas regiões que buscam um desenvolvimento menos concentrado. O Estado acaba

capitaneando isso, em busca de reduzir os custos de polarização inseridos nessa região (Hirschman, 1961).

Hirschman não defende uma sequência entre os padrões, mas pode-se destacar que o padrão de dispersão evolui para o padrão de crescimento econômico, em geral pelo aumento de receitas do governo ao longo do tempo, impactando, assim, na capacidade do Estado de investimento (Hirschman, 1961).

Com o tempo, as regiões de elevado crescimento acabam necessitando de menores recursos para manter o crescimento econômico, com isso, existem as sobras de recursos que os investimentos provocam nas regiões de crescimento econômico. A economia acaba alterando seu padrão de alocação de recursos públicos, começando a investir em regiões atrasadas (Hirschman, 1961).

Assim, nota-se que a infraestrutura possui uma associação forte com o crescimento das economias, demonstrando a necessidade do apoio governamental para melhorar a competitividade, o crescimento e a qualidade de vida da população.

## 2.2. Revisão Teórica e Empírica da Bibliografia de Infraestrutura e Crescimento

O debate em torno da relação entre infraestrutura e crescimento da economia é antigo, já que uma infraestrutura logística adequada reduz os custos de produção, melhora a produtividade e, consequentemente, o crescimento da economia (Aschauer, 1989).

Os resultados encontrados em Aschauer (1989) indicaram que o estoque de capital é mais importante na determinação da produtividade que o fluxo de gastos, demonstrando uma maior preocupação com gastos em infraestrutura, em detrimento de gastos apenas militares. O período do trabalho foi de 1949 a 1985, para os Estados Unidos. Com isso, a economia pode auferir maiores retornos econômicos, por meio da ação do Estado com gastos públicos, sendo que o ganho pode acontecer principalmente na direção de acrescentar estrutura na economia (Aschauer, 1989).

Ferreira e Milliagros (1998) apresentaram uma proposta de análise, ainda que incipiente, relacionando a infraestrutura multisectorial, ao crescimento para a economia brasileira, considerando o período de 1950-1995. Os resultados mais importantes foram os correspondentes às elasticidades de energia e transporte. Ademais, demonstraram também que

existe uma forte associação entre infraestrutura e produtividade total dos fatores na economia brasileira.

Uma análise mais recente é apresentada no artigo de Agénor (2005), que estuda a alocação ótima do governo entre infraestrutura e saúde. A infraestrutura impacta diretamente na produtividade da sociedade e na própria saúde, por impactar o fornecimento de serviços de saúde à população. A questão da saúde é colocada no modelo por meio da educação e seu impacto na produtividade do país, sendo assim, a saúde teria um impacto indireto no crescimento da economia, por meio da produtividade e da melhora do capital humano (Agénor, 2005).

Observando as economias do OCDE, o artigo de Seethpalli et alii (2007) analisa se os investimentos em infraestrutura podem impulsionar a economia. As séries temporais demonstram que existe uma associação entre crescimento da economia e investimento em infraestrutura. Existe ainda o questionamento se investimento público representa uma boa medida para investimento em infraestrutura, já que as concessões e as privatizações têm aumentado a diferença entre essas variáveis (Seethpalli et alii 2007).

Outro ponto que pode ser ressaltado na modificação dos movimentos dos investimentos em infraestrutura pode ser o marco regulatório. Uma análise dos marcos regulatórios da economia brasileira. Ressaltando que os investimentos privados em infraestrutura nos anos 1990 na economia brasileira foram superiores a determinados países da Ásia como a China, demonstrando o forte avanço institucional e regulatório do Brasil. Além disso, o comportamento das agências regulatórias dá a entender que existe uma curva de aprendizagem entre as empresas (Correa, 2007).

Avançando na literatura, existe a discussão das linhas de financiamento ao investimento em infraestrutura. O artigo de Cockburn et alii (2013) sugere que o financiamento deve ser de origem internacional, de preferência no Paquistão e nas Filipinas, e o financiamento por meio de imposto de produção deve ser preferível na China. O financiamento internacional leva a uma apreciação do câmbio, mas os ganhos de produtividade acabam resultando em efeito positivo para a economia (Cockburn et alii, 2013).

O efeito da infraestrutura e seu impacto no crescimento da economia, depende da discussão da maturidade dos investimentos e da causalidade entre essas variáveis. Em geral, os trabalhos indicam que a maturação dos investimentos em ferrovias são mais demorados que os investimentos em rodovias.

O trabalho de Da Silva et alii (2013) tenta auferir a maturação dos investimentos em ferrovias e rodovias por meio da causalidade de *granger* no período de 1950 a 2004 na economia brasileira. Os resultados demonstraram que existe uma causalidade reversa de curto prazo entre investimentos rodoviários e PIB, ou seja, uma bicausalidade, que se mantém durante o tempo. Nos investimentos ferroviários não foi encontrada relação com o crescimento da economia. Já a causalidade entre os investimentos rodoviário e ferroviário encontrada no trabalho indica que pode existir uma complementaridade ou substituição entre esses investimentos na economia (Da Silva et alii, 2013).

Para a causação entre a infraestrutura e crescimento, não existe consenso entre os teóricos sobre qual variável deve ser incentivada para conquistar o crescimento econômico. Entretanto, a literatura econômica acaba tratando essa relação de forma unilateral, da infraestrutura para o crescimento da economia. De fato, a infraestrutura provoca o crescimento da economia, já que estes investimentos têm um papel importante no sentido de incentivar os investimentos privados, aumentando a competitividade e o crescimento econômico. Por outro lado, o crescimento da economia pode incentivar o aumento da infraestrutura, estimulando o empresariado a melhorar a atividade da economia. Nesse sentido, a ação do governo *a priori* provocaria maiores ganhos a sociedade, podendo ser o impulsionador do crescimento de uma economia.

Por último, teria a questão do desenvolvimento regional e seus impactos partindo de uma estratégia de melhora da infraestrutura da economia.

A especialização de uma região apenas se torna benéfica para o todo se existe o transporte eficiente entre as regiões, caso contrário, as regiões acabariam sendo obrigadas a produzir todos os tipos de produtos, levando a economia à ineficiência.

A diferença regional da China entre as regiões costeiras e do interior, mostra-se um desafio para a economia no sentido de manter a estabilidade social e o crescimento da economia nos próximos anos. Inicialmente, o processo de crescimento da economia da China acabou contribuindo para uma convergência do PIB per capita das regiões chinesas, mas a partir dos anos 1990 o forte crescimento ao longo de períodos longos acabou aumentando a desigualdade da China. As regiões costeiras aumentaram a renda média acima da renda nacional, contribuindo para o aumento da desigualdade nacional (Démurger, 2001).

Silva e Fortunato (2007) também avaliaram o impacto dos investimentos em infraestrutura na economia brasileira. Os resultados indicaram que as regiões mais

desenvolvidas (Sudeste e Sul) são aquelas que possuem maior concentração de infraestrutura. Nestas, foram encontrados os maiores efeitos para os investimentos em infraestrutura de comunicação e energia; já no caso das regiões menos desenvolvidas (Nordeste e Norte), os gastos mais produtivos foram os investimentos em infraestrutura de transporte. Esse resultado também pode ser observado em Bertussi (2010), sendo que, segundo a autora, os investimentos em infraestrutura são mais produtivos em regiões menos desenvolvidas, situação já esperada devido à deficiência na infraestrutura.

Domingues et alii (2009) analisaram os impactos dos investimentos no desenvolvimento regional e no crescimento econômico de Minas Gerais, sendo que parte dos investimentos previstos em infraestrutura para Minas Gerais são decorrentes do PAC. Os resultados indicaram que os investimentos do PAC contribuíram para o crescimento e para aumentar a desigualdade regional do Estado no longo prazo.

Komarova et alii (2014) fazem uma análise sobre a importância da infraestrutura para o desenvolvimento sustentável e competitivo do Tartaristão. O papel da infraestrutura se mostra tão importante em termos regionais, que sua avaliação é de difícil estimativa. Este papel é o de promover o desenvolvimento do núcleo da região, bem como facilitar o desenvolvimento de outras regiões, supondo-se que qualquer melhora da integração e o desenvolvimento podem partir da melhora da infraestrutura do núcleo, que desenvolve a área social e econômica de toda a região (Komarova et alii 2014).

Além disso, o artigo de Chotia e Rao (2015), comprova que existe uma associação entre os investimentos em infraestrutura e o crescimento da economia na Índia. Pelas disparidades regionais da Índia, o estudo de sua economia se mostra importante para a obtenção de um crescimento equilibrado.

No trabalho de Arbués et alii (2015) há um estudo do transbordamento dos investimentos em infraestrutura, ou seja, os efeitos nas regiões que recebem os investimentos e nas proximidades. O trabalho parte de uma função de produção que investiga a relação direta e indireta dos investimentos em infraestrutura na Espanha. Os resultados foram que investimento em infraestrutura rodoviária impacta a região que sofreu os investimentos e as regiões próximas, já os investimentos em portos impactam mais o país do que a região, enquanto que investimentos em ferrovias e aeroportos não causaram impacto significativos, em média (Arbués et alii 2015).

O artigo de Romp e Haan (2005) tenta unir os avanços teóricos e empíricos da relação do gasto em investimento com crescimento da economia. Em geral, os estudos recentes tendem a mostrar um impacto menor dos gastos em investimentos sobre o crescimento da economia. Mas, em contrapartida, existe atualmente uma maior aceitação de que os gastos públicos em capital impactam positivamente o crescimento da economia. Existe também uma heterogeneidade entre os resultados, demonstrando que o estimador da associação entre capital público e crescimento da economia difere entre os países, regiões e setores da economia. O efeito da expansão dos investimentos em capital público depende da quantidade e qualidade do estoque de capital público na economia. Quanto maior o estoque de capital público na economia, menor será o impacto da expansão dos investimentos no crescimento da economia (Romp e Haan, 2005).

A survey de Straub (2008) confirma que o atual custo de transporte determinará a relação entre aglomeração e dispersão da economia, demonstrando a necessidade dos investimentos em infraestrutura. Para o autor, um baixo nível de investimento em infraestrutura, de uma região pobre pode sofrer um impacto negativo com os investimentos em infraestrutura, por ocasionar efeitos de dispersão na melhora do comércio entre as regiões mais ricas e mais pobres. A partir de um determinado nível de investimento em infraestrutura, a região pobre pode conseguir atingir a convergência da renda entre essas regiões, com a melhora da competitividade do capital humano e do comércio dessa região mais desfavorecida (Straub, 2008).

Parece falsa a afirmativa de que os investimentos em infraestrutura disputam os recursos com o combate à pobreza. Esse tipo de afirmativa não cabe mais na economia, dadas as fortes relações encontradas entre a melhora da infraestrutura e a redução da pobreza, bem como o bem-estar da população (Andres et alii, 2015).

A survey desses efeitos da infraestrutura na economia realizada por Jouanjean et alii (2015) ressalta que a literatura vai na direção de mostrar que a melhora da infraestrutura regional tem relação com o aumento do crescimento da economia, e com a redução da pobreza. De modo a garantir que a infraestrutura tenha esse impacto na economia, a literatura destaca a importância das políticas complementares, tais como melhoria de vias de acesso, instalações de armazenamento e acesso a crédito; com isso, a economia deve sofrer maiores efeitos provocados pela melhoria da infraestrutura. Com efeito, a redução dos custos de

transporte e redução dos preços podem ser transmitidos para toda a economia, em particular, para as regiões mais pobres e de menor renda (Jouanjean et alii 2015).

Quadro 1: Análise de diferentes trabalhos sobre crescimento e infraestrutura

Autor	Metodologia	País/região	Medida de Resultados	infraestrutura
Démurger, (2001)	Painel efeito fixo e aleatório, e 2SLS.	data, China 1985 - 1998	Infraestrutura física	A diferença de crescimento entre as regiões da China pode ser explicado pelas dotações de infraestrutura.
Cockburn, et alii, (2013)	Equilíbrio geral computável	Paquistão, Filipinas e em China	Investimento em infraestrutura	Para os três países, o aumento dos investimentos em capital público estimula o crescimento da economia.
Seethepalli, et alii (2007)	Painel data, com estimação MQO dinâmico	com OCDE 1960 - 2005	Infraestrutura física	O trabalho confirma que existe uma associação positiva entre investimento em infraestrutura e crescimento.
Arbués et alii, (2015)	GMM	Espanha 1986 - 2006	Investimento em infraestrutura	Os investimentos rodoviário foram importantes na economia, em função do impacto na região e nas proximidades.
Chotia e Rao, (2015)	Análise de componentes principais	Índia	Infraestrutura física	Comprova a associação entre o crescimento da economia e a infraestrutura.
Da Silva et alii, (2013)	Teste de granger, estudo causalidade	Brasil 1950 - 2004	Investimentos em infraestrutura	Investimentos em rodovia demonstram retornos mais rápidos para a economia, que investimentos em ferrovias.
Domingues et alii, (2009)	EGC	Minas Gerais 2008 - 2011	Investimentos em infraestrutura	Os investimentos do PAC estão associados com a melhora do crescimento da economia e com a piora da desigualdade regional do estado.
Bertussi, (2010)	Efeito fixo de painel, regressão quantílica	Brasil 1986-2007	Investimentos em infraestrutura	O investimento em infraestrutura está associado ao crescimento da economia, podendo ser usado para enfrentar a disparidade de renda regional do país.
Silva et alii, (2009)	Dados de painel, efeito fixo aleatório e MQO	Brasil 1986 - 2003	Investimentos em infraestrutura	As estimativas levam a supor que o baixo nível de investimento em infraestrutura brasileira pode estar restringindo o crescimento da economia.
Silva e Santolin, (2012)	GMM	Brasil 1995 - 2006	Investimentos em infraestrutura	Associação positiva entre os investimentos em infraestrutura e crescimento da economia.
Ribeiro e Leite, (2014)	EGC	Bahia 2007 - 2010	Investimentos em infraestrutura	Efeito positivo dos investimentos em infraestrutura sobre o crescimento da economia.

Fonte: Elaboração própria

Pode-se destacar que a maioria dos trabalhos vão na direção de uma metodologia de dados em painel estático ou dinâmico e para equilíbrio geral computável. A metodologia empregada nesta dissertação vai na mesma direção da literatura, qual seja, painel estático.

Para mensurar a infraestrutura, observa-se apenas dados de investimentos em infraestrutura disponível quando se trata de Brasil. Assim, utilizam-se os dados do PAC. Em termos internacionais está presente também a análise de infraestrutura física, mas a dificuldade de encontrar esses dados para os estados da federação brasileira inviabilizou essa estratégia.

Os resultados comprovados pelas pesquisas internacionais demonstram os impactos positivos na economia. Com isso, a aceitação da sociedade é maior da necessidade de investimentos em infraestrutura e deve crescer com o tempo.

Apesar da deficitária condição da infraestrutura urbana do Brasil, as parcerias do governo com a iniciativa privada estão centradas e programadas em outra direção, que é na exploração e produção de matérias primas, com especial atenção no Pré-sal. Assim, a condição de atrasada e pouco competitiva da economia brasileira devem se manter nos próximos anos, pelo baixo investimentos programados em infraestrutura urbana e logística (Amann et alii, 2014).

Os efeitos da infraestrutura para a economia poderiam ser analisados por duas frentes distintas, uma relacionada ao crescimento econômico e a outra ao desenvolvimento regional. Neste trabalho, pretende-se avançar na análise dos efeitos da infraestrutura sobre o crescimento de longo prazo.

Na próxima seção será realizada uma revisão do modelo multissetorial de crescimento da economia com restrição externa, que sustentará a proposta do trabalho.

### **2.3. Revisão Teórica e Empírica da Bibliografia do Modelo Multissetorial de Crescimento**

A origem dos modelos multissetoriais de crescimento conduzido pelas exportações está em Thirlwall (1979). O modelo de Thirlwall demonstra que o crescimento da economia dependeria da razão da elasticidade renda da exportação em relação à elasticidade renda da importação de uma economia e do crescimento do mundo (Thirlwall, 1979).

O debate em torno dessa Lei evoluiu para uma abordagem multissetorial, tal como desenvolvido por Araújo e Lima (2007). Nessa perspectiva, o crescimento passou a depender das elasticidades renda das exportações e importações dos setores da economia e do volume de negociações correspondente às exportações e importações. Com isso, o crescimento per-

capita da renda depende dos setores, das elasticidades, que podem ser alterados pela mudança estrutural da economia (Araújo e Lima, 2007).

Nota-se que vários autores utilizaram este modelo, tais como Gouvêa e Lima (2009), Carbonato (2010), Soares e Teixeira (2012), Santos (2014) e Paiva (2015).

O trabalho de Gouvêa e Lima (2009) investiga como a alteração na composição setorial das exportações e importações impactam na restrição externa da economia. Os autores testaram para países latino-americanos e asiáticos no período de 1962 a 2006. Com isso, a Lei multissetorial de Thirlwall não foi rejeitada para nenhum país analisado, o que demonstra a importância da composição setorial nas exportações e importações dos países analisados.

O trabalho de Carbonato (2010) chegou a algumas conclusões em relação à economia brasileira entre 1962 e 2006, para os dados setoriais de exportação e importação. As conclusões foram: 1) o padrão setorial é importante para o crescimento da economia; 2) o crescimento da economia está associado ao tipo de inserção externa que a economia teve ao longo do tempo; 3) setores de elevada tecnologia possuem elasticidades-renda maiores. Assim, a economia deve focar nesses setores para tentar auferir maiores taxas de crescimento no longo prazo.

Já o trabalho de Soares e Teixeira (2012) confirma a lei de Thirlwall multissetorial para a economia brasileira, para o período de 1980 a 2011. Os autores encontraram uma quebra estrutural na economia no ano de 1994, provavelmente decorrente da abertura comercial, que acabou mudando a estrutura setorial da economia brasileira, em direção a setores primários. Essa mudança estrutural foi contrária ao defendido pela lei de Thirlwall multissetorial, que prioriza os setores de maior conteúdo tecnológico, indicação percebida pelas elasticidades renda exportação e importação.

O trabalho de Santos (2014) utilizou dados do Brasil, desagregado em estados, para o período de 1999 e 2009. A autora demonstra que um avanço na direção do aumento da participação do setor industrial na economia brasileira, pode reduzir o hiato de produto entre o Brasil e a China.

Recentemente, o trabalho de Paiva (2015) avançou no modelo multissetorial, com a inclusão do progresso técnico endógeno e da taxa de câmbio real. O trabalho avança ao considerar a produtividade como não nula, permitindo explicar o crescimento do país pelo crescimento de outros países e pelo crescimento da produtividade setorial da economia.

Evidentemente, a atual estrutura produtiva do país, pautada nas exportações de produtos primários ou produtos com menor valor agregado, não favorecem o crescimento de longo prazo, sendo necessário recuperar a participação da indústria no produto da economia brasileira.

Como destacado em Blecker (2016), esses atuais modelos como o de Thirwall desconsideram os efeitos dos investimentos sobre as exportações, já que avaliavam apenas os efeitos das exportações sobre os investimentos. O modelo que será desenvolvido pretende avançar nesse aspecto, ao considerar os investimentos em infraestrutura impactando no comércio.

Acredita-se que melhorar a infraestrutura logística pode ajudar no crescimento. Assim, pretende-se contribuir com o debate, incluindo a infraestrutura nesse modelo multissetorial.

### 3. O Modelo Matemático

Pretende-se apresentar um modelo multisectorial de crescimento com infraestrutura setorial, a fim de subsidiar as análises empíricas da relação supracitada.

#### 3.1. O Modelo com Infraestrutura Setorial

Nesta seção, apresenta-se uma proposta de extensão do modelo desenvolvido por Araújo e Lima (2007), que considera a taxa de câmbio real efetiva e a infraestrutura setorial.

A condição de pleno emprego é:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{L_{it}}{ZZ_{it}} \sum_{j=1}^j \left( \frac{C_{it}}{L_{it}} + \frac{I_{it}}{L_{it}} + \frac{L_{it}^j}{L_{it}} \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \right) \right] = 1 \quad (1)$$

Sendo  $L$  a população e  $i$  o setor, então  $\frac{C_{it}}{L_{it}}$  e  $\frac{I_{it}}{L_{it}}$  são respectivamente o consumo e o investimento, per capita, do setor  $i$  da economia. O  $j$  representa parceiros

comerciais, colocando o  $\frac{L_{it}^j}{L_{it}}$ , sendo a força de trabalho dos parceiros comerciais  $L_{it}^j$  e

$L_{it}$  à força de trabalho do país em termos setoriais; já  $\frac{X_{it}^j}{L_{it}^j}$  representa a exportação setorial

per capita para os parceiros comerciais interpretados períodos decorridos. Por último, há a

$\frac{L_{it}}{ZZ_{it}}$ , que representa a força de trabalho do país em relação à oferta total da economia por

setor  $i$  em  $t$  períodos.

Como o  $\frac{L_{it}^j}{L_{it}} = \xi^j$ , tem-se:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{L_{it}}{ZZ_{it}} \sum_{j=1}^j \left( \frac{C_{it}}{L_{it}} + \frac{I_{it}}{L_{it}} + \xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \right) \right] = 1 \quad (2)$$

A condição de gasto total será dada por:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{L_{it}}{DD_{it}} \sum_{j=1}^j \left( \frac{C_{it}}{L_{it}} + \frac{I_{it}}{L_{it}} + \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \right) \right] = 1 \quad (3)$$

onde  $\frac{M_{it}^j}{L_{it}}$  representa a importação setorial per capita para os parceiros comerciais  $j$  da economia. Destaca-se que  $\frac{L_{it}}{DD_{it}}$  representa a força de trabalho do país em relação à demanda total da economia por setor  $i$  em  $t$  períodos.

A última condição de equilíbrio da balança comercial é representada por:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{L_{it}}{Y_{it}} \sum_{j=1}^j \left( \xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} - \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \right) \right] = 0 \quad (4)$$

onde  $\frac{L_{it}}{Y_{it}}$  representa o requisito unitário de mão de obra para a produção de uma unidade de produto no setor  $i$  em  $t$  períodos.

Pelas condições de pleno emprego e gasto total, tem-se:

$$\sum_{i=1}^{n-1} ZZ_{it} = \sum_{i=1}^{n-1} DD_{it} = \sum_{i=1}^{n-1} Y_{it} \quad (5)$$

Nessa abordagem, a condição da balança comercial está expressa em termos relativos da quantidade de trabalho empregada no setor, sendo que a literatura usualmente a expressa em termos de preços. Com isso, a quantidade de exportação em termos de quantidade física será igual às importações em quantidade física, em relação ao trabalho doméstico empregado. A quantidade física de produto pode ser expressa por:

$$Q_{it} = \frac{[C_{it} + I_{it} + X_{it}]}{L_{it}} \frac{L_{it}}{P_{it}} \quad (6)$$

Assim, a quantidade física será determinada pela demanda de cada produto dividido pelo preço dos produtos, sendo o preço determinado por uma relação entre o trabalho do setor  $i$  com a população total, multiplicado por uma taxa constante de salário  $W$ , como segue:

$$P_{it} = \left( \frac{L_{it}}{L} \right) W \quad (7)$$

Isso demonstra que o trabalho relativo dispendido no produto continua a regular o preço dos produtos na economia. A função de exportação segue abaixo:

$$X_{it}^j = \begin{cases} \left( \frac{P_{it}}{E_t^j P_{it}^j} \right)^{\eta_i^j} (Z_t^j)^{\varepsilon_i^j} & \text{se } E_t^j P_{it}^j \geq P_{it}, j=1, \dots, J \\ 0 & \text{se } E_t^j P_{it}^j < P_{it} \end{cases} \quad (8)$$

onde  $X_{it}^j$  representa as exportações da economia para um determinado país e  $\eta_i^j$  e  $\varepsilon_i^j$  são as elasticidades preço e renda da demanda por exportação dos bens. Por fim,  $Z_t^j$  é a renda do país, sendo  $i$  os setores da economia e  $t$  os períodos de análise; por último,  $j$  representa os parceiros comerciais.

Passinetti (1981) considera que os investimentos setoriais definem a melhora da economia em termos financeiros. A infraestrutura logística setorial, em particular, impacta simultaneamente as exportações e importações da economia. Assim, segue a nova função de exportação, com a introdução da infraestrutura:

$$X_{it}^j = \begin{cases} k_{it}^x \left( \frac{P_{it}}{E_t^j P_{it}^j} \right)^{\eta_i^j} (Z_t^j)^{\varepsilon_i^j} & \text{se } E_t^j P_{it}^j \geq P_{it}, j=1, \dots, J \\ 0 & \text{se } E_t^j P_{it}^j < P_{it} \end{cases} \quad (9)$$

onde  $k_{it}$  representa a relação entre a oferta de infraestrutura da economia  $K_{git}$  e a demanda por investimentos em infraestrutura  $K_{it}$ , como apresentado abaixo:

$$k_{it} = \frac{K_{git}}{K_{it}} \quad (10)$$

De acordo com Pasinetti (1981), a oferta de infraestrutura possuem a seguinte forma:

$$I_t = \sum_{i=1}^{n-1} (g+r_{it}) p_{kit} Y_{it} \quad (11)$$

sendo  $g$  a taxa de crescimento da força de trabalho,  $r_{it}$  a taxa de crescimento per capita do setor,  $p_{kit}$  o preço setorial e  $Y_{it}$  o produto setorial da economia.

Assim, a infraestrutura setorial é dada por:

$$K_{git} = (g+r_{it}) p_{kit} Y_{it} \quad (12)$$

Com efeito, a função que representa os investimentos setoriais em infraestrutura tem a seguinte forma:

$$k_{it} = \frac{[(g+r_{it}) p_{kit} Y_{it}]}{K_{it}} \quad (13)$$

Dividindo-se as exportações pela força de trabalho setorial, a fim de construir a função em termos da força per capita de trabalho, tem-se:

$$\frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} = \begin{cases} k_{it}^x \left( \frac{P_{it}}{E_t^j P_{it}^j} \right)^{\eta_i^j} \frac{(Z_t^j)^{\varepsilon_i^j}}{(L_{it}^j)^{\varepsilon_i^j}} (L_{it}^j)^{\varepsilon_i^{j-1}} & \text{se } E_t^j P_{it}^j \geq P_{it}, j=1, \dots, J \\ 0 & \text{se } E_t^j P_{it}^j < P_{it} \end{cases} \quad (14)$$

Ou seja, a infraestrutura possui impactos diferentes nas exportações e importações, dependendo do setor da economia.

Para a função de importação deve-se considerar os preços relativos entre as economias. Caso não seja comparativamente vantajosa a importação, ela não ocorrerá. Por outro lado, a importação ocorrerá normalmente quando o preço do produto interno é maior que o externo, levando em conta, logicamente, o câmbio entre as economias.

$$M_{it}^j = \begin{cases} \left( \frac{E_t^j P_{it}^j}{P_{it}} \right)^{\Psi_i^j} (Y_t)^{\pi_i^j} \text{ se } P_{it} \geq E_t^j P_{it}^j, j=1, \dots, J \\ 0 \quad \quad \quad \text{ se } P_{it} < E_t^j P_{it}^j \end{cases} \quad (15)$$

onde  $\Psi_i^j$  representa a elasticidade preço das importações da economia  $j$ , a  $\pi_i^j$  representa a elasticidade renda das importações da economia doméstica; e  $Y_t$  o produto da economia.

Assim, as importações possuem a seguinte relação com a infraestrutura da economia:

$$M_{it}^j = \begin{cases} k_{it}^m \left( \frac{E_t^j P_{it}^j}{P_{it}} \right)^{\Psi_i^j} (Y_t)^{\pi_i^j} \text{ se } P_{it} \geq E_t^j P_{it}^j, j=1, \dots, J \\ 0 \quad \quad \quad \text{ se } P_{it} < E_t^j P_{it}^j \end{cases} \quad (16)$$

Colocando as importações per capita da economia:

$$\frac{M_{it}^j}{L_{it}} = \begin{cases} k_{it}^m \left( \frac{E_t^j P_{it}^j}{P_{it}} \right)^{\Psi_i^j} \frac{(Y_t)^{\pi_i^j}}{(L_{it})^{\pi_i^j}} (L_{it})^{\pi_i^j - 1} \text{ se } P_{it} \geq E_t^j P_{it}^j, j=1, \dots, J \\ 0 \quad \quad \quad \text{ se } P_{it} < E_t^j P_{it}^j \end{cases} \quad (17)$$

Considerando o preço doméstico e a população maiores do que zero, e mais, que  $E_t^j P_{it}^j \leq P_{it}$ , então, as importações são maiores que zero. Para achar as elasticidades, deve-se colocar a função em termos de logaritmo e diferenciar em relação ao tempo. Com efeito, tem-se:

$$\frac{\dot{k}_{it}}{k_{it}} = g_k, \frac{\dot{P}_{it}}{P_{it}} = p_{it}, \frac{\dot{P}_{it}^j}{P_{it}^j} = p_{it}^j, \frac{\dot{E}_t^j}{E_t^j} = e_t^j, \frac{\dot{Y}_t}{L_{it}} = y_t, \frac{\dot{Z}_{it}^j}{Z_t^j} = z_t^j, \frac{\dot{L}_{it}}{L_{it}} = g_n, \frac{\dot{L}_{it}^j}{L_{it}^j} = g_n^j \quad (18)$$

A taxa de crescimento das exportações da economia será dada por:

$$\frac{\dot{X}_{it}^j}{L_{it}^j} = \begin{cases} g_k^x + \eta_i^j (p_{it} - p_{it}^j - e_t^j) + \varepsilon_i^j (z_t^j) + (\varepsilon_i^j - 1) g_n^j se E_t^j P_{it}^j \geq P_{it}, j=1, \dots, J \\ 0 \\ se E_t^j P_{it}^j < P_{it} \end{cases} \quad (19)$$

Supondo-se  $g_n = g_n^j = 0$  para efeito de simplificação:

$$\frac{\dot{X}_{it}^j}{L_{it}^j} = \begin{cases} \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} g_k^x + \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \eta_i^j (p_{it} - p_{it}^j - e_t^j) + \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \varepsilon_i^j (z_t^j) se E_t^j P_{it}^j \geq P_{it}, j=1, \dots, J \\ 0 \\ se E_t^j P_{it}^j < P_{it} \end{cases} \quad (20)$$

Adotando o mesmo procedimento para as importações, tem-se:

$$\frac{\dot{M}_{it}^j}{L_{it}^j} = \begin{cases} g_k^m + \Psi_i^j (p_{it}^j + e_t^j - p_{it}) + \pi_i^j (y_t) + (\pi_i^j - 1) g_n se P_{it} \geq E_t^j P_{it}^j, j=1, \dots, J \\ 0 \\ se P_{it} < E_t^j P_{it}^j \end{cases} \quad (21)$$

Deste modo, chega-se a:

$$\frac{\dot{M}_{it}^j}{L_{it}^j} = \begin{cases} \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} g_k^m + \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} \Psi_i^j (p_{it}^j + e_t^j - p_{it}) + \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} \pi_i^j (y_t) se P_{it} \geq E_t^j P_{it}^j, j=1, \dots, J \\ 0 \\ se P_{it} < E_t^j P_{it}^j \end{cases} \quad (22)$$

Para assegurar a condição de equilíbrio da balança comercial, torna-se necessário derivar e igualar a zero a balança comercial, para achar o máximo da função através do ponto crítico:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{L_{it}}{Y_{it}} \sum_{j=1}^J \left( \xi^j \left( \frac{\dot{X}_{it}^j}{L_{it}^j} \right) - \frac{\dot{M}_{it}^j}{L_{it}^j} \right) \right] + \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{\dot{L}_{it}}{Y_{it}} \sum_{j=1}^J \left( \xi^j \left( \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \right) - \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} \right) \right] = 0 \quad (23)$$

Supondo que não existe progresso técnico no modelo, o segundo termo fica igual a zero. Com isso, juntando as equações, encontra-se:

$$y_t = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [(\frac{L_{it}}{Y_{it}} (\xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \eta_{it}^j + \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \Psi_{it}^j) (p_{it} - e_t^j - p_{it}^j))] + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [\frac{L_{it}}{Y_{it}} \xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} g_k^x - \frac{M_{it}^j}{L_{it}} g_k^m]}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [(\frac{L_{it}}{Y_{it}} \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \pi_i^j)]} + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [(\frac{L_{it}}{Y_{it}} \xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \varepsilon_{it}^j z_t^j)]}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [(\frac{L_{it}}{Y_{it}} \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \pi_i^j)]} \quad (24)$$

Destaca-se que  $j$  representa os diferentes parceiros comerciais da economia,  $i$  os setores da economia e  $t$  os períodos de análise. Então, o  $y_t$  acaba dependendo do crescimento da taxa de câmbio real, da taxa de crescimento do parceiro comercial e também da taxa de crescimento dos efeitos relativos da infraestrutura da economia.

Com isso, a economia pode aumentar o crescimento por meio da melhor alocação da força de trabalho, em setores de maior produtividade. Evidentemente, pode acontecer uma redução da produtividade e, consequentemente, do crescimento da economia, ocasionada pela alocação de trabalho em setores de baixa produtividade.

$$\text{Por simplificação, temos } \Delta_c^j = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [(\frac{L_{it}}{Y_{it}} (\xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \eta_{it}^j + \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \Psi_{it}^j) (p_{it} - e_t^j - p_{it}^j))]}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [(\frac{L_{it}}{Y_{it}} \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \pi_i^j)]}, \text{ que}$$

seria a interação preço da demanda. Já o termo  $\Delta_k^j = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [\frac{L_{it}}{Y_{it}} \xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} g_k^x - \frac{M_{it}^j}{L_{it}} g_k^m]}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [(\frac{L_{it}}{Y_{it}} \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \pi_i^j)]}$

demonstraria a sensibilidade da economia em relação a infraestrutura para as exportações e

importações. Por fim, o termo  $\Delta_z^j = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [(\frac{L_{it}}{Y_{it}} \xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \varepsilon_{it}^j z_t^j)]}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J [(\frac{L_{it}}{Y_{it}} \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \pi_i^j)]}$  representaria a interação renda da demanda.

Em geral, a depreciação real do câmbio impacta na taxa de crescimento da economia, haja vista que a depreciação do câmbio real melhora a competitividade dos produtos domésticos, que acaba resultando em crescimento da produção, com destaque para o setor industrial (Rodrick, 2008). De fato, deve-se ter cuidado com a volatilidade do câmbio, que aumenta a incerteza e impacta os investimentos na economia (Oreiro, Basílio e Souza, 2013).

Com isso, o modelo final pode ser representado por:

$$y_t = \Delta_c^j + \Delta_k^j + \Delta_z^j \quad (25)$$

Considerando apenas três setores na economia (agricultura, extração mineral e indústria de transformação), a equação para a determinação do impacto do câmbio torna-se:

$$\Delta_c^j = \frac{\left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{at}}{Y_{at}} \left( \xi^j \frac{X_{at}^j}{L_{at}^j} \eta_{at}^j + \frac{M_{at}^j}{L_{at}} \Psi_{at}^j \right) (p_{at} - e_t^j - p_{at}^j) \right) + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{et}}{Y_{et}} \left( \xi^j \frac{X_{et}^j}{L_{et}^j} \eta_{et}^j + \frac{M_{et}^j}{L_{et}} \Psi_{et}^j \right) (p_{et} - e_t^j - p_{et}^j) \right) \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \left( \xi^j \frac{X_{tt}^j}{L_{tt}^j} \eta_{tt}^j + \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}} \Psi_{tt}^j \right) (p_{tt} - e_t^j - p_{tt}^j) \right) \right] \right]}{\left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{at}}{Y_{at}} \frac{M_{at}^j}{L_{at}} \pi_a^j \right) \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{et}}{Y_{et}} \frac{M_{et}^j}{L_{et}} \pi_e^j \right) \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}} \pi_t^j \right) \right]} \quad (26)$$

A equação que determina o impacto dos investimentos em infraestrutura no produto per capita dos estados brasileiros é a seguinte:

$$\Delta_k^j = \frac{\left[ \sum_{j=1}^J \frac{L_{at}}{Y_{at}} \xi^j \frac{X_{at}^j}{L_{at}^j} g_k^x - \frac{M_{at}^j}{L_{at}} g_k^m \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \frac{L_{et}}{Y_{et}} \xi^j \frac{X_{et}^j}{L_{et}^j} g_k^x - \frac{M_{et}^j}{L_{et}} g_k^m \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \xi^j \frac{X_{tt}^j}{L_{tt}^j} g_k^x - \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}} g_k^m \right]}{\left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{at}}{Y_{at}} \frac{M_{at}^j}{L_{at}} \pi_a^j \right) \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{et}}{Y_{et}} \frac{M_{et}^j}{L_{et}} \pi_e^j \right) \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}} \pi_t^j \right) \right]} \quad (27)$$

Por fim, tem-se o impacto da renda internacional no produto per capita dos estados brasileiros:

$$\Delta_z^j = \frac{\left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{at}}{Y_{at}} \xi^j \frac{X_{at}^j}{L_{at}^j} \varepsilon_{at}^j z_t^j \right) \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{et}}{Y_{et}} \xi^j \frac{X_{et}^j}{L_{et}^j} \varepsilon_{et}^j z_t^j \right) \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \xi^j \frac{X_{tt}^j}{L_{tt}^j} \varepsilon_{tt}^j z_t^j \right) \right]}{\left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{at}}{Y_{at}} \frac{M_{at}^j}{L_{at}^j} \pi_a^j \right) \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{et}}{Y_{et}} \frac{M_{et}^j}{L_{et}^j} \pi_e^j \right) \right] + \left[ \sum_{j=1}^J \left( \frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}^j} \pi_t^j \right) \right]} \quad (28)$$

A equação demonstra que a taxa de crescimento de uma economia depende dos crescimentos do câmbio real efetivo, do parceiro comercial e da infraestrutura doméstica. Assim, torna-se possível distinguir a contribuição de cada parceiro e de cada setor, bem como o efeito da infraestrutura em cada setor para o crescimento da economia doméstica.

Assim, pode-se encontrar os parceiros e os setores que mais contribuem para o crescimento da economia, possibilitando adotar medidas no sentido de melhorá-lo.

### 3.2. Metodologia de Dados em Painel

A metodologia de dados em painel pode ser separada em efeitos fixos e aleatórios. O modelo de efeito fixo acaba sendo construído para retirar os efeitos das variáveis explicativas que são fixos ao longo do tempo. Já o modelo de efeito aleatório é diferente, já que o efeito não observado não está correlacionado com as variáveis explicativas (Wooldridge, 2006).

#### 3.2.1. O Modelo de Efeito Fixo

O modelo de efeito fixo visa retirar as variáveis não observáveis que possuem um efeito fixo nas variáveis explicativas ao longo do tempo. Partindo de uma estimação simples, tem-se:

$$y_{it} = \beta_1 x_{it} + a_i + u_{it}, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (29)$$

Calculando a média ao longo do tempo da equação acima:

$$\bar{y}_i = \beta_1 \bar{x}_i + a_i + \bar{u}_i \quad (30)$$

Subtraindo as duas equações:

$$y_{it} - \bar{y}_i = \beta_1(x_{it} - \bar{x}_i) + u_{it} - \bar{u}_i, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (31)$$

Com isso, o efeito não observado  $a_i$  acaba sendo eliminado da equação. Com a exogeneidade das variáveis explicativas, o efeito fixo é não viesado, sendo que o erro do modelo não é correlacionado com as variáveis explicativas (Wooldridge, 2006).

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_k x_{itk} + a_i + u_{it}, \quad (32)$$

O pensamento do efeito fixo é eliminar  $a_i$ , pois ele pode estar associado com as variáveis explicativas, mas caso ele não seja correlacionado, sua estimativa acabará criando modelos ineficientes (Wooldridge, 2006). Assim:

$$\text{Cov}(x_{itj}, a_i) = 0, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (33)$$

As hipóteses do modelo de efeito fixo são (Wooldridge, 2006):

1: Modelo possui esta estrutura, os betas são os parâmetros estimados;

$$y_{it} = \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_k x_{itk} + a_i + u_{it}, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (34)$$

2: Amostra aleatória dos cortes transversais, as amostras precisam possuir um comportamento aleatório;

3: Exogeneidade das variáveis independentes;

$$E(u_{it} | x_{it}, a_i) = 0 \quad (35)$$

4: Variação da variável explicativa ao longo do tempo (Wooldridge, 2006);

Com as quatro hipóteses acima, os estimadores de efeito fixo são não viesados.

5: Hipótese da homocedasticidade;

$$Var(u_{it}/x_{it}, a_i) = Var(u_{it}) = \sigma_u^2, \text{ para todo } t = 1, 2, \dots, T. \quad (36)$$

6: Com  $t \neq s$  são não associados, dadas as variáveis explicativas;

$$Cov(u_{it}, u_{is}/x_{it}, a_i) = 0 \quad (37)$$

Com essas hipóteses, o modelo de efeito fixo torna-se o melhor estimador linear não viesado;

7: As variáveis explicativas do modelo e o erro possuem uma distribuição normal.

### 3.2.2. O Modelo de Efeito Aleatório

As hipóteses do modelo de efeito aleatório incluem as do efeito fixo, mais que  $a_i$  não seja associado com as variáveis explicativas (Wooldridge, 2006).

Colocando  $v_{it} = a_i + u_{it}$ , a equação fica da seguinte forma:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_k x_{itk} + v_{it}, \quad (38)$$

De modo que:

$$Cov(x_{itj}, a_i) = \sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_u^2), \quad t \neq s \quad (39)$$

Definindo:

$$\lambda = 1 - [\sigma_u^2 / (\sigma_u^2 + T \sigma_a^2)]^{(1/2)}, \quad (40)$$

Com efeito, a equação resultante será:

$$y_{it} - \lambda \bar{y}_i = \beta_0 (1 - \lambda) + \beta_1 (x_{it1} - \lambda \bar{x}_{i1}) + \dots + \beta_k (x_{itk} - \lambda \bar{x}_{ik}) + (v_{it} + \lambda \bar{v}_i), \quad (41)$$

O efeito aleatório subtraiu uma parte da média temporal das variáveis, no qual a fração dependerá do desvio padrão de  $a_i$  e de  $u_{it}$  e do  $T$ , que definem o *lambda* (Wooldridge, 2006).

A maioria das hipóteses se mantêm no modelo de efeito aleatório, mantendo as hipóteses 1, 2, 3, 5, 6 e 7 do efeito fixo no modelo de efeito aleatório. Neste, incluem-se as seguintes hipóteses (Wooldridge, 2006):

3: Adicionando a hipótese 3 do efeito fixo a associação entre o efeito não observado com as variáveis explicativas que deve ser constante;

$$E(a_i/x_i) = \beta_0 \quad (42)$$

Assim, se elimina a associação entre as variáveis não observadas com as variáveis explicativas, sendo que a redução temporal diminui apenas uma parte da fração da média.

4: Não existe associação perfeita entre as variáveis explicativas;

5: Adicionando a hipótese 5 do efeito fixo;

$$Var(a_i/x_{it}) = \sigma_a^2 \quad (43)$$

O efeito aleatório é consistente quando  $N$  cresce e  $T$  fica fixo.

### 3.3. Base de Dados

Os dados de produto per capita dos estados brasileiros serão extraídos do IPEADATA, enquanto que os dados dos investimentos federais em infraestrutura serão retirados dos relatórios anuais do PAC.

Serão usados dados de câmbio nominal e da renda per capita internacional do WDI desenvolvido pelo World Bank.

As importações e exportações por estados da federação, por setor e no tempo, serão extraídos do aliceweb. O comércio foi colocado em termos per capita da população do país que compra para as exportações, e na população do estado para o caso das importações.

O período de análise foi escolhido de 2008 a 2013, já que o intuito é analisar a economia brasileira no período recente e os efeitos dos investimentos federais do PAC na relação comercial multilateral do Brasil com os países dos BRICS.

Os dados do PAC foram retirados dos relatórios anuais de investimento do PAC I e II, no qual consideramos apenas os investimentos correspondentes as obras concluídas, portanto, desconsidera-se as obras em execução. Em função do fato de que algumas obras em execução terem sido transferidas do PAC I para o II, nesse caso, os gastos realizados no PAC I foram adicionados ao PAC II para serem considerados obras concluídas. Os gastos em manutenção foram trabalhados, mas devido à dificuldade de se identificar em qual ano os mesmos foram executados, optou-se por somar os gastos totais em manutenção e sinalização e dividir por quatro, para o PAC I e para o PAC II.

## 4. Resultados

Esse capítulo foi construído como uma proposta de análise do modelo matemático para a economia brasileira. Primeiramente foi realizado uma análise das estatísticas descritivas dos dados e, na sequência, as estimativas usando dados de painel estático. As estimativas e a construção das tabelas foram realizadas em três recortes: para todos os estados brasileiros, para os estados do Sul e Sudeste, e para os estados do Nordeste, Norte e Centro-Oeste. A elaboração desses três recortes tem por objetivo a identificação de possíveis diferenças que podem existir entre as regiões mais desenvolvidas do país e as regiões de menor desenvolvimento, o que pode subsidiar políticas para enfrentar essas diferenças.

### 4.1. Estatísticas descritivas

O trabalho parte da análise das estatísticas descritivas das variáveis. O comportamento das variáveis ao longo do tempo, sua média e desvio padrão acabam direcionando as análises e ajudam a explicar as possíveis diferenças na estimativa do painel estático.

Tabela 1: Estatísticas descritivas Brasil.

	Variáveis	Média	Desvio Padrão
África do Sul	Exportação agropecuário	0.0278461	0.1160795
	Exportação Extrativa Mineral	0.0343161	0.170287
	Exportação Transformação	1.094153	2.82987
	Importação Agropecuário	0.2135863	0.4791011
	Importação Extrativa Mineral	0.0044471	0.014323
	Importação Transformação	0.7591318	3.321916
	Câmbio	-0.0308933	0.0857329
China	Renda Internacional	0.0053071	0.0163294
	Exportação agropecuário	0.2135863	0.4791011
	Exportação Extrativa Mineral	0.3894489	1.259899
	Exportação Transformação	0.1523792	0.2949369
	Importação Agropecuário	0.5616824	1.126849
	Importação Extrativa Mineral	0.1518994	0.8367717
	Importação Transformação	112.156	220.9107
Índia	Câmbio	0.057357	0.0997596
	Renda Internacional	0.0853244	0.0104812
	Exportação agropecuário	0.0005478	0.0020325
	Exportação Extrativa Mineral	0.047746	0.2482495
	Exportação Transformação	0.0391035	0.1174843
	Importação Agropecuário	0.0830386	0.1647597
	Importação Extrativa Mineral	0.0679561	0.3137044
Rússia	Importação Transformação	15.32857	30.27226
	Câmbio	-0.0392396	0.0448033
	Renda Internacional	0.0548355	0.0200793
	Exportação agropecuário	0.0354217	0.1058229
	Exportação Extrativa Mineral	7.3E-05	0.0003936
	Exportação Transformação	0.9448322	1.808558
	Importação Agropecuário	0.0045369	0.0358355
Brasil	Importação Extrativa Mineral	0.6590851	2.25608
	Importação Transformação	10.47972	16.13366
Brasil	Câmbio	-0.0154547	0.0869524
	Renda Internacional	0.0174887	0.0450377
	Rodoviário	1.455077	6.016863
Brasil	Renda Nacional	0.0247794	0.0536986

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14, com dados do Ipeadata, Aliceweb e balanços anuais do PAC. Obs: exportação e importação per capita está em dólar; renda, câmbio e rodoviário está em taxa.

Os cálculos e estimativas das tabelas são realizadas usando os dados dos estados brasileiros e das transações do país com os parceiros comerciais. Essas variáveis foram utilizadas nas estimativas nos modelos do painel estático estimado a frente.

Para a África do Sul, a maior parte das exportações dos estados brasileiros para o parceiro comercial aconteceu no setor da indústria de transformação, sendo que o mesmo aconteceu para as importações, demonstrando a importância desse setor para a relação Brasil com a África do Sul. Os setores com maior desvio-padrão foram os setores que demonstraram maior nível médio de comércio. Com relação ao câmbio, pode-se destacar que o valor negativo demonstra que houve uma valorização da moeda brasileira em relação à moeda do parceiro comercial. Por fim, há a taxa de crescimento médio da renda per capita do parceiro comercial que, nesse caso, foi baixo durante esse período.

No caso da China, o setor que concentra a maior parte das exportações foi o de extração mineral, enquanto que para as importações, o setor da indústria de transformação se mostrou mais intenso. Deve-se ressaltar o elevado nível de comércio per capita da China com a economia brasileira. Com respeito ao câmbio, ocorreu uma desvalorização do real nesse período, demonstrando a particularidade da China que, apesar de possuir um elevado nível de comércio com o Brasil no período de análise. A China foi o único país dos BRICS cuja variável teve tal comportamento em relação à economia brasileira. O crescimento da renda per capita da China se mostrou elevado durante esse período.

No caso da Índia, o setor de maior comércio com o Brasil foi o da indústria de transformação. O câmbio no período teve uma valorização e a renda per capita do parceiro comercial passou por intenso crescimento no período.

No caso da Rússia, o setor que teve o maior nível de comercialização foi a indústria de transformação. O câmbio apresentou uma valorização da moeda brasileira em relação à moeda do parceiro comercial e, em termos de crescimento per capita da renda do parceiro comercial, a Rússia conviveu com um baixo crescimento durante esse período.

Para o Brasil destacam-se as estatísticas do PAC do modal rodoviário e da renda nacional. Os investimentos no modal rodoviário foram elevados, o que demonstra a elevada taxa de crescimento médio da conclusão das obras desse modal. O crescimento per capita nacional dos estados brasileiros foi, em média, baixo em comparação com as economias da Índia e da China.

Tabela 2: Estatísticas descritivas Sul e Sudeste.

	Variáveis	Média	Desvio Padrão
África do Sul	Exportação agropecuário	0.0902431	0.2113109
	Exportação Extrativa Mineral	0.12549	0.3195922
	Exportação Transformação	3.972415	4.465138
	Importação Agropecuário	0.392529	0.5575123
	Importação Extrativa Mineral	0.0095175	0.0145123
	Importação Transformação	2.691202	6.144745
China	Exportação agropecuário	0.392529	0.5575123
	Exportação Extrativa Mineral	1.123454	2.099657
	Exportação Transformação	0.4347033	0.4291771
	Importação Agropecuário	1.32824	1.754876
	Importação Extrativa Mineral	0.5532754	1.582667
	Importação Transformação	211.8506	189.7245
Índia	Exportação agropecuário	0.0010211	0.0024576
	Exportação Extrativa Mineral	0.1416966	0.4700108
	Exportação Transformação	0.1319345	0.2041967
	Importação Agropecuário	0.1471068	0.1132264
	Importação Extrativa Mineral	0.2259688	0.5865954
	Importação Transformação	22.09874	17.72744
Rússia	Exportação agropecuário	6.85E-02	0.1219898
	Exportação Extrativa Mineral	4.64E-05	0.000153
	Exportação Transformação	2.503791	2.817104
	Importação Agropecuário	0.0021402	0.0065568
	Importação Extrativa Mineral	2.498891	3.909672
	Importação Transformação	14.50688	9.245491
Brasil	Rodoviário	3.405617	11.1643
	Renda Nacional	0.0214934	0.0553586

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14, com dados do Ipeadata, Aliceweb e balanços anuais do PAC. Obs: exportação e importação per capita está em dólar; renda, câmbio e rodoviário está em taxa.

Considerando os estados do Sul e Sudeste do Brasil com os países dos BRICS, pode-se destacar que algumas estatísticas não mudam, como o câmbio e o crescimento da renda per capita. Em geral, os resultados para esse recorte demonstraram que o setor da indústria de transformação é o de maior comercialização, mantendo apenas as exportações para a China com a extração mineral e mudando unicamente as exportações para Índia, que teve a extração mineral com a maior média no período. A taxa de crescimento per capita média foi inferior àquela observada pelo país, em parte ocasionado pelo forte crescimento no período das regiões mais pobres do Brasil. Por outro lado, os investimentos do PAC no modal rodoviário

nessa região apresentou uma média maior em termos de investimento concluído do que no resto do país.

Tabela 3: Estatísticas descritivas Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

	Variáveis	Média	Desvio Padrão
África do Sul	Exportação agropecuário	0.0060071	0.0314747
	Exportação Extrativa Mineral	0.0024053	0.008977
	Exportação Transformação	0.0867607	0.1345125
	Importação Agropecuário	0.1509563	0.4338262
	Importação Extrativa Mineral	0.0026725	0.0138831
China	Importação Transformação	0.0829074	0.3771487
	Exportação agropecuário	0.1509563	0.4338262
	Exportação Extrativa Mineral	0.1325472	0.6098909
	Exportação Transformação	0.0535658	0.1274752
	Importação Agropecuário	0.2933874	0.6139507
Índia	Importação Extrativa Mineral	0.0114178	0.0868354
	Importação Transformação	77.26293	221.1067
	Exportação agropecuário	0.0003821	0.0018443
	Exportação Extrativa Mineral	0.0148632	0.0553281
	Exportação Transformação	0.0066127	0.0142154
Rússia	Importação Agropecuário	0.0606148	0.1742233
	Importação Extrativa Mineral	0.0126517	0.0518994
	Importação Transformação	12.95901	33.31267
	Exportação agropecuário	2.39E-02	0.0974863
	Exportação Extrativa Mineral	8.24E-05	0.0004485
Brasil	Exportação Transformação	0.3991967	0.7300954
	Importação Agropecuário	0.0053758	0.0414713
	Importação Extrativa Mineral	0.0151529	0.0841827
	Importação Transformação	9.070215	17.74784
	Rodoviário	0.7723882	2.055111
	Renda Nacional	0.0259295	0.0532941

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14, com dados do Ipeadata, Aliceweb e balanços anuais do PAC. Obs: exportação e importação per capita está em dólar; renda, câmbio e rodoviário está em taxa.

Para os estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, os setores com os maiores níveis de exportação e importação per capita não se alteraram muito. No caso da África do Sul, o setor com as maiores importações per capita foi o agropecuário e, para a China, as exportações com maior média per capita foram para o setor agropecuário. A taxa de crescimento per capita da região se mostrou maior que a média nacional e a taxa de conclusão dos investimentos no PAC pelo modal rodoviário foram muito inferiores ao do outro recorte,

demonstrando que esses estados receberam um menor aporte de investimento do PAC destinados ao modal rodoviário.

Neste período, destaca-se que a economia brasileira apresentou um crescimento elevado, sendo que as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste vivenciaram uma taxa de crescimento médio maior que o resto do país, sendo que receberam um menor aporte de investimentos em conclusão de projetos do PAC para o modal rodoviário, sendo bom destacar que o período de análise compreende o final do segundo governo Lula e o início do primeiro governo Dilma.

Em suma, o comércio dos três recortes se mostraram parecidos, mas as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste se apresentaram como mais dependentes de exportações de produtos do setor agropecuário.

## 4.2. Resultados das estimações em painel estático

As estimações em painel foram realizadas para extrair a associação que existe entre o crescimento da infraestrutura brasileira com o comércio dos BRICS.

### 4.2.1. Importação

Na equação de importação, a variação da importação acaba sendo explicada por três variáveis: primeiro, pelo impacto da infraestrutura na importação, medida pela taxa de crescimento dos investimentos em infraestrutura do PAC; segundo, pela taxa de câmbio real, porém, diante da dificuldade de encontrá-la, foi utilizada a taxa de crescimento do câmbio nominal entre o Brasil e o parceiro comercial; terceiro, existe a taxa de crescimento per capita do produto dos estados brasileiros.

Assim, a variação das importações per capita são função da taxa de crescimento da infraestrutura, da taxa de câmbio e produto per capita do estado. Espera-se um sinal negativo da interação do câmbio e um sinal positivo para a variável da infraestrutura de transportes, já que uma infraestrutura melhor acaba sendo um estímulo a importação de produtos, pois reduz o preço dos produtos importados, tendo um efeito maior em economias com infraestrutura deficitária. Como destacado em Straub (2008), a variável do PAC pode ser negativa se os investimentos forem na direção de uma maior integração nacional, com isso, os setores de maior competitividade nacional podem ganhar mercado com esses investimentos. Por fim,

espera-se que a interação da renda seja positiva, pois o impacto da renda nas importações é maior em estados com elevado nível de importação. Para o setor agropecuário e de extração mineral os resultados da renda podem não condizer com o esperado, já que variáveis que impactam muito nesses setores não estão presentes no modelo, como questões climáticas e preço de commodities.

$$\frac{\dot{M}_{it}^j}{L_{it}} = \begin{cases} \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} g_k^m + \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \Psi_i^j (p_{it}^j + e_t^j - p_{it}) + \frac{M_{it}^j}{L_{it}} \pi_i^j (y_t) & \text{se } P_{it} \geq E_t^j P_{it}^j, j=1, \dots, J \\ 0 & \text{se } P_{it} < E_t^j P_{it}^j \end{cases} \quad (22)$$

Na sequência, serão apresentados as estimações dos modelos de importações e definidos os melhores modelos: efeito fixo, aleatório ou *pooled*.

Tabela 4: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Brasil.

Importação	Teste de Chow Prob	Teste de Hausman Prob	Teste BP Prob	Resultado
África do Sul Extrativa	0.0019	0	1	Fixo
	0.6096	0.0094	1	Pooled
	0.6963	0.8511	1	Pooled
China	0.1699	0.0001	1	Pooled
	0.7295	0.0172	1	Pooled
	0.0008	0	1	Fixo
Índia	0.357	0.0032	1	Pooled
	0.2635	0.0003	1	Pooled
	0.9954	0.5685	1	Pooled
Rússia	0.2403	0	1	Pooled
	0.9999	0.8587	1	Pooled
	0.9986	0.919	1	Pooled

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14.

A tabela 4 apresenta os testes para a escolha do modelo que melhor se ajusta aos dados da pesquisa. Para a África do Sul foi escolhido o modelo de efeito fixo para o setor de agropecuário e *pooled* para os outros setores. No caso da China, só o setor de transformação teve o modelo de efeito fixo mais eficiente, os outros setores foram o modelo *pooled*. Na Índia e Rússia os modelos de melhor ajuste foram o modelo *pooled* para todos os setores analisados.

Tabela 5: Estimações com painel estático para o Brasil.

Países	Importação	Agropecuário	Extrativa	Transformação
	Rodoviário	-0.0192575	-0.0060927	0.0073208
		0.0267025	0.0125204	0.0045344
	Câmbio	4.458745**	-3.896093***	-1.480391
		2.058202	1.458615	1.040277
Africa do Sul	Renda	-27.60267***	3.371966***	6.159489***
		2.546582	1.032893	1.129783
	_cons	0.0073142**	-0.1048428	-0.3623375
		0.0030437	0.0795603	0.2370236
	Equação	Fixo	Pooled	Pooled
	Rodoviário	-0.069709*	-0.0531393	0.0030126
		0.0355127	0.0615508	0.0046545
	Câmbio	2.388193	5.082331	-0.8399837***
		1.565648	9.334043	0.2235285
China	Renda	2.453887	12.4943	1.099278**
		2.188571	8.879892	0.4208179
	_cons	-0.0410162	-0.1019226	28.42315**
		0.133292	0.0884096	11.21455
	Equação	Pooled	Pooled	Fixo
	Rodoviário	0.0052906	-0.0213467	0.0023408
		0.0075823	0.0140017	0.0059908
	Câmbio	1.947404	3.190175	-6.799631**
		1.766388	2.194983	3.104834
Índia	Renda	3.620782***	2.803545	0.9417224
		0.4645202	1.711717	2.151945
	_cons	0.0351665**	-0.0133323	-0.6133723
		0.0165475	0.0098695	2.453674
	Equação	Pooled	Pooled	Pooled
	Rodoviário	-0.0414489*	-0.08529	0.0020644
		0.0233124	0.1092702	0.0120105
	Câmbio	-2.887985	1.577587	3.5237**
		7.729229	1.877594	1.391831
Rússia	Renda	-28.92847***	4.293611	3.153476**
		3.709527	2.946159	1.443224
	_cons	-0.0003191	-0.4646717*	0.0068622
		0.0005836	0.2727657	1.653782
	Equação	Pooled	Pooled	Pooled

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Significância estatística 10%(\*), 5%(\*\*) e 1%(\*\*\*).

No caso da África do Sul, a interação da renda nos setores de extração e de transformação apresentou resultado conforme esperado, com um coeficiente positivo e

elevado, indicando que a elevação da renda levou a um aumento das importações desse parceiro comercial e que esse aumento foi maior nos estados que mais importavam. A maioria dos indicadores se mostrou significante a 1%, com exceção dos indicadores do PAC, que não se mostraram significantes para nenhum setor estudado.

No caso da China, os resultados demonstram que a variável que melhor explica a variação das importações é a taxa de crescimento da renda doméstica dos estados brasileiros. A interação do câmbio não se mostrou significante, nem a 10% de significância estatística, para os setores agropecuário e da indústria extractiva mineral, mas para o setor da indústria de transformação o resultado se mostrou significante a 1%. Para o setor agropecuário, os investimentos do PAC no modal rodoviário apresentaram um sinal negativo e estatisticamente significante a 10%, resultado explicado por ser um setor no qual o Brasil é competitivo internacionalmente.

Para a Índia, a maioria dos indicadores não se mostrou significante nem a 10%. Os únicos indicadores estatisticamente significantes foram do setor agropecuário em relação à renda e da indústria de transformação para o câmbio da economia. A análise dos efeitos do câmbio demonstra que a importação de produtos do setor da indústria de transformação da Índia teve um efeito negativo, conforme esperado, de que a desvalorização do câmbio leve à queda das importações e que esse efeito seja maior nos estados que mais importam.

Por último, há a Rússia, que possui os indicadores estatisticamente significantes para as importações dos setores agropecuário e indústria de transformação em relação à renda. Considerando que o setor agropecuário possui um sinal negativo e elevado, tem-se que o aumento da renda dos estados levou à queda das importações desse setor, que foi maior nos estados que já possuíam um elevado nível de importação. Já a interação entre renda e importação do setor da indústria de transformação foi positivo, indicando que o aumento da importação decorrente do aumento da renda dos estados foi positivo para aumentar a taxa geral das importações, e esse crescimento foi mais significativo nos estados que mais importavam.

Em geral, pode-se destacar que os indicadores de maior impacto e significância estatística são as interações de renda com importação.

Tabela 6: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Sul e Sudeste.

	Importação	Teste de Chow Prob	Teste de Hausman Prob	Teste BP Prob	Resultado
África do Sul	Agropecuário	0.1389	0	1	Pooled
	Extrativa	0.3283	0.4065	1	Pooled
	Transformação	0.0272	-	1	Fixo
China	Agropecuário	0.3085	0.4706	1	Pooled
	Extrativa	0.5013	0.7406	1	Pooled
	Transformação	0	-	0	Fixo
Índia	Agropecuário	0.9491	0.9997	1	Pooled
	Extrativa	0.4477	0.653	1	Pooled
	Transformação	0.3832	0.3494	1	Pooled
Rússia	Agropecuário	0.0341	0.0216	1	Fixo
	Extrativa	0.9685	0.9992	1	Pooled
	Transformação	0.9243	0.9983	1	Pooled

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Observação: sendo – Chi2 negativo.

Pela tabela 6, pode-se ressaltar que o modelo que se adaptou melhor às estimativas foi o *pooled*, para a maioria dos setores e países. Os modelos de efeitos fixos que melhor se ajustaram foram o setor da indústria de transformação da África do Sul e da China, enquanto que o modelo de efeito fixo que melhor se ajustou ao caso da Rússia foi o do setor agropecuário.

Tabela 7: Estimações do painel estático Sul e Sudeste.

Países	Importação	Agropecuário	Extrativa	Transformação
África do Sul	Rodoviário	0.0018248	-0.0046008	2.91E-05
		0.0049609	0.0121694	0.0059398
	Câmbio	1.842227	-3.849711**	-1.187022
		1.146924	1.492809	1.28469
	Renda	-6.293458**	3.460594***	-0.3195586
		2.567156	0.9914599	1.866145
	_cons	0.0051618	-0.5870283	-0.6240218
		0.0039664	0.3971465	0.7665081
	Equação	Pooled	Pooled	Fixo
	Rodoviário	-0.0975321**	-0.0864748	0.0059339**
China		0.0459057	0.0853701	0.0024369
	Câmbio	2.843465	5.843961	-1.392925***
		2.234272	10.38536	0.2119586
	Renda	4.037865	13.00031	2.077457***
		3.520847	9.668681	0.2716198
	_cons	-0.6802059	1.10704	65.68814***
		0.5373889	0.939849	12.13294
	Equação	Pooled	Pooled	Fixo
	Rodoviário	-0.0017813	-0.0228675	-0.004547
		0.0084867	0.0138949	0.0067652
Índia	Câmbio	-3.15756	2.571241	-3.036187
		4.276188	2.049897	3.000643
	Renda	-3.403598	2.607648	-0.6059559
		2.787419	1.687701	1.687664
	_cons	0.0831088	-0.0825791	-3.252927
		0.0673475	0.0682568	4.671048
	Equação	Pooled	Pooled	Pooled
	Rodoviário	0.0282054	-0.0944375	-0.0064716
		0.0183809	0.1168076	0.0115249
	Câmbio	-13.35534***	3.382103	3.456124***
		2.838028	3.090981	1.027853
Rússia	Renda	-33.52436***	1.730916	-0.0861167
		6.747321	4.244285	1.435684
	_cons	-1.27E-05	-0.4188356	0.2758928
		0.0019043	0.7204114	3.108068
	Equação	Fixo	Pooled	Pooled

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Significância estatística 10%(\*), 5%(\*\*) e 1%(\*\*\*).

Na África do Sul, o setor agropecuário teve a renda nacional estatisticamente significante a 5% com valor negativo, indicando que a renda levou à queda das importações e

que esse foi maior nos estados que mais importavam, indicando que o modelo pode ser melhorado com inclusão de variáveis que impactam nesse setor como preço de commodities e questões climáticas. O setor de extração mineral apresentou significância estatística a 5%, no caso da taxa de câmbio, e 1% no caso da renda. O valor negativo do câmbio indica que a desvalorização do câmbio desestimula as importações, sendo que isso demonstra também que a interação teve um maior impacto nos estados que tinham um nível maior de importação. Já o setor de extração mineral teve um impacto positivo na interação com a renda, demonstrando que o crescimento dela teve maior impacto nas importações nos estados que mais importavam e esse impacto foi positivo no sentido de aumentar mais as importações.

Para a China, o setor agropecuário teve significância estatística para os investimentos do PAC no modal rodoviário a 5%, e para a indústria de transformação teve significância estatística a 5%, enquanto que o câmbio e a renda foram significantes a 1%. O valor positivo da interação do PAC demonstra que este tipo de investimento foi importante para aumentar as importações do setor de transformação, como esperado. A interação do câmbio negativo demonstra que a desvalorização do câmbio levaria à queda das importações e que esse impacto seria mais sentido nos estados que mais importam, resultado conforme o esperado. O efeito positivo do setor de transformação para a interação com a renda também apresentou nível esperado, ou seja, um aumento da renda aumenta as importações.

No caso da Índia, a maioria dos estimadores não foram significantes estatisticamente, mas as interações do câmbio para o setor agropecuário e de transformação foram os esperados, já que a desvalorização do câmbio leva à queda das importações, sendo que esse impacto tende a ser maior nos estados que mais importam, resultado que vai ao encontro do esperado na economia.

Para a Rússia, o setor agropecuário teve significância estatística a 1% na sua relação com o câmbio e a renda, enquanto o setor de transformação teve significância estatística a 1% no caso da taxa de câmbio. O valor negativo da interação do câmbio com o setor agropecuário vai de acordo com o esperado, que a desvalorização do câmbio reduza as importações, e que esse impacto seja maior nos estados que mais importam. O valor negativo e significante da renda no setor agropecuário pode significar uma queda das importações desse setor em um momento de crescimento da renda nacional, sendo que esse impacto negativo foi maior nos estados que mais importam, resultado que ocorreu devido ao modelo não extrair efeitos climáticos e de preços de commodities que impactam diretamente nesse setor.

Tabela 8: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Importação	Teste de Chow Prob	Teste de Hausman Prob	Teste BP Prob	Resultado
África do Sul Extrativa	Agropecuário 0	-	1	Fixo
	Transformação 0.5619	0.3285	1	Pooled
		0.4008	1	Pooled
China	Agropecuário 0.1008	0.0001	1	Pooled
	Extrativa 0.3144	0.0016	1	Pooled
	Transformação 0.998	0.999	1	Pooled
Índia	Agropecuário 0.0242	0	1	Fixo
	Extrativa 0.1667	0.29	1	Pooled
	Transformação 0.6875	0.09	1	Pooled
Rússia	Agropecuário 0.2593	0	1	Pooled
	Extrativa 0.0074	0	1	Fixo
	Transformação 0.9898	0.9418	1	Pooled

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Observação: sendo – Chi2 negativo.

A tabela 8 apresenta os modelos que melhor se adaptam aos dados de painel para os estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste. A maioria das estimativas que melhor se adaptaram foram os modelos de *pooled*; os modelos de efeito fixo mostraram-se melhores para o setor agropecuário na África do Sul e na Índia e para o de extração mineral na Rússia.

Tabela 9: Estimações do painel estático Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Países	Importação	Agropecuário	Extrativa	Transformação	
África do Sul	Rodoviário	0.8479647*** 0.297185	0.2273532** 0.1049244	0.1606964 0.1218853	
	Câmbio	0.9861586 4.659581	-10.90442*** 3.070019	-0.4723082 1.529911	
	Africa do Sul Renda	-37.31477*** 4.288594	-2.921996 2.618838	7.110701*** 1.426713	
	_cons	0.0080397*** 0.0028092	0.0105908 0.0729529	-0.4197994 0.2716777	
	Equação	Fixo	Pooled	Pooled	
	Rodoviário	0.0157882 0.0288931	-0.1740537 0.395582	0.2665149*** 0.0336167	
	Câmbio	-1.544583** 0.7749097	-5.353651*** 1.797421	0.7869564** 0.3603705	
	China	Renda _cons	-4.834221** 1.899107 0.0445812 0.0369331	9.872577** 4.813291 0.0075215* 0.00421	1.862615** 0.8956753 -7.421344 9.345824
	Equação	Pooled	Pooled	Pooled	
	Rodoviário	-0.0773275** 0.0392576	-0.0996756*** 0.0142006	0.046067 0.050455	
Índia	Câmbio	6.622601*** 2.22426	9.100431** 4.643206	-7.589476** 3.312025	
	Índia	Renda _cons	5.724258*** 0.7646049 0.0467064* 0.0279639	-0.6783896 9.082964 -0.0091823 0.0072418	1.348266 2.435054 -1.897312 2.98506
	Equação	Fixo	Pooled	Pooled	
	Rodoviário	-0.0739391*** 4.18E-15	-0.3253927 1.167684	-0.0174239 0.1074087	
	Câmbio	0 Omitted	-3.109675*** 0.8893476	3.537938** 1.490838	
Rússia	Renda	-27.56792*** 1.06E-13	-5.830544*** 1.402972	3.436008** 1.6656	
	_cons	0.0003652 0.0003684	0.0478744*** 0.0145255	-0.6411878 1.334631	
	Equação	Pooled	Fixo	Pooled	

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Significância estatística 10%(\*), 5%(\*\*) e 1%(\*\*\*).

Na África do Sul, o setor agropecuário teve significância estatística na interação do PAC e da renda a 1%; no setor de extração mineral o PAC foi estatisticamente significante a

5%, enquanto o câmbio foi significativo a 1%. Já o efeito da renda sobre as importações do setor de transformação foi significante a 1%. Destaca-se o nível positivo da sensibilidade das importações aos investimentos do PAC. O nível negativo do câmbio é estatisticamente significante, como esperado, que uma desvalorização reduz as importações, sendo esse efeito maior nos estados que mais importam. O efeito negativo da renda sobre as importações do setor agropecuário não foi o esperado, enquanto que o efeito positivo sobre as importações do setor de transformação representam um sinal esperado, de que a renda nacional estimula o aumento das importações e esse efeito é maior nos estados que mais importam.

No caso da relação comercial com a China, o PAC teve significância estatística a 1% no setor de transformação, sendo que o câmbio foi significante a 5% no agropecuário e no de transformação, e a 1% na extração mineral. Por fim, a renda foi significativa a 5% em todos os setores analisados, mas apresentou nível não esperado no caso do setor agropecuário. Como esperado, os investimentos do PAC estimularam as importações através da redução dos custos de transação e essa redução foi maior nos estados que mais importam. O câmbio foi negativo, conforme esperado, indicando que a desvalorização do câmbio reduz as importações, sendo esse efeito maior nos estados que mais importam. Esse sinal foi o esperado nos setores agropecuário e de extração mineral, já no setor de transformação foi positivo. A renda teve impacto negativo no setor agropecuário, o que não era esperado, demonstrando que o modelo deve ser aperfeiçoados com a inclusão de variáveis que impactam diretamente as exportações desses setores, como quebra de safras e preço de commodities. Já nos outros setores o sinal foi positivo, indicando que o aumento da renda estimula as importações.

No caso da Índia, foi significativo a 5% o efeito do PAC sobre as importações o setor agropecuário e a 1% para o setor de extração mineral. No caso do câmbio, no setor agropecuário a variação da interação teve significância estatística a 1%, e a 5% para os outros setores analisados. A renda foi significante para o setor agropecuário a 1%. O valor negativo e significante do PAC indica que este desestimulou as importações desse parceiro comercial e desses setores, agropecuário e de extração mineral. O resultado negativo indica que nesses setores o Brasil possui uma competitividade internacional, com isso esses investimentos aumentaram o consumo de produtos internos em detrimento das importações. O câmbio foi positivo para o setor de extração e agropecuário, demonstrando que há um aumento das importações quando ocorre uma desvalorização do câmbio, o que não era esperado, resultado

indica que a condição de Marshall Lerner não foi satisfeita. No setor de transformação o impacto foi negativo, conforme esperado, já que a desvalorização leva à queda das importações. A renda foi significante e positiva, conforme esperado, indicando que estimula as importações e que esse efeito é maior nos estados que mais importam.

Para a Rússia, o PAC teve sinal significante apenas no setor agropecuário, com significância a 1%; o câmbio teve significância também a 1% na extração mineral e de 5% no setor de transformação; já a renda foi significante a 1% no agropecuário e de extração mineral e de 5% no setor de transformação. O valor negativo do PAC em relação à importação foi negativo e significativo, indicando que o PAC contribuiu para a redução das importações, resultado explicado pelo setor agropecuário, no qual o Brasil é competitivo internacionalmente. O câmbio foi negativo na extração mineral, indicando que a desvalorização desestimula as importações, conforme esperado, enquanto que o valor positivo do setor de transformação mostra que há um aumento das importações desse setor mesmo diante da desvalorização do câmbio, o que não é esperado; este resultado indica que a condição de Marshall Lerner não foi satisfeita. O efeito da renda foi negativo para o setor agropecuário e de extração mineral, o que mostra que houve uma redução das importações mesmo diante do aumento da renda; já para o setor de transformação o valor foi positivo, como esperado, indicando que o aumento da renda estimula as importações, e que esse efeito deve ser maior nos estados que mais importavam.

Analizando os três recortes nos investimentos do PAC no modal rodoviário, pode-se destacar que a região de menor infraestrutura teve maior significância estatística com essa interação, demonstrando que há um impacto maior da infraestrutura em regiões mais deficitárias com infraestrutura. Para o câmbio acontece a mesma coisa: uma maior significância com estados de menor competitividade, já que os impactos de medidas de câmbio podem ser maiores nessas regiões de menor competitividade nacional, sendo que a maioria dos resultados foram no sentido correto, de que a desvalorização cambial desestimula as importações, e mais, que esse impacto é maior nos estados que mais importam. Os efeitos da renda para todos os estados foram na direção correta, sendo que as significantes tiveram nível positivo, com uma única exceção do setor agropecuário que apresentou um impacto negativo; o recorte da região de menor renda teve mais variáveis significantes, demonstrando que a renda leva a efeitos mais significantes em regiões de menor renda.

#### 4.2.2. Exportações

As exportações podem ser consideradas a segunda via de análise do modelo. As variáveis explicativas são: primeira, a taxa de crescimento da infraestrutura, medida pelo crescimento dos investimentos do PAC, que capta o impacto da infraestrutura nas exportações; segundo, a taxa de variação do câmbio nominal; e, por último, a taxa de crescimento da renda per capita do parceiro comercial. A *priori* espera-se que a relação da taxa de crescimento do câmbio seja positiva e significativa. No tocante à variável investimento em infraestrutura de transporte, esta deve apresentar um sinal positivo e significativo, ou seja, um aumento dos investimentos em transporte deve estimular a variação nas exportações. Pode-se ter um impacto negativo dos investimentos com o PAC, sendo que regiões de infraestrutura deficitária podem receber um inundamento de produtos quando acontece o aumento dos investimentos em infraestrutura (Straub, 2008). Por fim, a renda do parceiro comercial deve ter uma relação positiva e significativa, ou seja, mostrando que um aumento da renda internacional afeta positivamente a variação das exportações. Em caso de renda negativa, seu efeito deve significar que o modelo pode ser melhorado; é necessário destacar que questões climáticas, sanitárias e de preços de commodities também impactam no comércio.

$$\frac{\dot{X}_{it}^j}{L_{it}^j} = \begin{cases} \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} g_k^x + \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \eta_i^j (p_{it} - p_{it}^j - e_t^j) + \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \varepsilon_i^j (z_t^j) & \text{se } E_t^j P_{it}^j \geq P_{it}, j=1, \dots, J \\ 0 & \text{se } E_t^j P_{it}^j < P_{it} \end{cases} \quad (20)$$

Tabela 10: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Brasil.

	Exportação	Teste de Chow Prob	Teste de Hausman Prob	Teste BP Prob	Resultado
África do Sul	Agropecuário	0.0057	0	1	Fixo
	Extrativa	0.9952	0.4095	1	Pooled
	Transformação	0.6455	0.9608	1	Pooled
China	Agropecuário	0.0406	0	1	Fixo
	Extrativa	0.0976	0	1	Fixo
	Transformação	0.0034	0	1	Fixo
Índia	Agropecuário	0	-	1	Fixo
	Extrativa	0	0	1	Fixo
	Transformação	0.1137	0	1	Pooled
Rússia	Agropecuário	1	0.9993	1	Pooled
	Extrativa	0.5229	0.9997	0.480	Pooled
	Transformação	0.0001	0	1	Fixo

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Observação: sendo – Chi2 negativo.

A tabela 10, mostra que no caso da África do Sul, a estimativa de efeito fixo se ajustou melhor aos dados apenas do setor de agropecuário, para os outros setores do país, a indústria extrativa e indústria de transformação o modelo de melhor ajuste foi o *pooled*. A China teve o modelo de efeitos fixos como aquele que melhor se ajustou para todos os setores. A Índia obteve os melhores resultados para o setor de agropecuário e para a indústria extrativa usando o modelo de efeitos fixos, e para a indústria de transformação o modelo *pooled* foi o que apresentou o melhor ajuste. Por último, a Rússia se ajustou melhor ao *pooled* para o setor de agropecuário e para a indústria extrativa, enquanto que para o setor da indústria de transformação, o modelo que melhor se ajustou foi o de efeito fixo.

Tabela 11: Estimações do painel estático Brasil.

Países	Exportação	Agropecuário	Extrativa	Transformação
África do Sul	Rodoviário	0.0646169** 0.0278415	-0.011411*** 0.0041587	-0.0038626*** 0.0012953
	Câmbio	8.51383*** 1.774328	3.440493** 1.375553	-0.5248827 0.5555449
	Africa do Sul Renda	-15.59689 12.06827	24.0037** 10.53041	7.841472*** 1.562506
	_cons	0.0129252 0.0146387	-0.0138078* 0.0075452	0.097839** 0.038199
	Equação	Fixo	Pooled	Pooled
	Rodoviário	-0.005468 0.0173181	-0.0317569** 0.0160631	-0.0081684*** 0.0025631
	Câmbio	0.2834693 0.2402253	-2.35267*** 0.1440447	-0.4046293* 0.218574
	China	Renda 0.9968573	2.229353*** 0.5084379	-5.161155*** 1.101546
	_cons	0.1830385*** 0.0367197	0.093766** 0.0421402	0.0895723*** 0.0224134
	Equação	Fixo	Fixo	Fixo
Índia	Rodoviário	-0.0400739 0.0374299	-0.0295195 0.0597183	0.0220301*** 0.008387
	Câmbio	-2.229262** 1.119184	0.2750412 1.733371	11.32752** 5.057313
	Índia Renda	-15.48155*** 1.054663	-11.84601*** 1.209589	5.141867 4.819634
	_cons	0.0005005** 0.0002232	0.0145326 0.0271867	0.0127992** 0.0065777
	Equação	Fixo	Fixo	Pooled
	Rodoviário	-0.089551 0.0883097	-0.0482054 0.0816766	-0.0031019*** 0.0011201
	Câmbio	-2.940069** 1.192016	-25.7778*** 8.224801	-2.915143*** 0.4035437
	Rússia	Renda 2.685338	60.23314*** 16.50679	7.749073*** 0.7483025
	_cons	-0.0123813 0.0095517	0.0022569 0.0021652	0.0696001 0.1124561
	Equação	Pooled	Pooled	Fixo

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Significância estatística 10%(\*), 5%(\*\*) e 1%(\*\*\*).

Para as exportações, analisando a África do Sul, destaca-se a significância estatística dos investimentos do PAC, a 1% de significância para o setor de extrativa e indústria de

transformação, e de 5% de significância para o setor agropecuário, o que demonstra a importância desses investimentos para a economia. Para o câmbio, pode-se destacar que: setor agropecuário apresenta significância estatística a 1% e a indústria extrativa a 5%, enquanto que a indústria de transformação não foi significativa nem a 10%, o sinal positivo do setor de agropecuário e da indústria extrativa vão na direção do esperado, que o maior impacto ocorre nos estados que possuem maior nível de exportação, e mais, uma depreciação do câmbio leva ao aumento das exportações. A renda do parceiro comercial se mostrou significante a 5% para o setor de extrativo e a 1% para a indústria de transformação, e não foi significativo a 10% para o setor agropecuário. A renda do parceiro apresentou coeficiente positivo para o setor de extrativa e de transformação, demonstrando que a renda do parceiro está associado as exportações do Brasil, e que o maior impacto do aumento da renda está direcionado para os estados que já possuíam um elevado nível de exportação.

No caso das exportações para a China, destaca-se que os investimentos do PAC foram significantes a 5% para a indústria extrativa e a 1% para o setor de transformação, sendo o sinal negativo, ressaltando que o impacto do PAC foi negativo para as exportações e esse efeito foi maior nos estados que mais exportavam, o sinal negativo foi conforme esperado pela infraestrutura deficitária brasileira, como ressaltado por Straub (2008). No caso do câmbio, a significância estatística do setor agropecuário não ocorre nem a 10% de significância, para a extrativa ocorre a 1% e para a indústria de transformação a 10%, com sinal negativo. Isto indica que a depreciação do câmbio levou à queda de exportação para os estados e que essa queda foi maior nos que mais exportavam, indicando que a condição de Marshall Lerner não foi satisfeita. A interação da renda do parceiro comercial com as exportações foi significante estatisticamente a 1% de significância para todos setores, com sinal negativo para o setor agropecuário e de transformação, o que pode significar que o impacto da renda do parceiro comercial foi negativo para as exportações, e no caso da indústria de extração mineral, o sinal foi positivo. Assim, pode-se destacar que a renda do parceiro comercial teve um impacto positivo para aumentar as exportações e que esse impacto foi maior nos estados que já tinham um maior nível de exportação.

Na Índia, os investimentos do PAC foram significantes estatisticamente apenas no setor da indústria de transformação, que possui sinal positivo, indicando que o aumento dos investimentos do PAC foram na direção de estimular as exportações, sendo o impacto maior nos estados que mais exportavam, conforme esperado. O câmbio foi estatisticamente

significante nos setores agropecuário e de transformação, mostrando significância a 5%, sendo o sinal positivo e elevado para o setor de transformação. Isto demonstra que a depreciação do câmbio elevou as exportações, e que esse impacto ocorreu em maior magnitude nos estados de nível maior de exportação. Por último, há o impacto da renda do parceiro comercial nas exportações: os setores agropecuário e de extração possuem significância a 1% estatisticamente, já o de transformação não se mostrou significante nem a 10%, sendo que o resultado negativo e significante pode indicar que a elevação da renda do parceiro comercial levou à queda das exportações e que foi maior nos estados que mais exportavam. Este resultado indica que o modelo pode ser aperfeiçoado com a inclusão de variáveis de preços de commodities e de questões climáticas.

Por último, há a Rússia, sendo que a variável do PAC se mostrou significante apenas no setor da indústria de transformação, com sinal negativo. Isto demonstra que esses investimentos no modal rodoviário reduziram as exportações para esse parceiro comercial, resultado condizente com o esperado pela condição deficitária da infraestrutura do Brasil, conforme ressaltado por Straub (2008). Em termos de câmbio, todos os setores se mostraram estatisticamente significante, sendo o de extração e da indústria de transformação a 1%, enquanto que o setor agropecuário foi a 5% de significância estatística, com sinal negativo. Isto não condiz com o esperado, resultado que indica que a condição de Marshall Lerner não foi satisfeita. Já a renda do parceiro comercial foi estatisticamente significante para o setor de extractiva e indústria de transformação, a 1%, enquanto que o setor agropecuário não foi estatisticamente significante nem a 10%; porém, o sinal positivo vai na direção do esperado, de que a renda do parceiro comercial impacta positivamente nas exportações.

Tabela 12: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Sul e Sudeste.

	Exportação	Teste de Chow Prob	Teste de Hausman Prob	Teste BP Prob	Resultado
África do Sul	Agropecuário	0.0647	0.0789	1	Fixo
	Extrativa	0.8977	0.9903	1	Pooled
	Transformação	0.5477	1	0.4539	Pooled
China	Agropecuário	0.3126	0.4852	1	Pooled
	Extrativa	0.3793	0.5895	1	Pooled
	Transformação	0.094	0.501	1	Pooled
Índia	Agropecuário	0.0023	-	1	Fixo
	Extrativa	0.0199	0.0016	1	Fixo
	Transformação	0.286	0.4304	1	Pooled
Rússia	Agropecuário	0.9531	0.9984	1	Pooled
	Extrativa	0.6873	0.4945	1	Pooled
	Transformação	0.0046	-	1	Fixo

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Observação: sendo – Chi2 negativo.

Os testes foram realizados para determinar quais modelos melhor se adaptam aos dados de painel, sendo que a maioria indicou o efeito *pooled* como o que melhor se ajusta. Os modelos de efeito fixo se adaptaram melhor ao setor agropecuário da África do Sul e da Índia, e o de extração mineral na Índia, enquanto que o setor de transformação se ajustou melhor aos dados da Rússia no modelo de efeito fixo.

Tabela 13: Estimações do painel estático Sul e Sudeste.

Países	Exportação	Agropecuário	Extrativa	Transformação
	Rodoviário	0.1327971** 0.0525005	-0.0114364*** 0.0038711	-0.004267*** 0.0013077
	Câmbio	13.4086*** 3.681916	3.442689** 1.2978	-0.9043635 0.5886247
Africa do Sul	Renda	3.384193 24.29284	24.15231** 10.31377	7.138124*** 1.515365
	_cons	0.0622635 0.0518393	-0.0518137 0.0335438	-0.6844486 0.4317389
	Equação	Fixo	Pooled	Pooled
	Rodoviário	0.045828 0.0470864	-0.0018086 0.0270518	-0.0004098 0.0019587
	Câmbio	-0.9396901 1.05444	-2.737052*** 0.300215	-1.129293 0.7557005
China	Renda	3.038616* 1.694168	4.818169*** 0.4378709	2.2726 1.669857
	_cons	0.0028492 0.0760327	-0.1022623 0.1008192	0.064156 0.0450496
	Equação	Pooled	Pooled	Pooled
	Rodoviário	-0.015155 0.0332576	0.0034887 0.1294592	0.0202134** 0.0076902
	Câmbio	-7.5882*** 1.057836	0.3210335 3.869948	13.01316** 5.693827
Índia	Renda	-17.17793*** 1.088055	-11.82999*** 2.626613	6.261309 5.347902
	_cons	0.0004 0.0003035	0.0309671 0.12559	0.0125529 0.0207301
	Equação	Fixo	Fixo	Pooled
	Rodoviário	-0.0963728 0.0809465	-0.2201205* 0.1177893	-0.0035587* 0.0017672
	Câmbio	-1.179598 1.774887	-9.157261 5.485653	-3.306033*** 0.7766299
Rússia	Renda	0.7255869 5.41312	6.617627 19.23058	8.384201*** 1.413984
	_cons	-0.0115816 0.0263057	0.0001686 0.000151	0.1433449 0.3239296
	Equação	Pooled	Pooled	Fixo

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Significância estatística 10%(\*), 5%(\*\*) e 1%(\*\*\*).

Na África do Sul, o PAC foi estatisticamente significante a 5% no setor agropecuário e a 1% no setor de extração mineral e no de transformação; já o câmbio foi estatisticamente

significante a 1% no agropecuário e a 5% no de extração mineral; por último, a renda foi significante a 5% na extração mineral e a 1% no setor de transformação. Os efeitos do PAC foram positivos no agropecuário, demonstrando que as exportações foram estimuladas por esses investimentos e que o impacto foi maior nos estados que mais exportavam. O câmbio foi positivo no setor agropecuário e de extração mineral, conforme esperado; ou seja, as exportações são estimuladas com a desvalorização do câmbio. O efeito da renda do parceiro comercial foi positiva nos setores em análise, como esperado, indicando que o aumento da renda do parceiro comercial estimula as exportações dos estados brasileiros.

No caso da China, o câmbio foi estatisticamente significante a 1% para o setor de extração mineral. A renda foi significante a 10% no agropecuário e a 1% no setor de extração mineral. No caso do câmbio, o valor negativo e significante demonstra que uma desvalorização do câmbio desestimula as exportações desse setor, resultado que confirma que a condição de Marshall Lerner não foi satisfeita. O valor positivo da renda do parceiro comercial, conforme esperado, indica que a renda do parceiro aumenta as exportações e que esse aumento é maior nos estados que mais exportam nesses setores.

No caso da Índia, a estimação dos efeitos do PAC foi estatisticamente significante a 5% no setor de transformação. A taxa de câmbio foi estatisticamente significante a 1% no caso do setor agropecuário e para a indústria de transformação a 5%; já a renda foi significante a 1% no caso dos setores agropecuário e de extração mineral. O sinal positivo e estatisticamente significativo do PAC demonstra que os investimentos impactaram positivamente as exportações. O câmbio foi negativo para o setor agropecuário, indicando que houve uma queda das exportações desse setor e o sinal negativo não foi como esperado, ou seja, a desvalorização causou uma queda das exportações, resultado que confirma que a condição de Marshall Lerner não foi satisfeita para esse país e setor. O sinal do câmbio no caso do setor de transformação foi positivo, conforme esperado, indicando que a desvalorização do câmbio leva a aumento das exportações. A renda do parceiro comercial apresentou um sinal negativo, não como esperado, indicando que um aumento da renda do parceiro comercial leva a uma queda das exportações dos setores agropecuário e de extração mineral, mostrando que o modelo poderia incluir variáveis de preços de commodities e de questões climáticas para quebra de safras.

Para o caso da Rússia, os investimentos do PAC foram estatisticamente significantes a 10% para o setor de extração mineral e de transformação, enquanto o câmbio e a renda do

parceiro comercial foram estatisticamente significantes a 1% para o setor de transformação. O sinal negativo dos investimentos do PAC no modal rodoviário demonstram que estes investimentos acabaram desestimulando as exportações para esses setores e para esse parceiro comercial, resultado esperado devido à infraestrutura deficitária do Brasil, como ressaltado por Straub (2008). O sinal negativo do câmbio não foi como esperado, indicando que uma desvalorização do câmbio leva a uma queda das exportações, no caso do setor que tem variável estatisticamente significante, resultado que confirma que a condição de Marshall Lerner não foi satisfeita. Já a renda do parceiro comercial teve sinal positivo, conforme esperado, que o aumento da renda do parceiro comercial leva ao aumento das exportações e que esse efeito seja maior nos estados que já exportam mais.

Tabela 14: Testes de definição do modelo que melhor se adapta Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

	Exportação	Teste de Chow Prob	Teste de Hausman Prob	Teste BP Prob	Resultado
África do Sul	Agropecuário	0.2012	0.2609	1	Pooled
	Extrativa	0.9678	0.7721	1	Pooled
	Transformação	0.9808	0.9002	1	Pooled
China	Agropecuário	0	0	1	Fixo
	Extrativa	0.2989	0.0114	1	Pooled
	Transformação	0.4123	0.1848	1	Pooled
Índia	Agropecuário	0	-	1	Fixo
	Extrativa	0.9999	0.8942	1	Pooled
	Transformação	0.0001	0	1	Fixo
Rússia	Agropecuário	1	1	1	Pooled
	Extrativa	0.5263	0.9998	0.477	Pooled
	Transformação	0.9239	0.8887	1	Pooled

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Observação: sendo – Chi2 negativo.

A maioria das estimativas que melhor se adaptam aos resultados foram as *pooled*, enquanto que as estimativas de efeito fixo que melhor se adaptaram foram para os casos do setor de agropecuário para a China e Índia, e de transformação para a Índia.

Tabela 15: Estimações do painel estático Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Países	Exportação	Agropecuário	Extrativa	Transformação
África do Sul	Rodoviário	-1.444768*** 0.4884838	-0.1576849** 0.070742	-0.0167828 0.0241016
	Câmbio	-7.897562* 4.480943	-0.6398282 3.685328	-0.3636101 1.45336
	Renda	19.43975 26.57421	7.662453 11.43752	-6.123009 10.43902
	_cons	0.0035723 0.00402	0.0004047 0.0003848	-0.0269323 0.0179939
	Equação	Pooled	Pooled	Pooled
	Rodoviário	-0.1097777*** 0.016847	-0.1324631** 0.0550923	0.0280982 0.0200522
	Câmbio	0.6503845*** 0.1368973	-2.26252*** 0.6916051	1.117004* 0.6428764
	Renda	-0.8122128 0.6152488	5.366213*** 1.41563	0.5319416 0.7722687
	_cons	0.0758392*** 0.0176179	0.0013937 0.0067062	-0.0002836 0.0110141
	Equação	Fixo	Pooled	Pooled
China	Rodoviário	-0.0429932 0.0883313	0.2631445 0.6955301	0.0533152 0.0569121
	Câmbio	7.294919*** 1.631894	-4.543664* 2.380738	2.558986 1.854412
	Renda	-12.45621*** 1.786768	-3.598417** 1.395691	-14.61643*** 1.802824
	_cons	0.0003629 0.0002307	-0.0018907 0.0020473	0.0041931* 0.0024811
	Equação	Fixo	Pooled	Fixo
	Rodoviário	-0.1967825 0.285042	-0.0040698 0.1186506	0.0556393 0.1550483
	Câmbio	-3.477206* 1.759111	-29.01143** 11.17975	-1.277353 1.759324
	Renda	1.033708 3.376904	66.74824*** 22.36095	3.051416 2.245069
	_cons	-0.0160193 0.0100217	0.0030162 0.0029475	0.0333885 0.066111
	Equação	Pooled	Pooled	Pooled

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14. Significância estatística 10%(\*), 5%(\*\*) e 1%(\*\*\*).

Para a África do Sul, os investimentos do PAC no modal rodoviário foram estatisticamente significantes no caso do setor agropecuário, a 1%, e no caso do setor de

extração mineral, 5%. O câmbio foi estatisticamente significante a 10% no agropecuário. O valor negativo dos investimentos rodoviários, o que indica uma queda das exportações desses setores ocasionado pelos investimentos do PAC, resultado que vai ao encontro da infraestrutura deficitária dessa região, como ressaltado por Straub (2008). O valor negativo e significante do câmbio representa que a desvalorização do câmbio pode ter reduzido as exportações, resultado que confirma que a sua condição de Marshall Lerner não foi satisfeita.

No caso da China, os investimentos do PAC foram estatisticamente significante a 1% para o setor agropecuário e a 5% no setor de extração mineral. O câmbio foi significante a 1% no setor agropecuário e de extração mineral, e de 10% no setor de transformação. A renda foi significante a 1% no setor de extração mineral. Os valores negativos do PAC que são significativos estatisticamente indicam que os investimentos do PAC no modal rodoviário reduziram as exportações, resultado que confirma a condição deficitária da infraestrutura, como ressaltado por Straub (2008). Os sinais positivos no câmbio para os setores de agropecuário e de transformação foram na direção esperada, indicando que a desvalorização do câmbio leva ao aumento das exportações. O sinal do câmbio no setor de extração mineral foi negativo, não representando, assim, o sinal esperado, resultado que confirma que a condição de Marshall Lerner não foi satisfeita. O sinal positivo da renda representa o valor esperado, já que um aumento da renda do parceiro comercial leva ao aumento das exportações.

No caso da Índia, o câmbio foi estatisticamente significante a 1% no setor agropecuário e a 10% no setor de extração mineral, enquanto que a renda foi estatisticamente significante o setor de agropecuário e de transformação a 1% e de extração mineral a 5%. O valor positivo do setor agropecuário para o câmbio era o esperado, já que a desvalorização do câmbio estimula as exportações, mas o valor negativo e significante do câmbio na extração mineral não foi esperado. Os valores negativos da renda indicam que o aumento da renda do parceiro comercial leva à queda das exportações, resultado que sugere que o modelo pode ser melhorado com a inclusão de variáveis de quebra de safras e de preços de commodities.

Na Rússia, o câmbio foi estatisticamente significante a 10% no setor agropecuário, e a 5% no setor de extração mineral, enquanto que a renda foi estatisticamente significante a 1% na extração mineral. Os valores negativos e significantes do câmbio indicam que a desvalorização do câmbio leva à redução das exportações, algo não esperado, resultado que mostra que a condição de Marshall Lerner não foi satisfeita. O valor positivo da renda vai ao

encontro do esperado, que o aumento da renda aumenta as exportações nos estados que mais exportam.

Analizando os três recortes, pode-se destacar que os investimentos do PAC no modal rodoviário foram significativos na maioria com impacto negativo, sendo o impacto positivo apenas no setor agropecuário e de transformação para um determinado parceiro comercial, isso observando todos os estados. Já o câmbio apresentou uma relação não condizente com o esperado, já que o sinal foi negativo, mas em parte pode ser decorrente de determinados setores onde o Brasil ou região é muito competitivo. Por fim, a renda mostrou comportamento parecido nos três recortes, apesar de a Índia apresentar um impacto negativo, resultado que indica que o modelo deve ser aperfeiçoadado. A relação comercial entre Brasil e Índia apresenta comportamento do comércio influenciado por questões sanitárias, protecionistas e de quebra de safras, como destacado em Banik e Padovani (2014), Silva e Peruffo (2012) e Silva et alii (2016), variáveis que não estão presentes no modelo. Os demais resultados foram na direção correta, de que o aumento da renda do parceiro comercial aumenta as exportações e que esse efeito é maior nos estados que mais exportam.

#### 4.2.3. Efeito na renda

Apesar de o modelo matemático sugerir uma análise para todos os parceiros comerciais, o esforço de analisar a relação do Brasil com os BRICS separados também é importante para definição de uma estratégia multilateral de crescimento do país.

$$y_t = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J \left[ \left( \frac{L_{it}}{Y_{it}} \left( \xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \eta_{it}^j + \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} \Psi_{it}^j \right) (p_{it} - e_t^j - p_{it}^j) \right) \right]}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J \left[ \left( \frac{L_{it}}{Y_{it}} \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} \pi_i^j \right) \right]} + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J \left[ \left( \frac{L_{it}}{Y_{it}} \xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} g_k^x - \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} g_k^m \right) \right]}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J \left[ \left( \frac{L_{it}}{Y_{it}} \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} \pi_i^j \right) \right]} + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J \left[ \left( \frac{L_{it}}{Y_{it}} \xi^j \frac{X_{it}^j}{L_{it}^j} \epsilon_{it}^j z_i^j \right) \right]}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^J \left[ \left( \frac{L_{it}}{Y_{it}} \frac{M_{it}^j}{L_{it}^j} \pi_i^j \right) \right]} \quad (24)$$

A partir da equação acima chegam-se às equações das estimativas da renda per capita dos estados divididos nos setores e parceiros comerciais. Pela equação, torna-se possível dividir em apenas três os efeitos sobre a renda: do câmbio, da renda internacional e do PAC.

A equação abaixo representa o efeito do câmbio na renda, sendo que para o cálculo do efeito foi utilizado as estimativas das interações multiplicado pelos valores médios das variáveis. Como exemplo foram utilizadas as exportações médias do setor agropecuário para a

África do Sul, multiplicadas pelo câmbio médio, pela interação, e assim sucessivamente, seguindo o modelo matemático:

$$\Delta_c^j = \frac{[\sum_{j=1}^J (\frac{L_{at}}{Y_{at}} (\xi^j \frac{X_{at}^j}{L_{at}^j} \eta_{at}^j + \frac{M_{at}^j}{L_{at}} \Psi_{at}^j) (p_{at} - e_t^j - p_{at}^j))] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{et}}{Y_{et}} (\xi^j \frac{X_{et}^j}{L_{et}^j} \eta_{et}^j + \frac{M_{et}^j}{L_{et}} \Psi_{et}^j) (p_{et} - e_t^j - p_{et}^j))] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{tt}}{Y_{tt}} (\xi^j \frac{X_{tt}^j}{L_{tt}^j} \eta_{tt}^j + \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}} \Psi_{tt}^j) (p_{tt} - e_t^j - p_{tt}^j))] }{[\sum_{j=1}^J (\frac{L_{at}}{Y_{at}} \frac{M_{at}^j}{L_{at}} \pi_a^j)] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{et}}{Y_{et}} \frac{M_{et}^j}{L_{et}} \pi_e^j)] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}} \pi_t^j)]} \quad (26)$$

A equação seguinte representa o efeito dos investimentos do PAC do modal rodoviário na renda:

$$\Delta_k^j = \frac{[\sum_{j=1}^J \frac{L_{at}}{Y_{at}} \xi^j \frac{X_{at}^j}{L_{at}^j} g_k^x - \frac{M_{at}^j}{L_{at}} g_k^m] + [\sum_{j=1}^J \frac{L_{et}}{Y_{et}} \xi^j \frac{X_{et}^j}{L_{et}^j} g_k^x - \frac{M_{et}^j}{L_{et}} g_k^m] + [\sum_{j=1}^J \frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \xi^j \frac{X_{tt}^j}{L_{tt}^j} g_k^x - \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}} g_k^m]}{[\sum_{j=1}^J (\frac{L_{at}}{Y_{at}} \frac{M_{at}^j}{L_{at}} \pi_a^j)] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{et}}{Y_{et}} \frac{M_{et}^j}{L_{et}} \pi_e^j)] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}} \pi_t^j)]} \quad (27)$$

A equação 28 representa o efeito da renda do parceiro comercial na renda per capita dos estados brasileiros:

$$\Delta_z^j = \frac{[\sum_{j=1}^J (\frac{L_{at}}{Y_{at}} \xi^j \frac{X_{at}^j}{L_{at}^j} \varepsilon_{at}^j z_t^j)] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{et}}{Y_{et}} \xi^j \frac{X_{et}^j}{L_{et}^j} \varepsilon_{et}^j z_t^j)] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \xi^j \frac{X_{tt}^j}{L_{tt}^j} \varepsilon_{tt}^j z_t^j)]}{[\sum_{j=1}^J (\frac{L_{at}}{Y_{at}} \frac{M_{at}^j}{L_{at}} \pi_a^j)] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{et}}{Y_{et}} \frac{M_{et}^j}{L_{et}} \pi_e^j)] + [\sum_{j=1}^J (\frac{L_{tt}}{Y_{tt}} \frac{M_{tt}^j}{L_{tt}} \pi_t^j)]} \quad (28)$$

Tabela 16: Tabela com os efeitos no produto per capita dos estados Brasil.

Variáveis	Exportação	Importação	Saldo	Efeito na Renda
Câmbio	-0.0809941958	-0.4400289257	-0.5210231215	-0.0026802908
Renda	0.0672727384	87.3500771977	-87.2828044593	0.0003460701
PAC	-0.0427071416	0.0049001891	-0.0476073307	-0.0002449056

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14.

Nota-se que o impacto das variáveis explicativas na renda dos estados brasileiros demonstrou que o Brasil depende significativamente do crescimento do produto do parceiro comercial. O efeito dos investimentos do PAC foi negativo para as exportações e positivo para as importações, isso mostra que os investimentos do PAC estimularam relativamente mais as importações, o que acabou desestimulando as exportações líquidas, enfraquecendo as empresas exportadoras, como indicado pela literatura, sendo bom destacar o curto período de análise, então esse impacto seria melhor compreendido pensando no curto prazo. A infraestrutura deficitária pode comprometer a competitividade das exportações e o crescimento econômico. Em princípio, o câmbio negativo representa que nesse período o câmbio não foi uma boa variável para estimular a economia, e pode estar indicando que a *proxy* não é muito boa.

Tabela 17: Tabela com os efeitos no produto per capita Sul e Sudeste.

Variáveis	Exportação	Importação	Saldo	Efeito na Renda
Câmbio	-0.3242788331	-5.061946006	-5.386225	-0.0119572773
Renda	1.0111877517	208.6047806268	-207.5936	0.0022448102
PAC	0.0395070781	-0.7611582395	0.8006653	0.0017774559

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14.

Observando o recorte dos estados de maior nível de renda no Brasil, pode-se destacar que segue o mesmo padrão de análise da economia brasileira, no caso da renda e do câmbio, mas os efeitos do PAC foram positivos sobre a renda na região que possui uma infraestrutura mais moderna e menos deficitária em relação ao resto do país. O maior apporte de investimentos do PAC no modal rodoviário, medido em conclusão de projetos, acabou estimulando a economia dessa região.

Tabela 18: Tabela com os efeitos no produto per capita Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Variáveis	Exportação	Importação	Saldo	Efeito na Renda
Câmbio	-0.0102974353	2.7086655346	2.6983681	0.0131721801
Renda	0.0917433005	79.7933471975	-79.7016	0.0004478482
PAC	-0.036643589	6.5349338881	-6.571577	-0.0320793899

Fonte: Elaboração própria por meio das saídas do Stata 14.

Para o recorte de estados de menor renda per capita destaca-se a mudança do impacto positivo do câmbio na renda dos estados brasileiros, o que demonstra que, para eles, o que pode ser uma boa saída para estimular a economia. Os investimentos do PAC tiveram um impacto negativo na economia, em partes por estimular mais as importações e menos as exportações, em função do grande deficit de infraestrutura do país, e maior ainda nessas regiões. A renda do parceiro comercial continua sendo uma boa variável para explicar o crescimento da economia nacional.

Observando os três recortes, pode-se destacar que a maior mudança acontece no impacto dos investimentos do PAC no modal rodoviário, que para os estados mais ricos da economia o impacto foi positivo. O maior impacto na renda dos investimentos em infraestrutura nos estados de melhor infraestrutura vai ao encontro do destacado em Straub (2008). Analisando os estados da região Norte, Nordeste e Centro-Oeste, nota-se a mudança do câmbio, que começou a ser uma variável importante para estimular a economia, de modo que devemos ter cuidado na análise do câmbio, já que foi uma variável que não se pode utilizar tão facilmente o câmbio setorial real efetivo.

## 5. Conclusão

O objetivo da dissertação foi analisar empiricamente e teoricamente o papel dos investimentos em infraestruturas rodoviárias realizadas pelo PAC, tendo como hipótese que eles são peça central para o crescimento de longo prazo da economia brasileira. O resultado foi que os investimentos em infraestrutura devem ser estimulados na economia brasileira, como forma de enfrentar a atual crise.

O modelo multisectorial demonstrou que a relação entre os estados brasileiros com os BRICS possui impacto positivo no produto per capita dos estados brasileiros, dando um sinal de que a relação deve ser estimulada no longo prazo para o crescimento do produto per capita dos estados. O sinal negativo do câmbio nas exportações demonstra que a variável não é uma boa *proxy*, dando indícios de que a construção do câmbio real seja a melhor alternativa.

O efeito negativo do PAC sobre a renda demonstra que a economia brasileira deve manter os investimentos do PAC e estimulá-los, já que possui uma infraestrutura muito deficitária em relação ao resto do mundo. Neste caso, como destacado em Straub (2008), o aumento dos investimentos em infraestrutura no primeiro momento tende a estimular as importações de outras regiões; só depois a economia conseguiria vivenciar um aumento maior das exportações para outras economias. Desta forma, os investimentos em infraestrutura devem ser mais direcionados por impactar a renda dos estados. As estimativas dos recortes tendem a confirmar essa afirmativa para o PAC, com o impacto positivo na renda nos estados do Sul e Sudeste e negativo na renda nos estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste da economia brasileira.

Por último, existe o efeito renda internacional na economia que, em geral, foi positivo sobre a economia brasileira. Com isso, pode-se destacar que os BRICS possuem um grande impacto no produto per capita dos estados brasileiros, o que explica em parte a recente queda da taxa de crescimento da economia brasileira.

Pelo câmbio existe uma diferença nos três recortes analisados, que está no impacto do câmbio sobre a renda, já que, para os estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, teve impacto positivo na economia, sendo que o modelo indica a utilização do câmbio real pelo modelo matemático e não o nominal, como utilizado.

Em geral, a economia brasileira passa por uma recessão que, em parte, pode ser explicada pela queda do crescimento dos BRICS. Mas o trabalho pode indicar que a economia

brasileira pode ganhar mercado com a melhora drástica da infraestrutura e, por meio de uma melhor seleção desses investimentos, o que demonstra a importância dos investimentos do PAC na economia.

## 6. Referências Bibliográficas

- Agénor, P.R. (2005). "Health and Infrastructure in Models of Endogenous Growth," Working Paper No. 62, Centre for Growth and Business Cycle Research, University of Manchester (September 2005).
- Amann, E., Baer, W., Trebat, T. J., & Villa, J. M. (2014). Infrastructure and its role in Brazil's development process. IRIBA working paper 10. BWPI/The University of Manchester.
- Andres, L., Biller, D. and Dappe, M.H. (2015). A Methodological Framework for Prioritizing Infrastructure Investment. Policy Research Working Paper, 7433. World Bank Group.
- Araujo, R. A.; Lima, G. T. A (2007). Structural economics-dynamics approach to balance- of payments constrained growth. Cambridge Journal of Economics. 755-774.
- Arbués, P., Baños, J.P., Mayor, M.,(2015): "The spatial productivity of transportation infrastructure", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 75, 166-177.
- Aschauer, D. (1989) Is public expenditure productive? Journal of Monetary Economics, v. 23, p. 177-200.
- Banik, A., Padovani, F., (2014);. Índia em transformação. Revista de Sociologia e Política, v. 22, p. 67-93.
- Bertussi, G. L. (2010). Gastos públicos com infra-estrutura de transporte e crescimento econômico: uma análise para os estados brasileiros. viii, 52 f., il. Tese (Doutorado em Economia)-Universidade de Brasília, Brasília.
- Blecker, R. A. (2016). The debate over "Thirlwall's Law": balance-of-payments-constrained growth reconsidered'. European Journal of Economics and Economic Policies: Intervention, 13(3), 275-290.
- Carbinato, D. D. A. (2010). Crescimento econômico e estrutura produtiva no Brasil: análise das relações entre padrão setorial e restrição externa. III Encontro da Associação Keynesiana Brasileira, São Paulo, 11 a 13 Agosto 2010. 1-18.
- Chotia, V., Rao, N. M. (2015). "Examining The Interlinkages Between Regional Infrastructure Disparities, Economic Growth, And Poverty: A Case Of Indian States." Economic Annals 60.205: 53-72.
- Cockburn, J., Dissou, Y., Duclos, J. Y., & Tiberti, L. (2013). Infrastructure and economic growth in Asia. Springer International Publishing.
- Correa, P. (2007). "What it takes to Lower Regulatory Risk in Infrastructure Industries; An assessment and benchmarking of Brazilian regulators", PPIAF Grid Lines newsletter, September.

- Da Silva, F. G. F. ; Martins, F. G. D. ; Rocha, C. H. ; Araujo, C. E. F. (2013). Investimentos em transportes terrestres causam crescimento econômico?: um estudo quantitativo. *Journal of Transport Literature*, v. 7, p. 124-145.
- Démurger, S. (2001). Infrastructure Development and Economic Growth: An Explanation for Regional Disparities in China? *Journal of Comparative Economics* 29 (1):95–117.
- Domingues, E. P. ; Magalhães, Aline S. ; Faria, W. R. (2009). Infra-estrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do PAC em Minas Gerais. *Pesquisa e Planejamento Econômico* (Rio de Janeiro), v. 39, p. 121-158.
- Ferreira, P. C. G. ; Malliagros, T. G. (1998). Impactos Produtivos de Infra-estrutura no Brasil, 1950-1995. *Pesquisa e Planejamento Econômico* (Rio de Janeiro), Rio de Janeiro, v. 2, p. 315-338.
- Gouvêa, R. R.; Lima, G. T. (2009). Structural Change, Balance-of-Payments Constraint and Economic Growth: Evidence from the Multi-Sectoral Thirlwall's Law. *Anpec*, n. Encontro XXXVII.
- Hirschman, A. (1961). *A Estratégia de Desenvolvimento Econômico*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura.
- Jouanjean, M. A., Gachassin, M., te Velde, D. W. (2015). Regional infrastructure for trade facilitation–impact on growth and poverty reduction. *Literature Review*. London: ODI.
- Komarova, V.N., Zjablova, O.V., Denmukhametov, R.R. (2014). An infrastructure factor in regional competitiveness. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5 (18 SPEC. ISSUE), pp. 355-360.
- Ribeiro, L. C. S., & Leite, A. P. V. (2014). Análise estrutural dos investimentos do PAC em infraestrutura logística no estado da Bahia. *Análise Econômica*, 32(62).
- Oreiro, J. L.; Basilio, F. A. C.; Souza, G. J. G. (2013). Acumulação de Capital, Taxa Real de Câmbio e Catching-up: Teoria e evidência para o caso brasileiro. 10º Fórum de Economia de São Paulo. FGV-EESP.
- Paiva, M. S. (2015). Causação Cumulativa, Taxa de Câmbio Real e Progresso Tecnológico Endógeno em uma Abordagem Dinâmica de Mudança Estrutural Multilateral. 2015. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Economia) - Universidade Federal de Uberlândia.
- Pasinetti, L. (1981). *Structural change and economic growth: a theoretical essay on the dynamics of the wealth of nations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Santos, H. S. (2014). *A Lei de Thirlwall Multissetorial: Uma Análise das Elasticidades Renda das Exportações e Importações na Relação Bilateral Brasil China*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia.

- Seethepalli, K., M. C. Bramati, and D. Veredas. (2007). "How Relevant Is Infrastructure to Growth in East Asia ?." World Bank, Washington, DC. Mimeo.
- Silva, A. L. R. d; Peruffo, L. (2012). The Impact of International crisis on Brazil's Trade With de other Brics (Russia, India, China an South Africa). *Austral - Brazilian Journal of Strategy & International Relations*, v. 1, p. 169-200.
- Silva, R. A. D.; Silva, M. L. D. ; Coronel, D. A. (2016). Determinantes das Exportações de Açúcar em Bruto do Brasil para o Mercado Indiano (1999 A 2010). *Reunir: Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade*, v. 6, p. 25-36.
- Silva, G. J. C., & Scatolin, R. S. (2012). Gastos públicos e crescimento econômico recente dos estados brasileiros. *Revista Economia & Tecnologia*, 8(3).
- Silva, G. J. C. ; Fortunato, W. L. L. (2007). Infra-Estrutura e Crescimento Regional: uma Avaliação do Caso Brasileiro no Período de 1985-1998. In: Encontro da ANPEC-NE, Fortaleza. *Anais do XII Encontro de Economia da Região Nordeste*.
- Soares, C.; Teixeira, J. R. (2012). A Lei de Thirlwall Multissetorial: Novas evidências para o caso brasileiro. In: Encontro Nacional de Economia, Porto de Galinhas. *Encontro Nacional de Economia*.
- Straub, S., (2008). "Infrastructure and Growth in Developing Countries: Recent Advanced and Research Challenges", *World Bank Policy Research Working Paper*.
- Rodrik, D. (2008). *The Real Exchange Rate and Economic Growth*. Harvard University.
- Romp, W. E.; de Haan, J. (2005): Public capital and economic growth: A critical survey, *EIB Papers*, ISSN 0257-7755, Vol. 10, Iss. 1, pp. 41-70.
- Thirlwall, A. P. (1979). The balance of payments constraint as an explanation of international growth rates differences. *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly*, p. 44- 55.
- Wooldridge, J. M. (2006). *Introdução à Econometria: Uma Abordagem Moderna*. Thomson Learning.