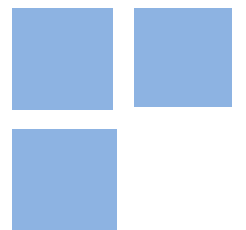


Economic impacts of road investments under different financing alternatives

**TALES ROZENFELD
EDUARDO A. HADDAD**



Avaliação dos impactos econômicos de investimentos em rodovias sob diferentes alternativas de financiamento

Tales Rozenfeld (t.rozenfeld@usp.br)

Eduardo A. Haddad (ehaddad@usp.br)

Research Group: NEREUS – The University of São Paulo Regional and Urban Economics Lab

Resumo: Este trabalho busca explorar a questão do financiamento da infraestrutura rodoviária, analisando o impacto de se financiar um projeto de melhorias em uma rodovia por meio da cobrança de pedágios *vis-à-vis* seu financiamento público arcado pelo incremento da alíquota do imposto sobre os salários. Utilizando um modelo de transportes sequencialmente integrado a um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável foram simuladas alternativas financiamento de investimentos na rodovia BR-040, rodovia concedida pelo Governo Federal e que figurou como estudo de caso para a presente pesquisa. Os resultados indicam que a escolha da alternativa de financiamento é relevante para os impactos regionalmente distribuídos do projeto, sendo determinante na definição das regiões beneficiadas pelas melhorias. Sob a perspectiva dos impactos agregados do país, a situação que apresenta o maior impacto no crescimento do PIB nacional é o investimento financiado pelo próprio usuário da rodovia por meio do pagamento de pedágios. Sob a perspectiva regional, percebe-se uma clara área de influência da rodovia que se beneficia de suas melhorias e, quando os custos para a execução de tais melhorias são compartilhados por todo o país por meio de uma elevação tributária, acentuam-se ainda mais os benefícios observados nessas regiões.

Palavras-Chaves: economia regional; política de transportes; equilíbrio geral.

JEL Codes: R13; R42; C68.

Economic impacts of road investments under different financing alternatives

Abstract: This study explores the issue of road infrastructure funding, analyzing the impact of financing a road improvement project through tolls tariff charged from the final users *vis-a-vis* the financing through an increase in the country's payroll tax rate. Using a transport model integrated to an interregional computable general equilibrium model this research simulated alternative arrangements for financing investments made at BR-040, Brazilian road granted by the Federal Government and which figured as the case study for this research. The results indicate that the way the investment is financed is relevant to the regionally distributed impacts of the project, being decisive in defining which regions are benefited by the improvement project. Analyzing the country's aggregated results, the situation that has the greatest impact on the Brazilian's GDP growth is the investment paid by the road users through toll tariff. From a regional perspective, a clear area of influence that benefits from the improvements on the road can be identified and, when the costs for executing such improvements are shared with the whole country through a tax increase, these benefits are accentuated.

Keywords: regional economics; transport policy; general equilibrium.

Avaliação dos impactos econômicos de investimentos em rodovias sob diferentes alternativas de financiamento

Tales Rozenfeld¹
Eduardo Amaral Haddad²

Resumo: Este trabalho busca explorar a questão do financiamento da infraestrutura rodoviária, analisando o impacto de se financiar um projeto de melhorias em uma rodovia por meio da cobrança de pedágios *vis-à-vis* seu financiamento público arcado pelo incremento da alíquota do imposto sobre os salários. Utilizando um modelo de transportes sequencialmente integrado a um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável foram simuladas alternativas financiamento de investimentos na rodovia BR-040, rodovia concedida pelo Governo Federal e que figurou como estudo de caso para a presente pesquisa. Os resultados indicam que a escolha da alternativa de financiamento é relevante para os impactos regionalmente distribuídos do projeto, sendo determinante na definição das regiões beneficiadas pelas melhorias. Sob a perspectiva dos impactos agregados do país, a situação que apresenta o maior impacto no crescimento do PIB nacional é o investimento financiado pelo próprio usuário da rodovia por meio do pagamento de pedágios. Sob a perspectiva regional, percebe-se uma clara área de influência da rodovia que se beneficia de suas melhorias e, quando os custos para a execução de tais melhorias são compartilhados por todo o país por meio de uma elevação tributária, acentuam-se ainda mais os benefícios observados nessas regiões.

Palavra-chave: economia regional, política de transporte, equilíbrio geral.

Abstract: This study explores the issue of road infrastructure funding, analyzing the impact of financing a road improvement project through tolls tariff charged from the final users *vis-a-vis* the financing through an increase in the country's payroll tax rate. Using a transport model integrated to an interregional computable general equilibrium model this research simulated alternative arrangements for financing investments made at BR-040, Brazilian road granted by the Federal Government and which figured as the case study for this research. The results indicate that the way the investment is financed is relevant to the regionally distributed impacts of the project, being decisive in defining which regions are benefited by the improvement project. Analyzing the country's aggregated results, the situation that has the greatest impact on the Brazilian's GDP growth is the investment payed by the road users through toll tariff. From a regional perspective, a clear area of influence that benefits from the improvements on the road can be identified and, when the costs for executing such improvements are shared with the whole country through a tax increase, these benefits are accentuated.

Keywords: regional economics, transport policy, general equilibrium.

Área 10: Economia Regional e Urbana
Classificação JEL: R13, R42, C68

¹ Mestrando em Economia do Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (IPE-FEA/USP)

² Professor Titular da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/USP)

1 INTRODUÇÃO

A literatura econômica tem mostrado que a adequada disponibilidade de infraestrutura desempenha um importante papel no desenvolvimento econômico e social de determinada região, impactando o custo dos insumos e a produtividade das firmas e do trabalho, o que tem efeito no crescimento econômico e nas desigualdades regionais. Em particular, a infraestrutura de transportes é recorrentemente indicada entre as que têm maior impacto no desenvolvimento (ASCHAUER, 1989; FERREIRA e MALLIAGROS, 1998; MUSSOLINI e TELES, 2010; CALDERÓN e SERVÉN, 2010a; CALDERÓN e SERVÉN, 2010b).

Apesar de a evidência empírica apontar para a importância da infraestrutura no desenvolvimento econômico, no Brasil, esse setor permanece muito defasado para um país que figura entre as 10 maiores economias do globo. Levantamento do Fórum Econômico Mundial sobre a competitividade de 144 países em 2014 (SALA-I-MARTÍN *et al.*, 2014) aponta que, no quesito “infraestrutura”,³ o Brasil encontra-se na 76ª colocação, o que contribui negativamente para sua 57ª posição no índice geral. No caso da infraestrutura rodoviária de transportes, o cenário brasileiro é ainda mais preocupante, uma vez que as rodovias do país ocupam a 122ª posição segundo esse mesmo levantamento.

A deficiência da infraestrutura brasileira se explica, em grande parte, pelos baixos investimentos públicos e privados. Tendo em vista a restrição orçamentária do setor público e buscando reverter o cenário de desabastecimento de infraestrutura, o marco regulatório brasileiro tem se desenvolvido no sentido de permitir uma participação cada vez maior do capital privado, o que fica evidente a partir da edição das Leis de Concessões e de Parcerias Público-Privadas, em 1995 e 2004, respectivamente.

Um dos setores em que a participação privada é mais notável é no transporte rodoviário, no qual a iniciativa privada já opera quase 10 mil km de rodovias federais. A concessão de rodovias tem se tornado cada vez mais comum no Brasil, surgindo como uma tendência do Governo Federal para a recuperação, manutenção e operação da infraestrutura. Muito embora a questão central avaliada na concessão de rodovias refere-se à capacidade da receita de pedágios remunerar adequadamente um investidor privado, uma questão muito relevante, que, por vezes, é pouco explorada, é se o benefício social líquido dessa política justifica a cobrança de pedágios na rodovia (NEWBERRY, 2000 apud DE RUS e ROMERO, 2004).

Quando os custos de investimento, operação e manutenção de determinada rodovia são arcados pela cobrança de tarifas de pedágio, o usuário da estrada, maior beneficiário de sua boa condição de rodagem, torna-se responsável pela remuneração do projeto. Em oposição, na situação em que o governo arca com tais custos com recursos orçamentários, todo contribuinte acaba pagando parte desse custo, usufruindo ele da rodovia ou não. Apesar da participação privada na gestão da infraestrutura rodoviária trazer uma série de diferenças em relação à gestão exclusivamente pública, o único ponto analisado neste trabalho relaciona-se a origem dos recursos que remuneram o projeto. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é comparar um modelo de concessão comum, em que o usuário direto é quem arca com os custos de melhorias na rodovia, com um modelo em que os custos são todos arcados por recursos orçamentários de um governo central. Uma vez que não se pretende analisar outros aspectos que diferenciam o fornecimento público e privado dos serviços rodoviários, a alternativa ao modelo de concessão sendo avaliada neste trabalho se aproxima de um modelo de concessão administrativa remunerada por meio de pedágio sombra (*shadow toll*), bastante comum em alguns países europeus. Neste modelo alternativo, um operador privado é remunerado conforme a demanda da rodovia, porém, ao invés de cobrar pedágio do usuário direto, cobra tal tarifa diretamente do poder público.

³ O levantamento se baseia na análise de 12 distintos quesitos, sendo eles: (i) instituições; (ii) infraestrutura; (iii) ambiente macroeconômico; (iv) saúde e educação primária; (v) educação superior e treinamentos; (vi) eficiência no mercado de bens; (vii) eficiência do mercado de trabalho; (viii) desenvolvimento do mercado financeiro; (ix) desenvolvimento tecnológico; (x) tamanho de mercado; (xi) sofisticação dos negócios; e (xii) inovação.

Para comparar os impactos econômicos espacialmente distribuídos advindos das diferentes fontes de recursos para remunerar um projeto de melhorias rodoviárias, o presente estudo se vale do modelo inter-regional de equilíbrio geral computável desenvolvido em Haddad (2004), já bastante testado para a avaliação de políticas de transporte, tanto no Brasil, quanto em outros países. A avaliação será feita com base em um estudo de caso de uma rodovia concedida para a iniciativa privada pelo Governo Federal, a saber, um trecho da rodovia BR-040 que liga Brasília ao Rio de Janeiro.⁴

Após essa introdução, a próxima seção traz uma revisão da literatura. Em seguida, na terceira seção, apresenta-se o modelo inter-regional de equilíbrio geral, após o qual trata-se do estudo de caso que será trabalhado, a estratégia de simulação e os principais resultados encontrados. A quinta seção, traz as considerações finais do trabalho com algumas sugestões de continuidade para a presente pesquisa.

2 O INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA

Aschauer (1989) foi pioneiro em sugerir que a produtividade de um país está relacionada ao seu estoque de infraestrutura e, a partir desse trabalho, diversos autores passaram a buscar os impactos econômicos da desse ativo na economia. Calderón e Sérvén (2010a) avaliam que, durante os anos 1980 e 1990, abriu-se uma lacuna entre o estoque de infraestrutura dos países latino americanos e o de outros países em desenvolvimento. O baixo investimento nos países da América Latina no período é parcialmente explicado pelos desequilíbrios macroeconômicos e pelas necessidades de ajuste fiscal. Avaliando o caso brasileiro, o estudo de Ferreira e Malliagos (1998) encontra uma forte relação entre a infraestrutura e o produto de longo prazo, e, em particular, avaliam que, apesar de o capital no setor de transportes como um todo apresentar uma alta elasticidade-renda de longo prazo (0,57), o impacto do capital rodoviário parece ser menor que o de ferrovias e portos.

Apesar de a literatura sugerir que exista um impacto relevante da infraestrutura na economia de uma nação, no Brasil, baixos níveis de investimento nesse ativo são observados a partir do final do regime militar e da Constituição de 1988. Souza *et al.* (2010) apontam que os gastos produtivos (saúde e saneamento, educação e cultura, habitação e urbanismo, comunicação, ciência e tecnologia, agricultura, indústria, comércio e serviços, energia e recursos minerais, transporte e defesa e segurança)⁵ do Governo Federal tiveram uma acentuada queda. O governo viu-se obrigado a expandir gastos improdutivos (assistência e previdência social, trabalho, direitos da cidadania, organização agrária, gestão ambiental e desporto e lazer)⁶ que, numa situação de limitado orçamento, acabaram canibalizando recursos investidos anteriormente de maneira produtiva. Neste movimento, o investimento em infraestrutura foi particularmente prejudicado, passando do patamar de cerca de 5% do PIB na década de 70 para cerca de 2% do PIB nos anos 90 e no início dos anos 2000 (FRISCHTAK e DAVIES, 2014).

Na infraestrutura de transportes, o Brasil é um país que possui sua capacidade logística extremamente concentrada no modal rodoviário. Segundo dados do Ministério dos Transportes (BRASIL, 2012) cerca de 52% de toda a produção brasileira é escoada por esse modal, enquanto nas ferrovias escoam apenas 30%. A infraestrutura logística brasileira, e sua alta dependência ao modal rodoviário, foi classificada em 65º lugar de um total de 160 países de acordo com o Índice de Performance Logística calculado pelo Banco Mundial (ARVIS *et al.* 2014), o que mostra a urgente necessidade de reavaliar a atuação do país nesse setor.

⁴ A rodovia BR-040 liga Brasília ao Rio de Janeiro, porém o trecho que será estudado parte da capital do país e vai apenas até Juiz de Fora (MG), pois este é o trecho que foi mais recentemente concedido. O trecho de Juiz de Fora ao Rio de Janeiro já é operado pela iniciativa privada desde 1995.

⁵ Definição de acordo com Souza *et al.* (2010).

⁶ Segundo definição de Souza *et al.* (2010).

Para reverter o cenário de baixo investimento em projetos de infraestrutura e promover a eficiência setorial, o marco regulatório brasileiro tem evoluído no sentido de permitir uma interação cada vez maior entre o setor público e o privado para a execução de grandes obras. A Lei das Concessões (Lei Federal nº 8.987/95) editada em 1995 e a Lei das Parcerias Público-Privadas (Lei Federal nº 11.079) de 2004, detalham o novo papel da iniciativa privada na provisão de serviços públicos e tem sido cada vez mais utilizadas pelos governos das diversas esferas federativas. No setor de rodovias, estes regramentos já foram bastante utilizados de forma que o Governo Federal já possui mais de 9.500 km de rodovias concedidas à iniciativa privada no âmbito do Programa de Concessões de Rodovias Federais (PROCROFE) que é regulado e fiscalizado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. Apesar de a legislação brasileira permitir diversas formas de contratação para a prestação de serviços relacionados à infraestrutura do país, a questão que se coloca é como decidir qual o modelo mais apropriado para cada projeto. Este tema que tem sido abordado por diversos autores da literatura.

Aschauer (2000) levantou a questão do financiamento de projetos infraestrutura, apontando que este é um ponto fundamental quando se discute os impactos desse ativo na economia. Estudando esta questão, Blanc-Brude *et al.* (2006) estimam que o custo de rodovias construídas por meio de concessões⁷ são em geral 24% mais caras que aquelas construídas através de métodos tradicionais de contratação. Porém, os autores argumentam que a construção por esse tipo de Parceria Público-Privada⁸ (PPP) torna-se mais cara no curto prazo, pois o parceiro privado considera os custos do projeto ao longo de todo seu ciclo de vida, enquanto na contratação tradicional avalia-se simplesmente o custo de implementação do projeto, atentando-se pouco para os custos operacionais e de manutenção futuros (nos modelos brasileiros tanto as concessões como as PPPs são contratos de longo prazo que permitem que o parceiro privado contabilize os custos de todo ciclo de vida do projeto). Além disso, o parceiro privado de uma parceria com o setor público deve precificar todos os riscos envolvidos no projeto que são a ele alocados, enquanto na contratação tradicional, diversos riscos são absorvidos pelo poder público e pelo contribuinte.

Estudando o cenário brasileiro, Pereira e Ferreira (2011) analisam quatro alternativas para reverter o cenário de baixo investimento em infraestrutura no país: (i) aumentar o investimento por meio de um aumento da dívida pública; (ii) realocar parte dos gastos correntes do governo para este tipo de investimento; (iii) aumentar a arrecadação de impostos do governo; e (iv) financiar o investimento por meio de taxas cobradas dos usuários de serviços públicos. Os autores elaboram um modelo de equilíbrio geral, calibrado com dados brasileiros, para avaliar ganhos de produto e de bem-estar de uma expansão desta última alternativa. Eles encontram um grande potencial de expansão do produto e do bem estar sob este cenário. Duas simulações são feitas. Na primeira, a arrecadação pela taxa cobrada do usuário é utilizada para reduzir os impostos sobre o investimento em capital privado. Na segunda, essa renda é utilizada para subsidiar o investimento privado especificamente em infraestrutura. Ambas alternativas apresentam potencial de melhoria de bem estar, porém, na segunda, este potencial é maior devido às externalidades dos investimentos em infraestrutura.

Avaliando um problema próximo ao que se pretende no presente trabalho, Kim *et al.* (2011) avaliam diferentes alternativas para financiar a construção de uma rodovia que passa por diferentes províncias da Coreia do Sul. Os autores simulam duas situações, uma em que todo o país financia as rodovias por meio de um imposto sobre a renda e outra em que cada região financia apenas a sua parcela da rodovia, utilizando também impostos sobre a renda. O estudo usa um modelo dinâmico multi-regional de equilíbrio geral computável integrado a um modelo de transportes para avaliar o impacto das novas rodovias. O modelo considera o país dividido em quatro regiões distintas além

⁷ Em particular aqueles modelos de concessão em que o parceiro privado é responsável pelo projeto, construção, operação e financiamento do empreendimento (modelo chamado DBOF, do inglês, *Design-Build-Operate-Finance*).

⁸ PPP sendo utilizada com seu sentido mais amplo, que engloba qualquer arranjo de parceria entre o setor público e um ente privado.

de uma região externa, e, além disso, especifica o comportamento de uma família representativa por região, quatro produtores por região produzindo um único produto cada, um governo local e um governo central. Os autores encontram que a cobrança localizada tem um maior impacto no crescimento da renda do país e na redução de desigualdades regionais.

Além dos trabalhos aqui apresentados, existe uma vasta literatura comparando as diferentes modalidades de contratação.⁹ Essas distintas modalidades podem ser estudadas por diversas óticas, como por exemplo, a eficiência dos investimentos, a complexidade da contratação, a precificação e a alocação dos riscos, a velocidade de implementação do projeto, seu impacto no mercado de crédito para outros setores da economia, etc. Apesar dessa miríade de possibilidades, este estudo está primordialmente interessado nos impactos da decisão sobre quem irá pagar por determinado projeto de infraestrutura rodoviária, seu usuário direto ou o contribuinte mediante impostos pagos ao governo. Ao ignorar as diferenças existentes entre as modalidades de contratação, o exercício proposto neste trabalho compara duas situações: (i) concessão comum com os investimentos sendo financiados pelos usuários mediante o pagamento de tarifas de pedágio; e (ii) concessão administrativa financiada pelo poder público por meio de um imposto sobre o contribuinte.

Na próxima seção, apresenta-se a metodologia empregada para o desenvolvimento do presente estudo. Serão discutidas as principais características do modelo inter-regional de equilíbrio geral computável utilizado e serão apresentados alguns trabalhos que se valeram de tal ferramenta para analisar a questão dos transportes na economia.

3 METODOLOGIA

O modelo de equilíbrio geral utilizado no presente estudo considera as distintas regiões do país e a interação entre elas, caracterizando um modelo inter-regional de equilíbrio geral. Para tanto, será utilizado um variante do modelo B-MARIA (do inglês *Brazilian Multisectoral And Regional-Interregional Analysis Model*), primeiro modelo inter-regional de equilíbrio geral computável totalmente operacional para a economia brasileira (Haddad, 1999).

Os modelos da família B-MARIA seguem a tradição australiana de modelagem de equilíbrio geral, em que as soluções surgem da forma linearizada das equações que descrevem a economia.¹⁰ A flexibilidade garantida pela modelagem permite aos pesquisadores utilizarem esta ferramenta para a avaliação de uma miríade de problemas econômicos apenas com pequenas adaptações. Duas inovações desenvolvidas em Haddad (2004) expandiram o poder analítico desses modelos para a avaliação do impacto de políticas de transporte, são elas: retornos de escala nas funções de produção regional e as inovações no tratamento do custo de transporte.

A modelagem proposta tem sido colocada à prova tanto no mundo acadêmico quanto na efetiva elaboração de políticas públicas e já existe uma ampla literatura que discute os aspectos metodológicos desse modelo.¹¹ No âmbito acadêmico, uma avaliação desenvolvida com a ferramenta pode ser observada em Haddad *et al.* (2008), onde os autores avaliam duas alternativas de projetos para a melhoria de rodovias em Minas Gerais. Ainda, fugindo do escopo da economia brasileira, em Haddad *et al.* (2011) a metodologia proposta é utilizada para uma avaliação da economia colombiana, estudando os impactos econômicos de uma melhoria generalizada na infraestrutura de transportes do país. No âmbito de planejamento de políticas públicas, variantes do modelo também foram utilizados para suportar a execução do PNLT de 2007 do Ministério dos Transportes, dos planos de transporte do Estado de Minas Gerais, o PELT-MG, e também do estado

⁹ Entre outros trabalhos que abordam a mesma temática pode-se citar: Giesecke *et al.* (2008), Engel *et al.* (2010), Percoco (2012), Boccanfuso *et al.* (2014).

¹⁰ Em contrapartida à tradição australiana, existe a tradição americana de equilíbrio geral, que utiliza algoritmos para solucionar as equações não lineares. O esforço computacional exigido por essa modelagem é muito maior, de forma que os modelos têm uma complexidade e um detalhamento ainda limitado.

¹¹ Haddad (1999), Haddad (2004), Domingues (2002), Porsse (2005), Perobelli (2004), entre outros.

do Pará, PELT-PA.¹² No caso de Minas Gerais, destaca-se ainda o trabalho pioneiro de Almeida (2003).

3.1 Aspectos teóricos do modelo

O modelo que será utilizado é o B-MARIA-MG, igual ao utilizado em Haddad *et al.* (2008), que representa uma extensão do modelo desenvolvido em Haddad (2004). A economia divide-se em 109 regiões, sendo 75 no Estado de Minas Gerais e 34 no restante do Brasil, além de uma região externa. Os agentes da economia são modelados ao nível regional e o modelo segue uma abordagem *bottom-up*, ou seja, os agregados nacionais são construídos a partir dos resultados regionais dos choques em análise. Os agentes em cada região são: produtores, investidores, uma família representativa e um governo regional. Além disso, existe um governo central (federal) e o setor externo que interagem com cada uma das regiões. Consideram-se oito setores produtivos e de investimento, em que cada produtor utiliza capital, trabalho e terra como insumos primários. Os setores reconhecidos pelo modelo são: (i) agricultura; (ii) mineração; (iii) indústria de transformação; (iv) construção; (v) transporte; (vi) comércio; (vii) administração pública; e (viii) outros serviços.

Conforme salientado em Haddad *et al.* (2008), alguns elementos estruturais assinalam as características inter-regionais do modelo. Define-se o fluxo inter-regional de bens e serviços; no longo prazo permite-se a movimentação inter-regional de fatores primários (trabalho e capital); mercadorias transportadas entre regiões são acometidas por um custo de transporte baseado em pares de Origem-Destino (O-D); e os agentes são localmente definidos.

O núcleo do modelo consiste em equações que definem o comportamento de agentes otimizadores, o equilíbrio de mercado entre oferta e demanda de cada bem e serviço (*market clearing*), os diversos agregados nacionais e o nível de equilíbrio de preços. Assim como é padrão nessa família de modelos, utiliza-se uma estrutura hierárquica de elasticidade de substituição constante (CES) para modelar a tecnologia de produção das firmas de cada setor e em cada região. A demanda das famílias segue uma função de utilidade aninhada do tipo Stone-Geary/CES que é maximizada para a renda disponível do consumidor e, para os investidores, utiliza-se uma estrutura análoga àquela dos produtores, porém, utilizando-se como insumos apenas bens intermediários. Cada região estará ainda sobre a influência das demandas de dois níveis de governo, o governo central (Federal) e o regional. O consumo desses agentes mantém uma relação constante com o consumo privado em suas respectivas esferas de atuação.¹³

O transporte é considerado como bem margem na economia, ou seja, ele existe para auxiliar no fluxo de outros bens. Um produto produzido em determinada região e consumido em outra deverá ser transportado da região produtora à consumidora e é neste ponto que o bem margem, ou margem de transporte, torna-se importante. Considera-se que a margem é produzida no local de consumo do produto, exceto nos casos de exportação, quando então, a região produtora deverá produzir a margem de transporte. A demanda por margem entre um par de Origem-Destino (O-D) é proporcional ao fluxo de bens percorrendo essa rota. Além disso, na função de demanda desse bem inclui-se um componente de mudança técnica que será essencial na ligação entre o IEGC e um modelo de transportes georreferenciado externo ao modelo de equilíbrio geral. A equação da demanda por margem segue abaixo:

$$XMARG(i, s, q) = AMARG(i, s, q) * [\eta(i, s, q) * X(i, s, q)^{\theta(i, s, q)}] \quad (1)$$

onde $XMARG(i, s, q)$ é a demanda por margem de transporte gerada pelo transporte do produto i entre a região produtora s e a consumidora q . $AMARG(i, s, q)$ é a variável tecnológica relacionada ao transporte entre as regiões s e q . $\eta(i, s, q)$ é o coeficiente de margem sobre o fluxo de

¹² PELT: Programa Estadual de Logística e Transportes.

¹³ Para um maior detalhamento do modelo, sugere-se consultar a literatura indicada.

produto $X(i,s,q)$, ou seja, faz a ligação entre a quantidade de produto sendo transportado e a necessidade de margem que ela gera. $\theta(i,s,q)$ é um parâmetro de escala do setor de transportes.

O custo do transporte surge na produção de $XMARG(i,s,q)$, uma vez que este setor deve consumir tanto bens intermediários, quanto fatores primários (capital e trabalho) da economia, concorrendo com o resto da sociedade por estes recursos. Reescrever a equação da margem de transportes de outra forma traz boas intuições sobre esta relação:

$$\frac{XMARG(i,s,q)}{X(i,s,q)^{\theta(i,s,q)}} = AMARG(i,s,q) * \eta(i,s,q) \quad (2)$$

As variáveis $XMARG(i,s,q)$ e $X(i,s,q)$ pertencem ao conjunto de dados iniciais do problema. No processo de calibragem do modelo, calcula-se $\eta(i,s,q)$ que irá representar, para cada fluxo de bens, quanto de margem é necessário. Percebe-se também o funcionamento da variável tecnológica exógena $AMARG$ que muda a relação entre margem e fluxo de bens. Um choque positivo de tecnologia (que no modelo deve ser inserido como uma variação negativa de $AMARG$) irá diminuir a quantidade de margem necessária para transportar um determinado fluxo de bens, tornando o setor mais eficiente e o transporte menos custoso.

A variável $AMARG$ faz a ponte entre o modelo de externo de transportes e o IEGC (Modelo Inter-regional de Equilíbrio Geral Computável), traduzindo variações no tempo de deslocamento entre pares de origem-destino, em variações nos custos de transporte. O modelo de transporte mapeia o tempo mínimo de deslocamento entre cada par de O-D antes e depois de uma intervenção na estrutura rodoviária. Com dados de custos de transportes, estima-se uma função que transforme o tempo de viagem entre dois pontos em custo de transporte entre eles e, com isso, encontra-se a matriz de custo de transporte entre cada par da matriz O-D para um momento anterior e um posterior a intervenção na estrutura rodoviária. Calcula-se a variação nos custos de transporte para cada par da matriz O-D e define-se tal variação como o choque exógeno da variável $AMARG$ do IEGC. Assim, variações nos custos de transportes calculados pelo modelo de transportes são traduzidas para o modelo IEGC como variações exógenas da variável $AMARG$ (este procedimento será melhor detalhado na apresentação do estudo de caso).

3.2 Dados

Uma etapa desafiadora das simulações de equilíbrio geral consiste na calibragem do modelo que deve garantir a consistência dos dados. As informações contidas nos bancos de dados devem representar um equilíbrio inicial do sistema, o qual será perturbado pelos choques exógenos que levarão o sistema para outro equilíbrio. Os coeficientes das equações devem ser ajustados para garantir que os dados iniciais estejam em equilíbrio.

Os dados utilizados para calibrar o modelo aqui utilizado representam a economia brasileira no ano de 2002 e provêm de dados nacionais como matriz insumo-produto, comércio exterior, impostos, margens e tarifas disponíveis no IBGE que foram agrupados em uma matriz de contabilidade social inter-regional (HADDAD *et al.* 2008). Adams *et al.* (1994) argumentam que, desde que mantida a estrutura básica da economia, a defasagem dos dados não representa um problema para os exercícios de estática comparativa, uma vez que o equilíbrio final é comparado com um cenário base inicial.

3.3 Fechamento

Para realizar uma simulação em um modelo de EGC, deve-se estruturar o ambiente de simulação de acordo com os objetivos que se pretende observar no exercício em questão. A literatura de EGC convencionou denominar esta etapa de preparação do modelo de fechamento. Em geral, dois tipos de fechamentos são mais usuais, a saber, o fechamento de curto e de longo prazo. O presente estudo está avaliando um projeto de 30 anos de duração em que o grande interesse reside tanto em uma análise da realocação de fatores da economia, quanto na distribuição geográfica de indicadores econômicos provocada pela alteração das fontes de recursos financiadores de

determinada obra de investimento em infraestrutura rodoviária. Desta forma, para captar o efeito desejado, focar-se-á no fechamento de longo prazo, que permite a realocação de capital e trabalho tanto no espaço quanto entre os distintos setores da economia.

Na próxima seção apresenta-se como o modelo IEGC é estruturado para avaliar o problema proposto por este trabalho assim como os principais resultados encontrados pelas simulações. A seção se inicia apresentando o estudo de caso que será avaliado.

4 SIMULAÇÃO E RESULTADOS

Para avaliar os diferentes impactos de um investimento em rodovias remuneração pela cobrança de pedágio *vis-à-vis* sua remuneração por meio de uma expansão na alíquota de impostos, será estudado o caso de um trecho da BR-040, com extensão de 936,8 quilômetros que liga Brasília (DF) a Juiz de Fora (MG) passando pela capital mineira e que foi concedida à iniciativa privada na Fase Um da Terceira Etapa do Programa Federal de Concessões Rodoviárias. Serão simulados dois cenários: (i) um em que, assim como na concessão comum, os custos são arcados pelo usuário mediante a cobrança de uma tarifa de pedágio; e (ii) outro em que os custos da rodovia são pagos pelo Governo Federal mediante arrecadação via imposto sobre os salários. Além disso, para avaliar o impacto da simples redução dos custos de transportes ignorando a forma de financiamento dos investimentos, mais um cenário será simulado.

A primeira etapa desta seção apresenta a rodovia BR-040, objeto de estudo das simulações, destacando informações relativas à sua concessão. Em seguida, apresenta-se a estrutura das simulações, mostrando como cada um dos cenários foi construído no âmbito do modelo que será utilizado. Por fim, apresentam-se e discutem-se os resultados encontrados.

4.1 A Rodovia BR-040

Os trechos da BR-040 que foram concedidos nesta rodada de concessões são classificados em três tipos: pista simples, pista dupla e pista em multifaixas.¹⁴ Dentre as obrigações contratadas, a concessionária deverá duplicar 557,2 quilômetros de rodovias, que hoje se encontram com pista simples, e fazer melhorias em outros 157,3 quilômetros de multifaixas (Programa de Exploração de Rodovias¹⁵). A Figura 1, mostra os trechos da rodovia que serão duplicados (verde) e aqueles que serão adequados aos padrões de pista dupla (azul).

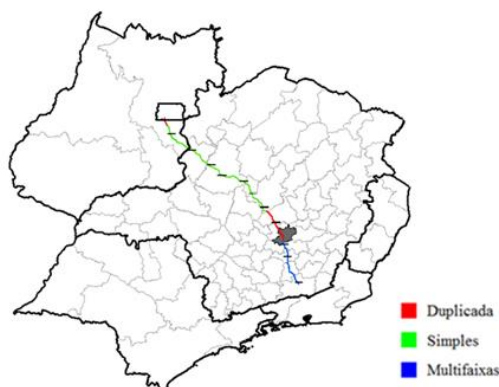
Para realizar todos os investimentos exigidos no contrato, além de arcar com os custos de operação e manutenção, a tarifa básica de pedágio estimada pela Estruturadora Brasileira de Projetos (EBP), considerando a demanda de cada tipo de veículo, foi de R\$ 4,41 (data-base: 2002). Porém, assim como em outras etapas do programa federal de concessões, o leilão foi feito com base na menor tarifa proposta pelo proponente e a empresa vencedora foi a Invepar apresentando um deságio de 61,13%, de forma que a tarifa base de pedágio passou para o valor de R\$ 1,72 (data-base: 2002).¹⁶

¹⁴ Os trechos deste último tipo são aqueles com mais de uma pista em cada sentido, porém, que não atendem aos padrões mínimos de qualidade de uma pista dupla, não possuindo separação central ou acostamento.

¹⁵ Programa de Exploração da Rodovia é o Anexo II do edital de concessão da rodovia BR-040 (BRASIL, 2013).

¹⁶ Na licitação, os valores são todos de 2012, assim, o valor de edital e a proposta feita pelo licitante vencedor são, respectivamente, R\$ 8,29 e R\$ 3,23. Como o modelo sendo utilizado está na data-base de 2002, os valores das tarifas foram deflacionados pelo IPCA.

Figura 1 – Localização da rodovia BR-040 com as praças de pedágio e Belo Horizonte em destaque



Fonte: Elaboração própria com informações do Programa de Exploração da Rodovia¹⁷

4.2 Estrutura da simulação

Conforme salientado anteriormente, o choque exógeno do modelo de equilíbrio geral é a variação nos custos de transporte entre os pares de origem-destino (O-D), que são traduzidos em variações da variável AMARG do modelo IEGC. Para o cálculo dessa variação deve-se, inicialmente, calcular uma matriz de tempos mínimos entre os pares de O-D sendo estudado, o que é feito com base no modelo de transportes. Este modelo baseia-se em um processo de otimização e, com dados da rede rodoviária do país, calcula o tempo mínimo de viagem entre cada par de O-D da matriz sendo construída. Como em Haddad (2004), para o transporte intra-regional, considera-se que a distância percorrida para qualquer transação equivale à metade do raio implícito relativo à área da região¹⁸ e, para encontrar o tempo de se percorrer esta distância, utiliza-se a velocidade média das rodovias da região. Com estes procedimentos tem-se uma matriz de tempos mínimos de viagem entre os pares O-D. Esta matriz deve ser gerada para um momento antes e um momento após a intervenção na rodovia, de forma que se possa avaliar a variação nos tempos mínimos de viagem entre os pares de origem-destino.

Para gerar o choque na variável AMARG_I do modelo de equilíbrio geral, as variações nos tempos de viagem devem ser convertidas em variações de custos, de forma que uma função de custos foi estimada com base em dados do PNLT de 2011. Os dados trazem informações sobre o fluxo de comércio para diversos produtos e modais de transporte entre pares de O-D. As principais variáveis são: região de origem das mercadorias, região de destino, tempo de viagem, custo da transação, volume, modal de transporte e tipo de produto.

Como neste trabalho o interesse reside exclusivamente no transporte rodoviário, as observações relativas aos outros modais foram descartadas. Além disso, os custos foram todos corrigidos pelo IPCA para o ano de 2002, uma vez que esta é a data de calibragem do modelo de equilíbrio geral. Tendo o tempo de viagem como argumento, estimou-se uma função log-log de custos (modelo de elasticidade constante), obtendo-se a fórmula abaixo:

$$\ln(\widehat{c_{OD}}) = 2,47 + 0,62 * \ln(t_{OD}) \quad (3)$$

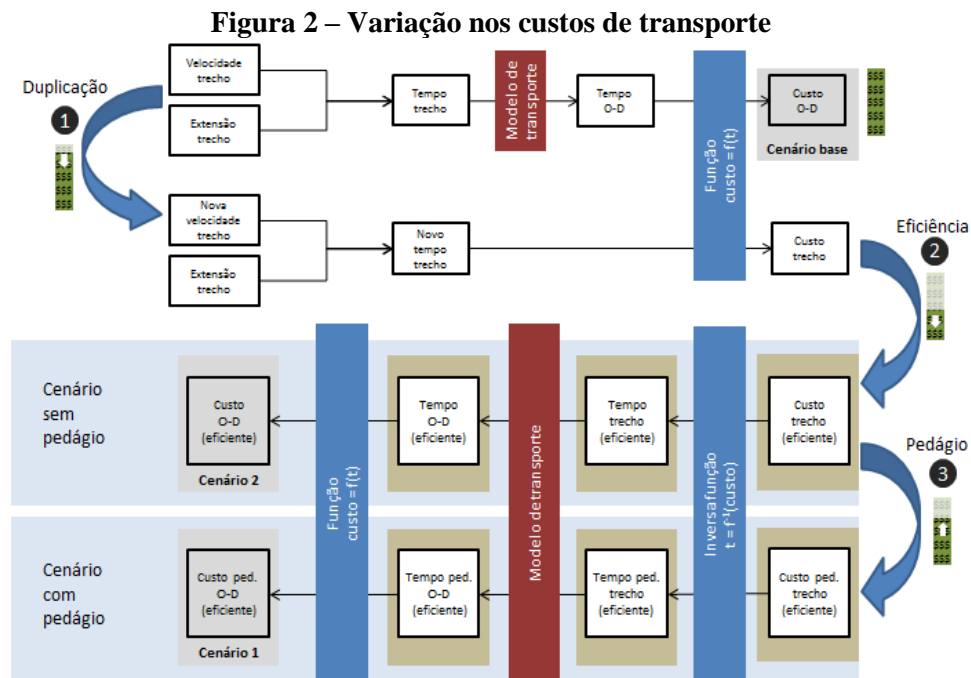
¹⁷ Informações contidas no apêndice B do Programa de Exploração da Rodovia (BRASIL, 2013).

¹⁸ Raio implícito de uma região é aquele que forma uma circunferência com a mesma área da região em análise.

onde c_{OD} e t_{OD} representam, respectivamente, o custo e o tempo de viagem entre os pares de O-D.¹⁹ Os coeficientes estimados mostram que, em média, o aumento em 1% no tempo de viagem leva a um aumento de 0,62% nos custos.

Aplicou-se essa função nas matrizes de tempos mínimos calculada pelo modelo de transporte antes e depois da intervenção na rodovia e a diferença percentual entre elas representa o choque exógeno nos custos de transporte (na variável AMARG_I). A intervenção na rodovia deve considerar a situação com e sem pedágio, e, para tanto, foram construídos dois cenários de simulação. O cenário 1 é aquele que considera a existência de praças de pedágio para financiar os investimentos, operação e a manutenção da rodovia. No cenário 2, todo investimento, manutenção e operação são arcados pelo Poder Público por meio de um imposto sobre a renda de toda a sociedade. A Figura 2, a seguir, ilustra como cada cenário foi construído.

Inicialmente, foi necessário transformar a velocidade e extensão de cada trecho em tempo de deslocamento, o qual, por meio do modelo de transportes gera uma matriz de tempo mínimo entre cada par O-D. Aplicando a função log-log estimada anteriormente (equação 3) em cada célula da matriz, tem-se nova matriz que representa o custo mínimo para o deslocamento entre os pares O-D. Este constitui o cenário base que representa o equilíbrio vigente do sistema.²⁰



Fonte: Elaboração própria

O primeiro passo para a construção dos cenários de comparação é aplicar a intervenção nos trechos com previsão de duplicação pelo contrato de concessão. Assim, aplicou-se um incremento de 25% (diferença de velocidade entre pista dupla e pista simples segundo os dados utilizados) nas velocidades de todos os trechos de pista simples (essa intervenção é indicada pelo número 1 na Figura 2). Com a nova velocidade, calculou-se um novo tempo de deslocamento por trechos e, utilizando a função de custo, calculou-se o custo desse deslocamento para cada trecho. O efeito dessa intervenção no custo de se trafegar pela BR-040 atinge de forma heterogênea a matriz de custos mínimos, uma vez que nem todas as rotas de O-D usufruem dos benefícios da duplicação.

O segundo passo para gerar os cenários de interesse (indicado pelo número 2 na Figura 2) refere-se à maior eficiência permitida por uma rodovia em melhores condições de rodagem. Dados

¹⁹ Foram também estimadas outras três formas funcionais, a saber, uma função linear, uma log linear e uma quadrática. A função log-log utilizada foi aquela que apresentou o melhor ajuste (maior valor de R quadrado ajustado), com ambos coeficientes sendo significativos à 1%.

²⁰ As margens de transporte devem estar inicialmente calibradas de forma a representar esta matriz de custos de transportes inicial.

da Pesquisa CNT de Rodovias 2014 (CNT, 2014) dividem a malha brasileira em cinco classificações de qualidade, a saber, ótimo, bom, regular, ruim e péssimo. Esse estudo aponta que à medida que a qualidade da pavimentação vai caindo nessa graduação, maior é o custo de transporte (relativamente ao nível ótimo). A coluna “Incremento custo” da Tabela 1 abaixo aponta qual o incremento de custo estimado para cada tipo de qualidade do pavimento.

Tabela 1 – Incremento de custo de rodagem por tipo de rodovia

	Incremento custo	Tipo de rodovia	
		Concedida	Pública
Ótimo	0%	71%	36%
Bom	19%	9%	8%
Regular	41%	17%	41%
Ruim	66%	3%	12%
Péssimo	92%	1%	4%
Soma ponderada do incremento de custo por tipo de rodovia		11%	30%

Fonte: Elaboração própria com dados de CNT (2014)

Além do incremento estimado de custo em relação à qualidade do pavimento, as duas colunas da direita da tabela (abela) demonstram qual a porcentagem das rodovias concedidas e públicas que se enquadram em cada classificação. Fazendo a soma do incremento de preço ponderado pela proporção de cada classificação por tipo de rodovia, estima-se que o sobrepreço médio em relação às rodovias ótimas de uma rodovia concedida é de cerca de 11%, enquanto nas rodovias públicas, esse valor é de 30%. Assim, trabalha-se com a hipótese de que, ao atribuir as responsabilidades de conservação, operação e manutenção de uma rodovia pública a um parceiro privado, seu custo de se transitar pela rodovia irá experimentar uma queda de cerca de 15%.²¹ Vale ressaltar que esse ganho de eficiência é homogêneo ao longo de toda rodovia sendo concedida, uma vez que não estão sendo feitas distinções de ganhos de eficiência específicos por trecho.

Por meio da inversa da função de custos, calculou-se o novo tempo de deslocamento por trecho (considerando os ganhos de eficiência) e, utilizando o modelo de transporte, calculou-se uma nova matriz de tempos mínimos a partir da qual foi possível obter os custos de transportes entre O-D que irão compor o cenário 2. Ainda para a construção desse cenário, foi preciso calcular o montante a ser arrecadado anualmente pelo governo (com impostos sobre salários) para cobrir os custos da rodovia. Para tanto, utilizou-se a estimativa de demanda da EBP (2013) ao longo dos 30 anos de concessão e o valor da tarifa base a preços de 2002 para calcular a arrecadação tarifária estimada durante toda a vigência do contrato. Essa arrecadação cresce ao longo do tempo acompanhando o crescimento da demanda, porém, para simular um cenário de equilíbrio no longo prazo, buscou-se um valor de arrecadação constante no tempo. Para se calcular esse valor, encontrou-se uma arrecadação constante que resultasse no mesmo valor presente líquido da arrecadação calculada com os dados da EBP para um taxa de retorno de 7,2% (valor referencial da Taxa Interna de Retorno utilizado na modelagem do projeto). Por essa metodologia, o valor uniforme que o governo deverá arrecadar para arcar com os custos do projeto ao longo dos 30 anos é de R\$ 143 milhões por ano. Ainda, no cenários 2 fixou-se o consumo do governo nos níveis pós investimento (cenário 0 a ser explicado abaixo), para garantir que esses recursos arrecadados com os impostos não serão utilizados para o consumo governamental, mas sim, para os investimentos na rodovia.

Para calcular o cenário 1 foi necessário realizar mais um passo (indicado pelo número 3 na Figura 2) que considerasse o preço de cada praça de pedágio nos custos de transportes. Para fins de

²¹ O custo, inicialmente, é de 130% do custo das rodovias ótimas passando a 111% após a intervenção, o que representa um incremento de eficiência de cerca de 15%.

simulação, foram considerados pedágios temporais, ou seja, é como se o motorista atravessando uma praça precisasse ficar parado nela por um tempo. Esse tempo perdido terá o mesmo custo ao motorista que o valor da tarifa de pedágio por ele devida. A cada trecho homogêneo pedagiado, adicionou-se o preço equivalente de sua praça (preço que considera o número de eixos médio dos veículos que transitam por cada praça, a valores de 2002) aos custos de deslocamento inicialmente estimados. Em seguida, calculou-se novamente, por meio da inversa da função de custo, o tempo de deslocamento por trecho e, por meio do modelo de transportes, o tempo mínimo de viagem entre os pares O-D, de onde se encontra o custo de deslocamento entre pares O-D. A inserção dos pedágios apenas nos trechos pedagiados gerou impacto heterogêneo ao longo da rodovia, uma vez que diferentes rotas trafegam por diferentes quantidades de praças de pedágio.

Além dos três cenários descritos, a título de comparação, será simulado um cenário inicial (doravante cenário 0) em que são aplicados apenas os choques nos custos de transporte, desconsiderando tanto o valor das praças de pedágio quanto um incremento nas alíquotas tributárias, ou seja, neste cenário desconsidera-se a remuneração e o financiamento dos investimentos, da operação e da manutenção.

4.3 Resultados

Esta seção apresenta os resultados das simulações, comparando as diferentes alternativas de financiamento dos investimentos na BR-040.²² Inicialmente, discute-se a relação causal entre as variáveis do modelo, em seguida são apresentados os resultados agregados e regionalizados das simulações. Por fim, avaliam-se as características de cada região que tornam seu PIB mais sensível a variações nos custos de transportes.

4.3.1 Relações advindas da estrutura teórica do modelo

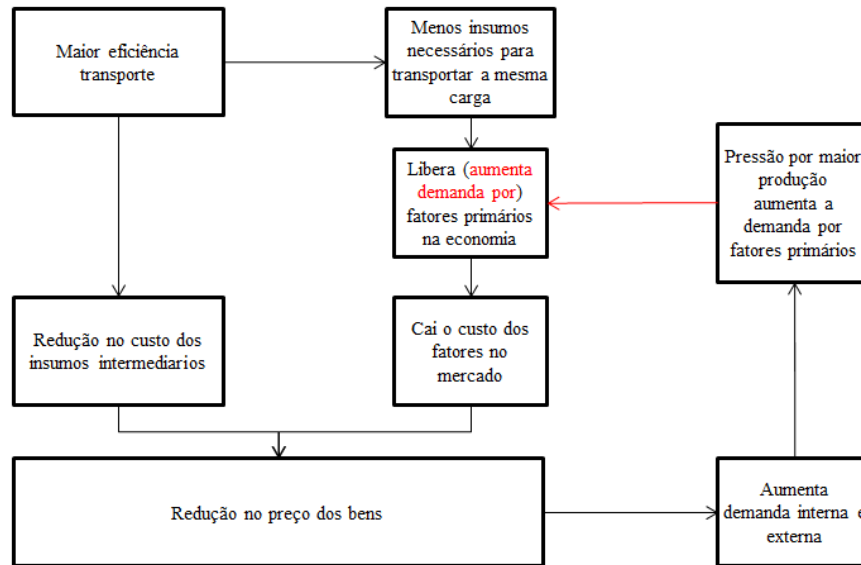
Os modelos de equilíbrio geral buscam captar não apenas a relação direta entre as variáveis, mas também os efeitos indiretos que os choques exógenos causam no sistema. A Figura 3 a seguir apresenta de que forma a variação no custo de transporte se propaga entre as diferentes variáveis do modelo. Tal análise é importante para compreender os efeitos observados nos resultados das simulações.

Uma vez que no modelo utilizado o custo de determinado bem é igual à soma de seu custo básico de produção incluindo tributos que deve pagar e o custo de seu deslocamento entre a região produtora e a consumidora, um choque de eficiência nos transporte reduz o preço tanto dos bens de consumo finais quanto dos insumos intermediários. Por outro lado, com mais eficiência, o setor de transporte precisa de menos insumos para transportar a mesma quantidade de bens, o que libera fatores primários para a economia, reduzindo seu custo, o que também gera uma redução no custo dos bens e serviços da região.

A redução de preço dos bens gera pressões para expandir a exportação e diminuir as importações, além de aumentar a demanda interna. A expansão da demanda interna e das exportações estimula a produção, o que aumenta a demanda por fatores primários e por bens intermediários, gerando pressões para aumentar o preço dos bens e serviços.

²² Os três cenários sugeridos foram simulados com o software GEMPACK.

Figura 3 – Relações causais entre variáveis do modelo



Fonte: Elaboração própria

Este é o encadeamento simplificado do modelo pelo qual o custo de transporte afeta o estado de equilíbrio da economia. O efeito líquido desse choque exógeno será determinado pela intensidade relativa dessas forças opostas, que é determinada pelas informações contidas no modelo. A seguir apresentam-se os resultados encontrados para as variáveis agregadas da economia.

4.3.2 Resultados agregados

As melhorias da rodovia BR-040 têm, em geral, um efeito positivo para a economia. Como era de se esperar, o melhor cenário é aquele em que a forma de financiamento é desconsiderada (cenário 0), o que pode ser observado na Tabela 2, a seguir. Neste caso, o PIB do país experimenta um crescimento 0,014%. Considerando qualquer forma de financiamento dos investimentos, o crescimento do PIB é atenuado, sendo que a inserção do pedágio (cenário 1) é levemente melhor que a expansão da alíquota de imposto sobre os salários (cenário 2). A superioridade do cenário 1 em relação ao cenário 2, pode ser comparada aos achados de Kim *et al.* (2011), uma vez que os autores concluíram, conforme discutido anteriormente, que o maior impacto na renda do país surge de uma cobrança localizada dos investimentos em rodovias, desonerando as outras regiões do país desses custos.

Tabela 2 – Impacto nas variáveis macroeconômicas

Variável	Cenário 0	Cenário 1	Cenário 2
PIB real [Variação %]	0,01451	0,01286	0,01221
<i>PIB real - Minas Gerais [Variação %]</i>	<i>0,04775</i>	<i>0,03100</i>	<i>0,01874</i>
Varição Equivalente [R\$]	81	24	15
Emprego nacional [Variação %]	0,00594	0,00667	0,00495
Consumo real das famílias [Variação %]	0,00773	0,00657	0,00099
Investimento agregado [Variação %]	0,01255	0,01043	0,00649
Volume de exportação [Variação %]	0,00305	0,00370	-0,00427
Volume de importação [Variação %]	0,00172	0,00219	-0,00302
Termos de troca da economia [Variação %]	-0,00076	-0,00112	0,00188

Fonte: Elaboração própria

O investimento, a medida de bem-estar e o consumo real das famílias seguem a mesma tendência do PIB, qual seja, o cenário 0 (em que se desconsidera o financiamento) é a melhor situação, seguido da cobrança de pedágio dos usuários da rodovia (cenário 1) e, por último, aparece o financiamento por meio de um imposto sobre os salários (cenário 2).

O crescimento do PIB se reflete na expansão da atividade econômica, conforme apresentado na Tabela 3. Nos dois primeiros cenários, apenas o setor de transportes passa por uma contração, o que é esperado, uma vez que, com maior eficiência, usa-se menos margem e, conseqüentemente, menos insumos, para atender uma mesma demanda de deslocamento. No cenário 2, quando se aumenta o imposto sobre os salários, a atividade da agricultura, indústria e comércio caem, porém, são parcialmente compensados pela expansão da mineração. Neste segundo cenário, o setor de transportes tem uma queda mais abrupta que nos casos anteriores, o que ajuda a explicar a queda na atividade industrial, uma vez que a indústria é a maior fornecedora do setor de transportes (mais de 60% dos insumos do setor de transporte provêm da indústria).

Tabela 3 – Nível de atividade por setor

Nível de atividade por setor [Variação %]	Cenário 0	Cenário 1	Cenário 2
1 Agricultura	0,00660	0,00698	-0,00465
2 Mineração	0,01501	0,00750	0,01934
3 Indústria	0,00608	0,00600	-0,00076
4 Construção	0,00868	0,00751	0,00280
5 Transporte	-0,04659	-0,02990	-0,05428
6 Comércio	0,00613	0,00654	-0,00112
7 Adm. Pública	0,05874	0,04633	0,05845
8 Outros Serviços	0,00993	0,00984	0,00590
Agregado	0,01518	0,01324	0,01029

Fonte: Elaboração própria

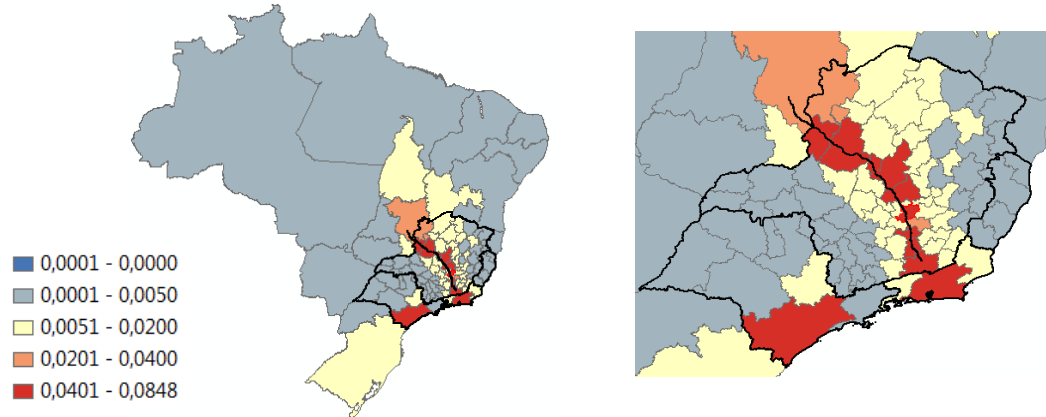
4.3.3 Resultados regionalizados

Inicialmente, é importante avaliar qual o impacto do investimento na BR-040 nos custos de transporte de cada região. Para tanto, será construído um índice que busca captar a variação no custo de transportes de uma região com relação a todas as regiões com as quais ela transaciona, ponderando pelo fluxo de transações existente em cada elo. A fórmula do índice proposto é como segue:

$$\Delta c_{transp_reg_i} = - \sum_{\forall j \in Regiões} \left[\left(\frac{c_{i,j}^{final} - c_{i,j}^{inicial}}{c_{i,j}^{inicial}} \right) \times \left(\frac{BAS_{i,j}}{\sum_{\forall x \in Regiões} BAS_{i,x}} + \frac{BAS_{i,j}}{\sum_{\forall x \in Regiões} BAS_{x,i}} \right) \right] \quad (4)$$

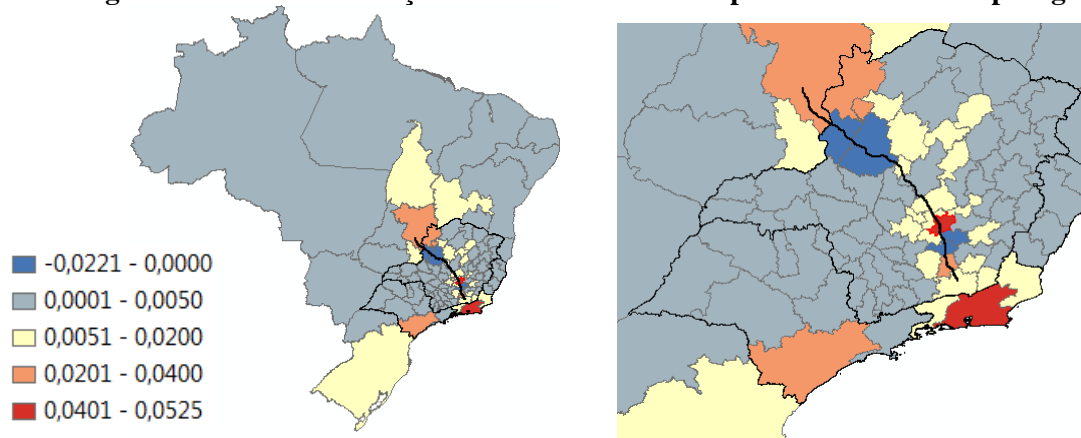
Onde: $\Delta c_{transp_reg_i}$ é o índice de variação dos custos de transporte para a região i ; $c_{i,j}^{final}$ é o custo de transporte da região i para a região j após a realização dos investimentos e $BAS_{i,j}$ é a soma dos fluxos de bens e serviços da região i para a região j . O sinal negativo na frente da fórmula faz com que, quanto maior o índice, maior a redução dos custos de transportes para a região, assim, o índice está relacionado a um incremento da eficiência setorial. As figuras a seguir (Figura 4 e Figura 5) apresentam o impacto dos investimentos no custo de transportes sem e com a inserção de praças de pedágio.

Figura 4 – Índice de variação na eficiência dos transportes sem considerar pedágio²³



Fonte: Elaboração própria

Figura 5 – Índice de variação na eficiência dos transportes considerando pedágio²⁴



Fonte: Elaboração própria

Como era de se esperar, a inserção dos pedágios tem o efeito de atenuar a redução do índice de variação dos custos de transporte e, no caso das regiões de Paracatu, João Pinheiro, Ouro Preto e Conselheiro Lafaiete, observa-se, inclusive, um aumento de tal índice, representando um maior custo de transportes advindo da inserção de pedágio. Como pode ser observado na Figura 6, uma simples melhoria na BR-040 ignorando seu financiamento (cenário 0), divide o país em: (i) uma faixa beneficiada, composta pelas regiões pertencentes ao eixo da rodovia, indo do Rio de Janeiro a Belém e passando pelo Distrito Federal e Tocantins; e (ii) regiões prejudicadas que se encontram fora dessa área de influência direta da rodovia. As regiões no eixo da rodovia são beneficiadas pelo maior acesso a grandes mercados consumidores e produtores. Isso aumenta a competitividade dessas regiões, antes menos acessíveis, com relação ao resto do Brasil, prejudicando as regiões menos atingidas pela melhoria da rodovia. Ainda, as regiões de São Paulo e Campinas, que poderiam ser beneficiadas pelos seus ganhos de escala somados ao maior acesso a mercados antes menos acessíveis, são grandes fornecedoras de insumos para o setor de transportes (responsáveis por cerca de 30% da produção desses insumos). Assim, quanto maior a eficiência do setor de transportes, menor a necessidade de utilização desse bem margem para um mesmo nível de deslocamento de mercadorias, o que diminui a demanda pelos insumos para o setor de transporte produzidos nas regiões de São Paulo e Campinas, impactando negativamente a atividade dessas duas regiões.

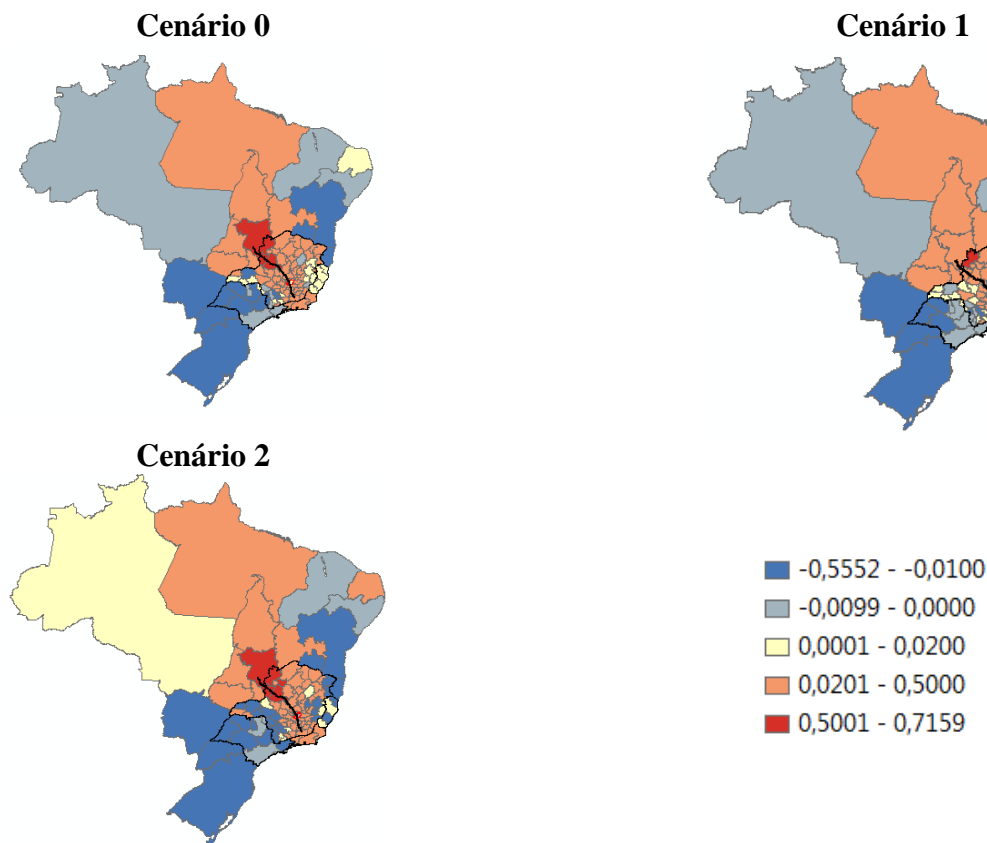
O financiamento do investimento através da criação de praças de pedágio (cenário 1) é análogo a uma redução mais amena dos custos de transporte. Neste cenário, as regiões paulistas na

²³ As legendas encontram-se em variação percentual

²⁴ As legendas encontram-se em variação percentual

fronteira de MG com SP acabam sendo menos prejudicadas, pois seus produtos tornam-se, novamente, mais competitivos frente às regiões mais dependentes da rodovia BR-040. Já as regiões mineiras próximas a essa fronteira passam a enfrentar maior concorrência das regiões afetadas pela estrada e observam uma redução em seu PIB. Também vale notar que, considerando a existência de praças de pedágio, a região de Brasília, que está entre as mais beneficiadas em quase todos os cenários, passa a observar um crescimento de PIB um pouco inferior (mas ainda positivo), o que é esperado uma vez que a queda nos custos de transporte é atenuada pela inserção das praças de pedágio ao longo da rodovia.

Figura 6 – Variação do PIB



Nota: As legendas encontram-se em variação percentual

Fonte: Elaboração própria

Considerar o financiamento do investimento mediante o imposto sobre a renda (cenário 2) traz um benefício ainda maior para as regiões no eixo da BR-040. Em particular, Brasília e as regiões ao seu redor, que já estavam sendo beneficiadas, agora compartilham os custos do investimento com o resto do país e acabam experimentando um crescimento econômico ainda maior. Parte das regiões mineiras nas fronteiras com os estados de São Paulo e do Espírito Santo, que antes estavam sendo beneficiadas pelo projeto, passam a observar uma queda mais acentuada no PIB. Essas regiões, além de não compartilharem os benefícios da rodovia, agora devem arcar com seus custos.

4.3.4 Análise estrutural do PIB regional

Nesta seção serão avaliados quais os fatores estruturais que influenciam o PIB de determinada região a ser mais ou menos afetado pelas intervenções na rodovia BR-040. Tal análise

é importante para entender por quais canais do modelo uma melhor eficiência do transporte afeta a economia. Na Tabela 4 a seguir, apresenta-se a estimativa dos principais fatores de impacto no PIB.

Tabela 4 – Análise estrutural dos resultados

Variação do PIB	Cenário 0	Cenário 1	Cenário 2
Índice de variação do custo de transportes	5,24 (0,000)	3,04 (0,000)	5,32 (0,000)
Compras de outras regiões	-0,349 (0,123)	-0,183 (0,301)	-0,279 (0,282)
Vendas para outras regiões	0,304 (0,088)	0,166 (0,155)	0,340 (0,042)
Participação do setor Outros Serviços na produção regional	-1,169 (0,002)	-0,695 (0,005)	-1,270 (0,003)
Participação do setor Construção na produção regional	-0,767 (0,007)	-0,583 (0,003)	-1,06 (0,004)
R-quadrado	0,543	0,440	0,420

Nota: p-valor em parênteses abaixo dos respectivos coeficientes

Fonte: Elaboração própria

O principal fator de influência na variação do PIB é a magnitude com que cada região é afetada pelas quedas nos custos de transportes, o que, neste trabalho, está sendo captado pelo índice de variação dos custos de transportes, explicado anteriormente e exposto na Figura 4 e Figura 5. Esse resultado é esperado, uma vez que o principal choque que leva o sistema a mudar de equilíbrio é justamente o custo de transporte entre as distintas regiões. Outro fator que impacta positivamente a variação do PIB é a penetração dos produtos locais em outras regiões (vendas para outras regiões). Isso acontece, pois a redução no custo de transporte torna as firmas locais mais competitivas em outras regiões, tanto pelo acesso a insumos mais baratos, tornando-se mais produtivas, quanto pela redução do custo de levar seus produtos para outras regiões consumidoras. Ainda, devido à identidade das contas regionais, em que as exportações (inter-regionais ou internacionais) somam positivamente no PIB, o coeficiente da variável de venda para outras regiões é positivo. Além disso, com relação à produção regional, quanto maior a participação do setor de construção, menor o impacto das melhorias na BR-040 sobre o PIB, o que se deve ao fato de a elasticidade de *Armington* desse produto ser muito baixa, minimizando o efeito dos transportes inter-regionais no preço deste insumo. A participação do setor “outros serviços” também diminui o PIB para uma dada redução nos custos de transportes. Esses dois produtos pertencem à classe dos *non-tradables*, ou seja, produtos que são majoritariamente consumidos internamente à região produtora. Assim, quando sua participação na produção de determinada região é elevada, o local tem pouco a se beneficiar com a melhoria dos transportes inter-regionais, uma vez que são regiões que produzem muito para seus próprios consumidores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou avaliar o impacto, de forma agregada e regionalmente distribuído de se remunerar o investimento, a operação e a manutenção de uma rodovia por meio da cobrança de pedágio dos seus usuários *vis-à-vis* sua remuneração advinda de receitas orçamentárias do governo. De um lado, o usuário da rodovia, maior beneficiário de sua boa qualidade, é responsável por

financiar seus custos, enquanto do outro, toda população se responsabiliza pelos custos das melhorias na rodovia.

O foco do presente estudo centrou-se na origem dos recursos para a remuneração dos projetos rodoviários, de forma que outras variáveis igualmente importantes para o projeto não foram consideradas (tais como a eficiência do setor público versus o setor privado, o custo de financiamento, a velocidade de execução das obras, etc.). Dessa forma, a análise aproxima-se de uma comparação entre uma concessão comum com um modelo análogo à uma concessão administrativa com remuneração baseada em um “*shadow toll*”, modelo em que o setor privado opera a rodovia sendo remunerado por recursos orçamentários do governo de acordo com a demanda da rodovia.

Na análise agregada, a situação em que as melhorias na rodovia são remuneradas pelos seus usuários mediante a cobrança de tarifas de pedágio mostrou-se a mais adequada, gerando um crescimento de PIB do país de 0,0128%, valor superior ao do cenário em que as melhorias são financiadas por uma elevação do imposto sobre os salários dos trabalhadores (crescimento do PIB de 0,0122%). Nos resultados regionalizados, percebe-se uma clara faixa de influências da BR-040 que vai de Belém (PA) até o Rio de Janeiro (RJ), passando pelo Tocantins, por Brasília (DF) e pelas regiões mineiras nos arredores da rodovia. A maioria das regiões dessa faixa de influência observou uma expansão de seu PIB, enquanto as regiões além das fronteiras dessa faixa tiveram uma queda no PIB. Quando se passa de uma situação de financiamento das melhorias por meio de pedágio para uma de financiamento pela elevação de imposto sobre os salários, acontecem dois efeitos: (i) observa-se um estreitamento da faixa de regiões beneficiadas pelas melhorias na rodovia, pois as regiões mineiras nas fronteiras com São Paulo e com o Espírito Santo, que antes eram beneficiadas pelo projeto, passam a observar uma variação negativa do seu PIB; e (ii) acentua-se a diferença de crescimento entre as regiões beneficiadas e as prejudicadas, sendo que as primeiras são mais beneficiadas do que antes e as últimas acabam sendo ainda mais prejudicadas. O motivo dessa intensificação das diferenças regionais é que, após a inserção de um imposto sobre os salários, mesmo as regiões que não usufruem da rodovia acabam sendo parcialmente responsabilizadas pela sua remuneração.

Este trabalho representa um passo no sentido de realizar uma avaliação *ex-ante* dos impactos econômicos regionalizados de um projeto de infraestrutura rodoviária levando em consideração questões contratuais e de financiamento. Foi delineada uma linha de análise que pode ser utilizada na comparação entre diferentes alternativas de financiamento de projetos de infraestrutura rodoviária, porém, a depender do interesse de cada pesquisador, tal estrutura pode ser aprofundada para englobar as questões mais específicas que se deseja explorar. Para pesquisas futuras sugere-se agregar à análise pontos ignorados neste trabalho, incorporando variáveis como eficiência na provisão dos serviços pelo setor público e pela iniciativa privada a velocidade de execução das obras, a qualidade final da rodovia e seus impactos nos custos de transporte, o custo de financiamento de cada um dos agentes, entre outros.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ADAMS, Philip D. *et al.* **Forecasts for the Australian economy using the MONASH model.** *International Journal of Forecasting*, Australia 10(4), 557-571, 1994.
- ALMEIDA, Eduardo Simões. **Um Modelo de Equilíbrio Geral Aplicado Espacial para Planejamento e Análise de Políticas de Transporte.** *Tese de Doutorado*, São Paulo, FEA/USP, 2003.
- ARVIS, Jean-François *et al.* **Connecting to Compete 2014. Trade Logistics in the Global Economy: the Logistics Performance Index and Its Indicators.** Washington DC, The World Bank, 2014.
- ASCHAUER, David Alan. **Is Public Expenditure Productive?** *Journal of Monetary Economics* 23, 177-200, 1989.

ASCHAUER, David Alan. *Public capital and economic growth: issues of quantity, finance, and efficiency*. *Economic Development and Cultural Change*, 48(2), 391-406, 2000.

BLANC-BRUDE, Frédéric *et al.* *Ex ante construction costs in the European road sector: a comparison of public-private partnerships and traditional public procurement*. Economic and financial reports / European Investment Bank, No. 2006/01, 2006.

BOCCANFUSO, Dorothée *et al.* *A comparative analysis of funding schemes for public infrastructure spending in Quebec*. *Applied Economics*, v. 46, n. 22, p. 2653-2664, 2014.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT**: Relatório Final. Brasília, 2012. Disponível em <<http://www.transportes.gov.br/images/2014/11/PNLT/2011.pdf>>. Acesso em: 11/08/2015.

_____. Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. **Programa de Exploração de Rodovias (PER)**. Anexo 2 do Edital de Concessão nº 006/2013. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/html/objects/_downloadblob.php?cod_blob=11775>. Acesso em: 04/10/2015

CALDERÓN, César; SERVÉN, Luis. *Infrastructure in Latin America*. World Bank Policy Research Working Paper Series, Vol, 2010a.

_____. *The Effects of Infrastructure Development on Growth and Income Distribution in sub-Saharan Africa*. *Journal of African Economies*, 19: i13–i187, 2010b.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes. **Pesquisa CNT de Rodovias 2014**: relatório gerencial. Brasília, 2014.

DE RUS, Gines; ROMERO, Manuel. *Private financing of roads and optimal pricing: Is it possible to get both?* *The Annals of Regional Science*, v. 38, n. 3, p. 485-497, 2004.

DOMINGUES, Edson Paulo. **Dimensão Regional e Setorial da Integração Brasileira na Área de Livre Comércio das Américas**. Tese de Doutorado, São Paulo, FEA/USP. 2002

EBP – Empresa Brasileira de Projetos. **Novas Projeções de tráfego**: atualização da avaliação econômico-financeira. Produto 24 da 3ª etapa de concessões rodoviárias – fase 1. Novembro, 2013. Disponível em: <http://www.ebpbrasil.com/ebp2014/web/download_arquivos.asp?id_arquivo=A1714FAA-30CD-447A-83E5-1D67E52FF487>. Acesso em: 03/10/2015.

ENGEL, Eduardo *et al.* *The economics of infrastructure finance: Public-private partnerships versus public provision*. European Investment Bank Papers, 15(1), 40-69, 2010.

FERREIRA, Pedro Cavalcanti; MALLIAGROS, Thomas Georges. **Impactos produtivos da infra-estrutura no Brasil-1950/95**. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v.28, n.2, p.315-338, 1998.

FRISCHTAK, Cláudio Roberto; DAVIES, Katharina. O investimento privado em infraestrutura e seu financiamento. *In*: PINHEIROS, Armando Castelar; FRISCHTAK, Cláudio Roberto. **Gargalos e soluções na infraestrutura de transportes**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2014.

GIESECKE, James *et al.* *Regional macroeconomic outcomes under alternative arrangements for the financing of public infrastructure*. *Papers in Regional Science*, 87: 3–31, 2008.

HADDAD, Eduardo Amaral. *Regional Inequality and Structural Changes: lessons from the Brazilian Economy*. Aldershot: Ashgate, 1999.

_____. **Retornos crescentes, custos de transporte e crescimento regional**. São Paulo, 2004. Tese (Livre-Docência). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

HADDAD, Eduardo Amaral *et al.* **Avaliação dos impactos econômicos das políticas de infra-estrutura de transporte no Brasil**: uma aplicação a duas rodovias federais em Minas Gerais. *Cadernos do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais*. Belo Horizonte, v.16, p. 29-74. Abril, 2008.

_____. *Regional Integration in Colombia: A Spatial CGE Application*. *Scienze Regionali / Italian Journal of Regional Science*, v. 10, p. 5-30, 2011.

KIM, Euijune *et al.* **An Application of the Integrated Transport Network—Multi-regional CGE Model: An Impact Analysis of Government-Financed Highway Projects.** *Journal of Transport Economics and Policy*, 223-245, 2011.

MUSSOLINI, Caio Cesar; TELES, Vladimir Kühl. **Infraestrutura e produtividade no Brasil.** *Revista de Economia Política*, vol. 30, nº 4 (120), pp. 645-662, outubro-dezembro, 2010.

NEWBERY, David M. *Road pricing and road finance.* In: PRESTON John *et al.* **Integrated transport policy: Implications for regulation and competition.** Aldersho. Ashgate, 2000.

PERCOCO, Marco. **Infrastructure Investment and Growth in Developing Countries: Does the Type of Contract Matter?.** *Journal of Infrastructure Development*, 4(2), 139-152, 2012.

PEREIRA, Ricardo A. de Castro; FERREIRA, Pedro Cavalcanti. **Impactos macroeconômicos da cobrança pelo uso da infraestrutura pública no Brasil.** *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 41, n. 2, p. 183–212, 2011.

PEROBELLI, Fernando. Salgueiro. **Análise das Interações Econômicas entre os Estados Brasileiros.** Tese de Doutorado, São Paulo, FEA/USP. 2004.

PORSSE, Alexandre Alves. **Competição tributária regional, externalidades fiscais e federalismo no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral computável.** Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

SALA-I-MARTÍN, Xavier *et al.* **The Global Competitiveness Index 2014–2015: Accelerating a Robust Recovery to Create Productive Jobs and Support Inclusive Growth - The Global Competitiveness Report 2014–2015** (Editor: Klaus Schwab). *World Economic Forum Publication*, Geneva, 2014.

SOUZA, Gedir Silva *et al.* **Política fiscal e crescimento de longo prazo no Brasil: evidências para dados do orçamento função.** *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 40, n. 1, p. 41-84, abr. 2010.