



**A DUPLICAÇÃO DA RODOVIA  
FERNÃO DIAS: UMA ANÁLISE DE  
EQUILÍBRIO GERAL**

Eduardo Simões de Almeida

***TD Nereus 08-2004***

São Paulo  
2004

# **A DUPLICAÇÃO DA RODOVIA FERNÃO DIAS: UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL**

Eduardo Simões de Almeida  
ESALQ/USP

## **RESUMO**

Este trabalho quantifica os ganhos de bem-estar agregados e regionais da duplicação do trecho Belo Horizonte-São Paulo da rodovia Fernão Dias (BR-381), bem como o seu impacto na equidade da renda regional, por intermédio de um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial, que incorpora custos de transporte. As implicações em termos de eficiência e equidade são quantificadas por simular a redução do tempo de viagem e da diminuição do frete em decorrência da duplicação da rodovia. O modelo de equilíbrio geral é especificado para cinco setores (agropecuária, mineração, indústria, construção e serviços), doze regiões domésticas, três regiões externas e dois fatores de produção (trabalho e outros fatores). Três experimentos contrafactuais foram simulados: o efeito-tempo de viagem, efeito-frete e o efeito-total. Em termos agregados, os resultados revelam que o efeito-tempo de viagem não gera nenhum ganho de bem-estar social agregadamente, embora aguce a desigualdade de renda regional. O efeito-frete promove tanto a eficiência quanto a equidade de renda. O efeito-frete domina o efeito-tempo de viagem nas simulações. A distribuição espacial dos resultados, por sua vez, mostra que as regiões “vencedoras” são aquelas por onde cruzam os trechos duplicados da rodovia BR-381.

**PALAVRAS-CHAVES:** modelo de equilíbrio geral aplicado espacial; custos de transporte; rodovia Fernão Dias (BR-381).

## **ABSTRACT**

This paper quantifies the aggregate and regional welfare effects of the duplication of the Fernão Dias highway (BR-381), as well as its impact on the regional equity, using a spatial applied general equilibrium model, which incorporates transportation costs. The consequences in terms of efficiency and equity are quantified by simulating the travel time reduction and the freight diminution due the duplication of the highway. The general equilibrium model is specified for five industries (agriculture and living stock, mining industries, manufacturing industries, construction and services), twelve domestic regions, three external regions and two production factors (labor and other factors). In aggregate terms, the results reveal that the travel time effect does not yield social welfare gains at all, although it enhance regional income inequalities. The freight effect dominates the travel time effect in the simulations. The spatial distribution of the results, in turn, shows that the “winning” regions are those where the duplicated sections of the BR-381 highway cross.

**KEY WORDS:** spatial applied general equilibrium model, transportation costs; Fernão Dias highway (BR-381).

**CLASSIFICAÇÃO JEL:** D58.

**ÁREA 5:** Economia Regional e Economia Agrícola

## 1. INTRODUÇÃO

A duplicação da rodovia BR-381 (Fernão Dias) foi iniciada em outubro de 1993, financiada pelos governos estaduais de São Paulo, Minas Gerais e federal com recursos do Banco Interamericano de Desenvolvimento, BID. Apesar de ainda estar inconclusa, chegou o momento de se avaliar os benefícios, mesmo que parciais, dessa importante obra.

A rodovia Fernão Dias tem uma importância fundamental, pois faz parte do mais relevante eixo rodoviário nacional, junto da BR-116, interligando os três maiores estados da federação, constituindo-se num corredor de transporte tanto para abastecer o mercado interno como para exportar.

Este trabalho tem por objetivo quantificar os ganhos de bem-estar estáticos derivados dessa duplicação por intermédio de um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial (EGAE) para o Estado de Minas Gerais. A nossa intenção não é apenas computar os ganhos agregados, mas também a distribuição espacial desses ganhos através das regiões.

Basicamente três motivos explicam porque a abordagem de equilíbrio geral espacial é a mais apropriada para estimar os efeitos regionalizados da duplicação da rodovia do que métodos baseados na abordagem de equilíbrio parcial. Em primeiro lugar, o fenômeno a ser estudado envolve a interação de diversos mercados, bem como mecanismos complexos de realimentação, que são mais bem investigados num contexto de equilíbrio geral do que parcial (como por exemplo, se fosse usado o método econométrico).

Em segundo lugar, a principal implicação da duplicação da rodovia, e a sua conseqüente melhoria, são as reorientações dos fluxos de comércio inter-regionais. Em decorrência disso, é razoável supor que haverá regiões que testemunharão seu bem-estar aumentar, ao passo que existirão regiões que exibirão perdas de bem-estar social.

Em terceiro lugar, um modelo EGAE é bem fundamentado microeconomicamente, tornando-se menos suscetível à crítica de Lucas, o que corresponde a mais uma vantagem sobre os métodos mais mecânicos (tais como técnicas de insumo-produto ou modelo gravitacional) ou, ainda, novamente, ao método econométrico. Ademais, a alocação regional dos resultados e os ganhos de bem-estar por região são provenientes do mesmo arcabouço teórico consistente microeconomicamente.

A duplicação da rodovia BR-381 provoca uma redução nos custos de transportes, entendido como todos os custos envolvidos na ligação entre duas regiões separadas no espaço geográfico. Os custos de transporte podem ser decompostos em dois componentes: o tempo de viagem dependente da distância geográfica e o valor do frete envolvido na operação. Na implementação da análise, com base no projeto que substanciou a decisão política de levar adiante a obra, levaremos em conta tanto a influência da redução do tempo de viagem (via decréscimo nas distâncias), assim como a diminuição dos fretes.

Como já foi dito, a análise empreendida permite considerar os ganhos de bem-estar estáticos derivados da realocação dos recursos, sobretudo o redirecionamento dos fluxos comerciais em decorrência da duplicação e melhoria da rodovia BR-381. Existe uma outra fonte de ganhos de bem-estar estático - a diversidade de produto - que o modelo de equilíbrio geral computável implementado neste trabalho, baseado em

retornos constantes de escala não captura (Bröcker, 1998b). Cabe notar que, numa abordagem intranacional, como aqui empreendida, a fonte da diversidade de produto como gerador de bem-estar é limitada, pois o comércio inter-regional não sofre de impedimentos comuns ao comércio internacional, tais como barreiras tarifárias e não tarifárias.

Os resultados deste trabalho revelam que a obtenção de eficiência ou equidade varia conforme o efeito seja com base na redução do tempo de viagem ou na diminuição do frete. Contudo, o efeito-frete domina o efeito-tempo de viagem em termos da eficiência econômica. A redução do tempo de viagem devido à duplicação da rodovia parece não exercer nenhum impacto macroeconômico significativo no Estado de Minas Gerais. Já a distribuição espacial dos ganhos de bem-estar social mostra-se assimétrica, independente do tipo de simulação efetuada.

O trabalho está assim organizado, além desta seção de caráter eminentemente introdutório. A próxima seção relata a história da rodovia Fernão Dias e a sua importância econômica e estratégica. Na terceira seção, é apresentado o modelo de equilíbrio geral computável espacial, explicando a lógica de sua construção e as suas principais idéias. Na quarta seção, é exposto o desenho dos experimentos contrafactuais elaborados para levar em consideração a influência da duplicação sobre o sistema econômico. Na quinta seção deste trabalho, são exibidos, interpretados e discutidos os resultados da simulação dos experimentos. Por fim, na derradeira seção, reservam-se as conclusões de relevo e as considerações finais.

## **2. A RODOVIA BR-381 (FERNÃO DIAS)**

A rodovia BR-381, também conhecida como rodovia Fernão Dias, em homenagem ao nome do bandeirante que se embrenhou nos sertões do Estado de São Paulo e de Minas Gerais à procura de esmeraldas em trilhas percorridas que lembram o traçado atual da rodovia, começou a ser construída na década de cinquenta do século passado. Foi inaugurada a ligação Belo Horizonte-Pouso Alegre em 1960 no governo do presidente Juscelino Kubistcheck, quando ainda estava inacabada a obra. Contudo, apenas em 1961 a rodovia havia sido totalmente concluída, com a finalização das obras no trecho paulista.

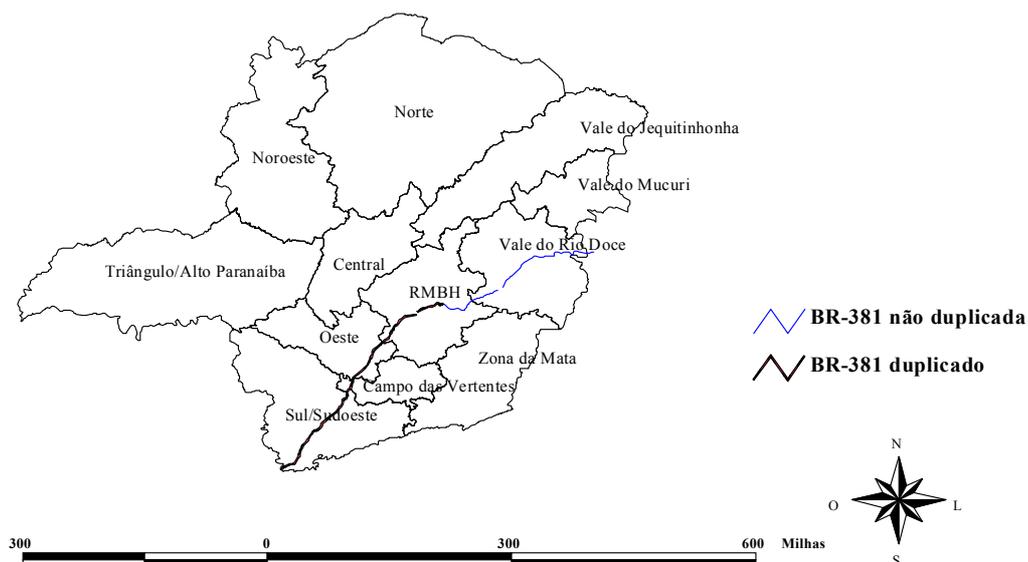
A rodovia BR-381 liga duas das mais importantes cidades do País: Belo Horizonte até São Paulo, percorrendo um traçado diagonal numa extensão de 563,2 quilômetros neste trecho. Segundo o Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG), 43% da economia mineira, 20% de toda a produção do parque industrial de Minas e de São Paulo, cerca de 60% da produção nacional de ferro-gusa e aproximadamente 3 milhões de toneladas da produção agrícola mineira passam pela BR-381, representando uma circulação média de mais de 15 mil veículos – entre ônibus, caminhões e automóveis – por dia. Além disso, 25% da população mineira vivem e trabalham em sua área de influência.

Em 1973, preparou-se o primeiro projeto para a duplicação para o trecho entre Divisa do Estado de Minas Gerais e a capital paulista, numa extensão de 90 quilômetros, haja vista que o departamento nacional de estradas de rodagem (DNER), no ano anterior, detectara uma tendência de saturação da rodovia no trecho paulista. No entanto, tal projeto não pôde ser concluído por falta de recursos orçamentários.

No final dos anos oitenta, vários trechos foram recapeados e uma nova sinalização foi executada, constituindo-se na última intervenção de relevância até a duplicação. Apesar disso, o estado da rodovia estava precário em função das chuvas e dos costurmeiros deslizamentos de terra ao longo de seu traçado.

As obras de duplicação do trecho entre Belo Horizonte-São Paulo foram divididas em duas fases. Na primeira fase, com início em outubro de 1993, foram duplicados os trechos Belo Horizonte – Entr<sup>o</sup>. Nepomuceno, com 217,2 quilômetros no Estado de Minas Gerais, e Entr<sup>o</sup>. Via Dom Pedro I – Entr<sup>o</sup>. BR-116 (Guarulhos/São Paulo), com 53 quilômetros no Estado de São Paulo. Na segunda fase, foram duplicados os trechos Entr<sup>o</sup>. Nepomuceno – Divisa MG/SP, com 256 quilômetros no Estado de Minas Gerais, e Divisa MG/SP – Entr<sup>o</sup>. Via Dom Pedro I, com 37 quilômetros no Estado de São Paulo (Duplicação, 1992, p. 3).

### Mapa 1: Minas Gerais e a Rodovia BR-381 (Fernão Dias)



Após mais de dez anos, ainda faltam 7% do trecho Belo Horizonte-São Paulo da rodovia para serem duplicados (35 quilômetros no Sul de MG, incluindo a construção de acessos, passarelas e viadutos). Em decorrência da falta de correta manutenção, já existe a necessidade de se restaurarem 40 quilômetros no trecho paulista já duplicado. As obras de duplicação foram paralisadas em outubro de 2002. O ministério dos transportes anunciou a conclusão do trecho faltante para a duplicação da BR-381 em agosto de 2003. Até o mês de julho de 2004, as obras ainda não estavam encerradas.

### 3. MODELO

Em decorrência da ausência de dados regionalizados, o modelo de equilíbrio geral aplicado espacial desenvolvido neste trabalho para as regiões de Minas Gerais - denominado doravante de modelo MINAS-SPACE - é baseado no princípio da parcimônia conforme a abordagem de Bröcker (1998) e Bröcker e Schneider (2002). A falta de dados e informação regionais na maioria das agências estatísticas reflete-se sobretudo na ausência de informações confiáveis sobre os fluxos de comércio inter-regional e estoques de fatores de produção regional.

O princípio da parcimônia evita que se estime os fluxos de comércio inter-regional, usando métodos que não tenham uma fundamentação microeconômica, tais como modelos gravitacionais ou técnicas de regionalização de insumo-produto. Em termos práticos, o princípio da parcimônia apóia-se num tripé de idéias: o conceito de pooling (Nijkamp, 1986), a especificação de Armington (1969) e o pressuposto de custos de transporte do tipo *iceberg*, proposto por Samuelson (1954).<sup>1</sup>

O conceito de *pooling* significa que os consumidores e os produtores não comerciam diretamente, assim como os produtores entre si. Os agentes de transporte fazem a intermediação entre a produção e o consumo através das regiões. Aí surge a importância do *pool good*, que é um composto do bem  $i$ , combinado a partir de  $R$  bens  $i$ , retirados de todas as regiões produtoras domésticas, e de  $L$  bens  $i$  importados das regiões externas pelo agente de transporte. Ou seja, a função da atividade de transporte é dúplice: primeiro, transporta os bens produzidos de todas as regiões de origem para a região de destino; a segunda função é combiná-los num *pool good* na região de destino e fazer as entregas para os demandantes finais (famílias) ou os demandantes intermediários (as firmas).

A tecnologia de transporte é representada por uma função aninhada de elasticidade de substituição constante (NCES), que é assumida ser a mesma em todas as regiões de destino. Nesse ponto, adota-se o *pressuposto de Armington* que presume que haja uma estrutura de substituição entre os bens provenientes das regiões, fazendo com que os bens de diferentes regiões sejam substitutos imperfeitos. Assim sendo, na região de destino, o *pool good* não é formado apenas pelo bem que tenha o preço CIF mais baixo, porque os bens provenientes de diferentes regiões não são considerados idênticos. A especificação de Armington é adotada para diferenciar as mercadorias de acordo com as regiões de origem.

Uma vez que o modelo é espacial, os preços dos bens incorporam os custos de transporte, entendidos como necessários a fim de transferir mercadorias através das regiões. Portanto, existe uma fricção ou uma barreira para o comércio inter-regional, que para superá-la, envolve custos. Para manter a especificação do modelo simples, adotam-se os custos de transporte do tipo *iceberg*, que, originalmente, significam que parte do bem transportado dissipa-se com o próprio processo de transporte.<sup>2</sup> Isso é equivalente a pensar que uma parcela da mercadoria se derreteu no processo de transporte (como um *iceberg* avançando além mar).

---

<sup>1</sup> Para uma descrição pormenorizada das variáveis e equações do modelo MINAS-SPACE, consulte Almeida (2003).

<sup>2</sup> Um exemplo elucidativo disso é o transporte de óleo diesel por caminhão, em que alguns galões de óleo diesel sejam usados no tanque do caminhão a fim de percorrer a rota até a região de destino. Por consequência, na chegada no destino, haverá menos óleo diesel no caminhão.

Apesar de parecer muito restritivo no sentido de que esse tipo de custo *iceberg* seja válido somente para alguns bens, na verdade, não se deve perder de vista que a condição de custo *iceberg* é apenas um mote para se modelar uma idéia geral de custo de transporte. Como, no modelo, se trabalha com a dualidade microeconômica, a função de custo mínimo (o dual da função de produção) apresenta preços dos bens que estão inflados pelo custo de transporte, seguindo o mote do custo *iceberg*. Como todos os bens precisam superar o espaço geográfico para chegar nas regiões de consumo, os preços dos bens estarão acrescidos dos custos de transporte.

A modelagem dos custos de transporte do tipo *iceberg* é relativamente simples do ponto de vista matemático. Basta multiplicar os preços de produção por um fator como  $e^{\eta^i z_{rs}}$ . Nesse fator, existem dois componentes, a saber,  $\eta^i$  que denota o frete de transporte por mercadoria  $i$ , ao passo que  $z_{rs}$  é a distância (ou o tempo de viagem) da rota que separa a região produtora de origem  $r$  da região de destino consumidora  $s$ . Esses dois componentes serão alvo de manipulação, na próxima seção, quando estivermos desenhando os experimentos contrafactuais para serem simulados.

A consequência de se combinar a especificação de Armington com o pressuposto de custos de transporte do tipo *iceberg* é conduzir a uma demanda que é diferenciada geograficamente, no sentido de que haja uma maior demanda por bens de regiões mais próximas.

Uma das principais vantagens desta modelagem seja o fato de que prescindir de se ter os fluxos de comércio inter-regional. As demandas final e intermediária por *pool goods* – que direcionam os fluxos de comércio inter-regional – são fruto do comportamento otimizador das famílias e das firmas, muito bem embasado microeconomicamente. E o mais importante é que tais demandas, e os fluxos a elas associadas, são modificadas conforme esse comportamento otimizador determinado após cada choque ou mudança no ambiente institucional.

O modelo MINAS-SPACE é elaborado com o intuito de efetuar análise de estática comparativa. Para isso, o modelo assume uma economia aberta com  $I$  setores,  $R$  regiões domésticas e  $L$  regiões externas. Existem quatro atividades: a produção, o transporte, a demanda final e a exportação.

A atividade de demanda final é executada pelas famílias. Existem em cada região uma família representativa, que é proprietária dos fatores de produção. As  $R$  famílias representativas obtêm seu rendimento da venda desses fatores de produção para as firmas e o despendem totalmente no consumo de *pool goods*, não havendo a possibilidade de poupar. À guisa de simplificação, as preferências, cuja especificação formal é uma função de elasticidade de substituição constante CES, são iguais para todas as famílias representativas espalhadas pelas regiões.

A atividade da produção é executada em cada região por  $I$  firmas que adquirem os insumos intermediários do *pool good* da região de destino e compram os insumos primários da família representativa da região para realizar a sua produção, conforme uma tecnologia linearmente homogênea do tipo NCES.

O modelo MINAS-SPACE é desenvolvido para uma economia aberta na qual apenas o comportamento dos agentes econômicos em Minas Gerais é otimizado. O setor externo do modelo, por sua vez, é representado por um conjunto de funções de demanda por exportações e de oferta de importações que explica o comércio. Existem  $L$  regiões externas e, em cada região externa  $l$ , há  $I$  agentes exportadores, que formam *pool goods*

destinados à exportação, a partir do transporte de produtos originários de todas as *R* regiões domésticas. Devido à natureza espacial do modelo, é necessário ter uma distribuição regional das exportações e das importações de acordo com a especificação de Armington. A atividade exportadora é também executada por meio de uma tecnologia linearmente homogênea do tipo NCES.

Assume-se um ambiente de concorrência perfeita, em que firmas, agentes de transporte e agentes exportadores minimizam custos unitários. Em vista da homogeneidade linear das tecnologias, esse pressuposto implica que, em equilíbrio, preço seja igual ao custo unitário e, conseqüentemente, não há oportunidade para a ocorrência de lucro econômico puro.

Neste modelo parcimonioso, não há setor público e os investimentos não são modelados. Os gastos do governo e os investimentos fazem parte da demanda final, mas não existem equações específicas para representar seu comportamento.

Como o modelo envolve um sistema altamente não-linear de equações, é utilizado o algoritmo de Newton para encontrar uma solução (Bröcker, 1998; Almeida, 2003). A solução é alcançada quando se encontra um vetor de preços de fatores e um vetor de preços de importações para os quais todos os excessos de demanda por fatores e o excesso de demanda por importações sejam nulos (ou alternativamente, que os mercados de fatores e de importações estejam equilibrados).

No que concerne ao mercado de trabalho, é possível adotar dois tipos de regras de fechamentos no modelo MINAS-SPACE: a regra da taxa de salário flexível (também chamada de fechamento neoclássico) e a regra da taxa de salário fixo (também conhecida como fechamento keynesiano).

Para se efetuar as simulações dos experimentos neste trabalho, aplicou-se o fechamento neoclássico, que estabelece que o equilíbrio ocorre quando a oferta exógena de trabalho iguala-se à demanda por trabalho em todos os mercados, sendo que o pleno emprego é a mera consequência desse equilíbrio. O mercado de trabalho, nesse fechamento, enfrenta apenas ajustamentos de preços, isto é, quando existe algum desequilíbrio momentâneo, os salários ajustam-se convenientemente a fim de que o equilíbrio seja reestabelecido. Conseqüentemente, o mecanismo de alocação de recursos corresponde à principal força que conduz o modelo ao seu equilíbrio. Ademais, o fechamento neoclássico coaduna-se com uma perspectiva de longo prazo do sistema econômico, no qual todos os preços (inclusive salários) são flexíveis.

O modelo é desagregado em cinco setores (agropecuária, mineração, indústria, serviços e construção) e em doze regiões domésticas, que são as mesorregiões definidas pelo IBGE para o estado de Minas Gerais (Noroeste, Norte, Vale do Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce, Zona da Mata, Campo das Vertentes, Sul/Sudoeste, Oeste, Central, Triângulo/Alto Paranaíba e RMBH). As regiões externas são o Estado de São Paulo, o Estado de Rio de Janeiro e o Resto do Brasil.

A base de dados que alimenta o modelo, dotada de consistência microeconômica, foi obtida de diversas fontes de dados, como é comum neste tipo de metodologia. Um importante elemento do banco de dados é a Matriz de Absorção, que é baseada na matriz inter-regional de insumo-produto de Minas Gerais/Resto do Brasil para o ano de 1996, elaborada pelo Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais S. A e pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (BDMG/FIPE, 2001; Domingues e Haddad, 2002).

Os salários regionais e o número de empregados por região e por setor foram obtidos mediante informações do Censo do IBGE de 1991, PNAD e RAIS. As informações a respeito das exportações e importações de Minas Gerais e as suas regiões externas (São Paulo, Rio de Janeiro e Resto do Brasil) foram apuradas junto ao Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz). As elasticidades de substituição utilizadas no modelo, bem como as elasticidades-preço de exportação e importação, foram extraídas de várias fontes da literatura econométrica (Guilhoto, 1995; Bröcker e Schneider, 2002). Os fretes de transporte para a agropecuária e para a indústria são estimados econometricamente, usando a base de dados do Sistema de Informações sobre Fretes de Cargas Agrícolas (Sifreca-Esalq/USP).

A matriz de distâncias rodoviárias entre as mesorregiões de Minas Gerais é calculada com base nas coordenadas do principal município em cada mesorregião. Quanto à matriz entre as mesorregiões e as “regiões externas” (São Paulo, Rio de Janeiro e o Resto do Brasil), as distâncias são computadas, levando-se em conta as principais sedes dessas regiões, a constar, o município de São Paulo, o município do Rio de Janeiro e o Distrito Federal, respectivamente. Por convenção, atribuem-se valores nulos às distâncias na diagonal principal dessas matrizes. A medida de distância é baseada em caminhos mínimos rodoviários (Cesar, 1999, p. 112).

#### **4. EXPERIMENTOS CONTRAFACTUAIS**

Em termos gerais, a duplicação de uma rodovia provoca uma redução dos custos de transporte. Como os custos de transporte dependem de dois componentes – a distância (ou tempo de viagem) e o valor do frete – uma rodovia duplicada exerce influência em ambos os componentes. Com relação ao tempo de viagem, a melhoria da infra-estrutura provoca a sua redução por causa da melhoria das condições rodoviárias, tais como o pavimento, sinalização e vias exclusivas de ida e de volta etc. No que diz respeito ao valor do frete, a duplicação engendra a sua diminuição, porque o custo operacional de transferir mercadorias pela estrada decresce.

Serão simulados na próxima seção três experimentos contrafactuais relacionados à duplicação do trecho da rodovia BR-381, manipulando os dois componentes dos custos de transporte: o efeito-tempo de viagem, o efeito-frete e o efeito-total, este último composto dos dois efeitos anteriores.

A fim de poder apurar os ganhos de bem-estar, é necessário ter estimativas a respeito da variação no tempo de viagem e no valor do frete após a duplicação da rodovia. Em termos específicos, essa quantificação foi obtida do projeto apresentado em 1992 pelo governos estaduais de Minas Gerais e de São Paulo, pelo governo federal para o BID com o intuito de conseguir financiamento externo para a realização da obra.

A seguir apresentar-se-á a metodologia adotada pelo projeto supra-citado para efetuar essas quantificações do custo de operação de veículos, que impacta diretamente o valor do frete, e do tempo de viagem.

No que tange à quantificação do custo de operação de veículos, o projeto, enviado ao BID conjuntamente pelos governos federal e estaduais de Minas Gerais e São Paulo, seguiu uma metodologia internacional:

*“O procedimento adotado para o cálculo dos custos operacionais se fundamentou na utilização do sub-modelo VOC (Vehicle Operating Costs) do*

modelo 'Highway Design and Maintenance Standard Model' (HDM-3) e na metodologia recomendada pelo 'Highway Capacity Manual' (HCM)."

O HCM possibilitou estimar as velocidades dos veículos em função dos volumes de tráfego e das capacidades dos trechos da rodovia. O sub-modelo VOC possibilitou calcular os custos operacionais dos veículos para as situações com e sem projeto, em função das velocidades calculadas por meio do HCM, como também possibilitou estimar as velocidades dos veículos em condições de fluxo livre, em função das características próprias dos veículos e das características físicas da via." (p. 168).

Os volumes de tráfego foram estimados econometricamente para caminhões médios, pesados e semi-reboques conforme uma composição percentual determinada mediante as contagens de tráfego e pesquisas de origem-destino realizadas na rodovia BR-381 e na área de influência da mesma, de modo a obter uma média ponderada do custo de operação na categoria caminhão.

A tabela 1 apresenta os resultados para o tipo de veículo caminhão para cada trecho da rodovia adaptados com vistas aos objetivos deste trabalho.

**Tabela 1: Custo Operacional para o Veículo Caminhão**

Trecho (Km-Km)	Mesorregião	Custo Operacional	
		Atual (Cr\$/Km/veículo)	Futuro (Cr\$/Km/veículo)
420-432	RMBH	1.403,83	1.104,66
432-441	RMBH	1.214,58	1.073,64
441-455	RMBH	1.203,61	1.185,08
455-509	RMBH	1.598,22	1.185,08
509-535	Oeste	1.336,57	1.204,41
535-560	Oeste	1.396,16	1.185,95
560-584	Oeste	1.592,16	1.170,43
584-604	Oeste	1.541,18	1.125,48
604-626	Oeste	1.688,61	1.283,62
626-637	Oeste	1.653,33	1.247,92
637-651	Campo das Vertentes	1.653,33	1.247,92
651-699	Sul/Sudoeste	1.599,98	1.235,24
699-745	Sul/Sudoeste	1.260,53	1.166,02
745-768	Sul/Sudoeste	1.202,32	1.164,28
768-791	Sul/Sudoeste	1.119,07	1.086,70
791-843	Sul/Sudoeste	1.217,79	1.083,86
843-893	Sul/Sudoeste	1.520,62	1.190,77
Média	-	1.423,64	1.173,00

Fonte: Adaptada de **Duplicação** (1992, p. 169).

O percentual de redução de custo operacional, extraído desses cálculos apresentados na tabela 1, foi de 7,57%, resultante da divisão do custo operacional médio futuro pelo custo operacional médio atual.

No modelo, os fretes são discriminados por mercadoria. Como os insumos usados para se calcular o custo operacional são comuns ao transporte de qualquer mercadoria, decidiu-se aplicar a diminuição referente ao custo operacional ao frete. Cabe lembrar que o frete, entendido como um preço do serviço de transporte, difere do custo de transporte

por incluir uma taxa de lucro econômico. Todavia, assume-se, no modelo, concorrência perfeita o que acarreta lucro econômico nulo.

Seria errôneo aplicar toda a diminuição média do custo operacional no valor do frete, uma vez que o valor do frete é determinado levando-se em conta todos os fluxos de mercadorias pela malha rodoviária e não apenas numa única rodovia, mesmo sendo essa a mais importante veia rodoviária do Estado de Minas Gerais. Por isso, usamos a informação do DER/MG de que 43% da economia de Minas Gerais passa pela rodovia e aplicou-se esse percentual no montante da diminuição do custo operacional do caminhão para estimar de quanto o frete das mercadorias do nosso modelo deveria ser reduzido. Desse modo, foi obtido o percentual de 7,57% para ser deduzido dos fretes de todas as mercadorias.

Quanto ao tempo de viagem, a sua redução foi estimada em função da velocidade de operação dos veículos, antes e após a duplicação da via, e comparando-se a diferença. O trecho duplicado atravessa as mesorregiões mineiras no trecho de Belo Horizonte até a divisa com o estado de São Paulo nesta ordem: RMBH, Oeste de Minas, Campo das Vertentes e Sul/Sudoeste de Minas.

Para montar o experimento contrafactual baseado no efeito do tempo de viagem, é preciso fazer algumas adaptações. Em primeiro lugar, uma vez que é presumida ser ampla a área de influência da rodovia Fernão Dias à sua volta, aplicaram-se as reduções do tempo de viagem na matriz de distâncias entre as mesorregiões. São calculadas as reduções no tempo de viagem para vários trechos da rodovia dentro de uma mesma mesorregião e entre as mesorregiões. Obteve-se a média ponderada (pela distância entre os trechos) dessas reduções para cada trecho a fim de apurar a redução no tempo de viagem dentro da mesorregião. A redução do tempo de viagem entre duas mesorregiões foi obtida da redução média, ponderada pela distância entre os trechos, do tempo de viagem de todos os trechos pertencentes das duas mesorregiões. Portanto, os choques a serem aplicados no experimento contrafactual para simular o efeito tempo de viagem são baseados na matriz dos parâmetros de deslocamento da distância, apresentada na tabela 2.

**Tabela 2: Matriz com a Variação das Distâncias Inter-Regionais para Minas Gerais**

Regiões	Noroeste	Norte	Jequitinhonha	Mucuri	Triângulo	Central	RMBH	Vale do Rio Doce	Oeste	Sul/Sudoeste	Campo das Vertentes	Zona da Mata
Noroeste	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Norte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jequitinhonha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mucuri	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Triângulo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Central	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RMBH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-28,4	0,0	-29,8	0,0	0,0	0,0
Vale do Rio Doce	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oeste	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-29,8	0,0	-31,4	0,0	-32,4	0,0
Sul/Sudoeste	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-33,0	-33,3	0,0
Campo das Vertentes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-32,4	-33,3	-39,0	0,0
Zona da Mata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Elaborada a partir de informações de Duplicação (1992, p. 172-174)

Foi também calculada a redução no tempo de viagem entre a mesorregião Sul/Sudoeste e a cidade de São Paulo, destino final do trecho duplicado, usando o mesmo critério adotado para se obter as quantificações que constam na tabela 2. Essa redução foi quantificada em 35,9%. Para simular o efeito-tempo de viagem, um equilíbrio é calculado

com uma matriz de distância inter-regional modificada pelo impacto da duplicação da BR-381, conforme descrita pela tabela 2.

Antes de implementar as simulações dos experimentos, vale a pena destacar as forças que guiam o mecanismo causal do impacto da variação dos custos de transporte no modelo MINAS-SPACE. Em nível agregado, uma redução dos custos de transporte – que, no modelo, é representada pela diminuição dos fretes de transporte,  $\eta_i$ , ou pela redução das distâncias (ou tempo de viagem),  $z_{rs}$ , – provoca, num primeiro momento, um decréscimo dos preços dos *pool goods*, que acarreta num aumento na renda real das famílias, elevando o seu bem-estar. Esse aumento generalizado na renda real é transmitido na forma de um acréscimo da demanda final das famílias, conduzindo a uma elevação do nível de produção das firmas. Para poderem elevar a produção, as firmas precisam empregar mais trabalho e outros fatores, fazendo com que as remunerações desses fatores sejam elevadas e aumentando, por fim, a renda das famílias novamente.

Em nível regional, existem dois efeitos sobre o preço de uma redução de custos de transporte, na esfera da produção, entre as regiões  $r$  e  $s$ . Em primeiro lugar, há um efeito-substituição direto que significa que, na região  $s$ , torna-se mais atrativo comprar bens da região  $r$  e, com isso, esta última região produzirá mais bens para a região  $s$ . Esse é o efeito-substituição direto.

Há, no entanto, um efeito-substituição indireto representado pelo fato de que os produtores em  $r$  comprarão mais insumos para produzir para a região  $s$ . Para os bens produzidos na região  $r$ , a redução de preço é causada pela competição de mercadorias das outras regiões, já que os mercados ficaram mais acessíveis.

Em nível regional, existem, todavia, engrenagens nesse mecanismo que podem exercer uma força para elevar os preços. Com a maior acessibilidade ocasionada pela redução das distâncias (ou tempo de viagem), existe um efeito-renda, representado por uma maior demanda das outras regiões por produtos da região  $r$ , que tiveram, no primeiro momento, seus preços reduzidos pela queda dos custos de transporte. Cabe frisar que essa elevação da demanda final das outras regiões é derivada de duas causas: um efeito-substituição implicado pela queda dos preços dos bens e um efeito-renda, ocasionado pelo aumento da renda real. No final, os preços da região  $r$  podem se elevar se o efeito-renda suplantar o efeito-substituição direto e indireto descritos acima.

Existe, ainda, o efeito-renda no qual mudanças de preços implicarão eventualmente alterações na renda real, induzindo variações na demanda e na produção. Convém notar que as rendas aumentam provavelmente na região de origem  $r$ , assim como na região de destino  $s$ , mas elas podem se elevar ou diminuir nas outras regiões.

Quanto ao impacto espacial sobre o bem-estar e o nível de produção, temos também o funcionamento de um mecanismo causal interessante. Conforme alerta Bröcker (1999), na medida em que têm a capacidade de reduzir distâncias e aumentar a acessibilidade de regiões, novas ligações rodoviárias, ou a melhoria das já existentes, podem gerar perdas de bem-estar social para uma região em particular devido a reorientações de fluxos de comércio em direção a regiões que passam a ter um melhor acesso após a construção das rodovias. Temos, assim, desvios de comércio inter-regional, fazendo com que nem todas as regiões beneficiem-se da queda dos custos de transporte. Uma região que usa pouco uma nova ligação rodoviária, mas que comercia intensamente com regiões que, por sua vez, fazem muito uso da rodovia, poderia presenciar a demanda por seu produto deslocar para outros lugares, que se tornaram mais acessíveis para a

região compradora. Logo, o benefício advindo da redução dos custos de transporte não precisa necessariamente elevar-se em toda a parte.

## 5. RESULTADOS

Quando se implementa a simulação de um experimento contrafactual, os modelos computáveis de equilíbrio geral, sobretudo os de caráter multi-regional, proporcionam uma miríade de resultados numéricos, fruto da interação dos agentes otimizadores atuando em todos os setores e em todas as regiões. Essa é a principal vantagem desse método quantitativo. Entretanto, costuma ser tortuoso para o pesquisador, mesmo tendo em mente o mecanismo causal e o funcionamento lógico do modelo, analisar e interpretar essa copiosa quantidade de resultados numéricos. Com vistas a superar essa dificuldade, é aconselhável construir algumas medidas resumidoras dos resultados.

Neste modelo, a medida resumidora para a eficiência econômica são os *ganhos de bem-estar social*. Os ganhos de bem-estar social medem os ganhos de utilidade das famílias, traduzidos em montantes monetários ou em variação percentual, pelo conceito de variação equivalente. Isso significa descobrir qual mudança na renda hipotética seria necessária efetuar a fim de que as famílias ficassem numa situação na qual a sua utilidade fosse igual à situação anterior, ou seja, a situação de referência (*benchmark*), antes de ocorrer um choque ou uma alteração de política (Bröcker, 1998a).

Além dos ganhos de bem-estar, os resultados serão apresentados na forma de outras duas medidas resumidoras: o índice de preços e o coeficiente de Gini. Esta última medida resume resultados concernentes à equidade regional. Por trás dessas medidas, estão as cadeias causais explicadas na seção anterior.

Os resultados agregados das três simulações, desenvolvidas na seção anterior, estão expostos na tabela 3, em variação percentual com respeito aos valores referenciais de 1996.

**Tabela 3: Resultados Agregados do Modelo MINAS-SPACE**

<i>Indicadores de Resultado</i>	<i>Efeito</i>		
	<i>Tempo de Viagem</i>	<i>Frete</i>	<i>Total</i>
Ganhos de bem-estar social	0,00	0,07	0,07
Coeficiente de Gini	0,04	-0,18	-0,14
Índice de Preços	-0,04	-0,26	-0,30

Fonte: Resultados da pesquisa.

A simulação isolada do efeito-tempo de viagem da duplicação da BR-381 evidencia nenhum ganho de bem-estar social, sinalizando que não surte efeito em termos de eficiência com respeito a um contexto agregado. Além disso, a desigualdade de renda regional, conforme medida pelo coeficiente de Gini, sofre uma pequena piora. Ao melhorar a principal ligação rodoviária nas regiões mais desenvolvidas do Estado, isso têm um efeito perverso sobre a equidade da renda regional. Tal fato ocorre porque as regiões mais desenvolvidas ficam mais acessíveis pela redução dos custos de transporte e

ganham competitividade com relação às outras regiões, reorientando os fluxos de comércio em seu favor.<sup>3</sup>

Com relação ao índice de preços, este registra um decréscimo. Rememorando as cadeias causais detalhadas na seção anterior, isso ocorre porque o efeito de substituição supera o efeito-renda. Em outros termos, a redução direta dos *pool goods* em função da diminuição do custo de transporte compensa a maior demanda das outras regiões, sobretudo as regiões vizinhas mais próximas, pelos bens produzidos pelas regiões que abrigam trechos duplicados.

O efeito-frete, simulado isoladamente, proporciona uma maior eficiência, como indicada pelos ganhos de bem-estar. Essa elevação de eficiência é reforçada por uma redução de 0,26% no índice de preços. Existe, ainda, a promoção da equidade da renda regional, como apontada pela redução do coeficiente de Gini em 0,18%. O impacto maior reflete o fato de que o frete das mercadorias em todas as rotas é reduzido por conta do principal corredor de transporte ter sido melhorado em termos de suas condições rodoviárias.

Claramente, percebe-se por intermédio desses resultados que o efeito-frete é mais forte e domina o efeito-tempo de viagem, que exerce um reduzido efeito agregado na economia de Minas Gerais.

O efeito total da duplicação resulta em ganhos de bem-estar, amplificado pela redução do índice de preços da ordem de 0,30%, pois leva-se, nesta simulação, em consideração tanto o efeito-tempo de viagem quanto o efeito-frete. Evidentemente, o efeito-frete exerce a maior influência na composição do efeito-total. No que tange a equidade regional, o coeficiente de Gini exhibe uma redução de 0,14%, revelando um decréscimo na desigualdade de renda através das regiões.

A tabela 4 exhibe os resultados regionais em termos dos ganhos de bem-estar, em variação percentual com respeito aos valores referenciais de 1996.

Quanto à simulação do efeito-tempo de viagem, os maiores ganhos de bem-estar social localizam-se nas mesorregiões por onde passa a rodovia Fernão Dias duplicada, a saber, Campo das Vertentes, Sul/Sudoeste de Minas e Oeste de Minas (ver mapa 2). As regiões mais próximas da economia paulista têm um impacto maior em virtude do fato de que a melhoria da infra-estrutura auxilia a integrar mercados, promovendo comércio inter-regional e funciona como uma redução das barreiras ao comércio. O Sul/Sudoeste de Minas, que faz fronteira com São Paulo, ostenta a maior elevação de eficiência. Esses ganhos, frutos da influência da distância, são amortecidos à medida que se afasta da economia de São Paulo, cujo tamanho do mercado é o maior do País. Em suma, o que salta à vista, nesta análise, é a resposta assimétrica dos resultados através do espaço.

A Região Metropolitana de Belo Horizonte, por onde também passa a rodovia, apresenta uma pequena perda de bem-estar (0,01%). Todas as outras regiões que não abrigam a rodovia duplicada em seu território sofrem perdas de bem-estar em decorrência de desvios de comércio. Isso acontece por conta das reorientações dos fluxos de comércio para as regiões da área de influência do principal corredor de transporte de Minas Gerais, motivadas pela melhoria rodoviária que reduz custos de transporte e eleva a competitividade dessas regiões beneficiadas.

---

<sup>3</sup> A questão da relação entre o transporte e a equidade regional é sensível ao local onde ocorre. Isso já foi alvo de investigação em Almeida *et al.* (2003).

**Tabela 4: Resultados Regionais do Modelo MINAS-SPACE**

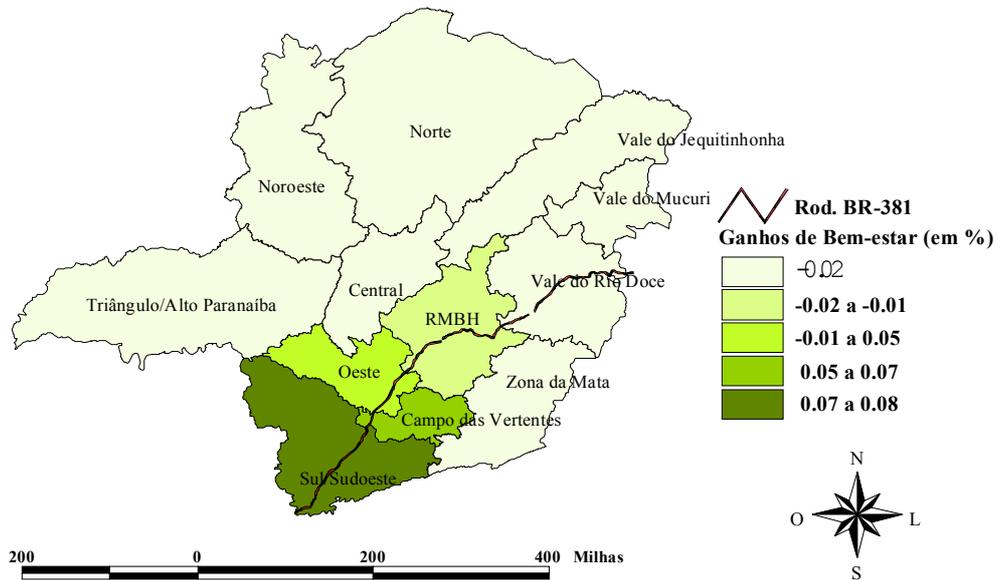
<i>Mesorregiões</i>	<i>Efeito</i>		
	<i>Tempo de Viagem</i>	<i>Frete</i>	<i>Total</i>
Noroeste	-0,02	0,29	0,27
Norte	-0,02	0,25	0,23
Jequitinhonha	-0,02	0,28	0,26
Vale do Mucuri	-0,02	0,32	0,30
Triângulo/Alto Paranaíba	-0,02	0,17	0,16
Central	-0,02	0,08	0,07
RMBH	-0,01	0,02	0,01
Vale do Rio Doce	-0,02	0,20	0,18
Oeste	0,05	0,04	0,08
Sul/Sudoeste	0,08	0,09	0,16
Campo das Vertentes	0,07	0,07	0,14
Zona da Mata	-0,02	0,10	0,09
Média Ponderada	0,00	0,07	0,07
Desvio padrão	0,04	0,11	0,09
Máximo	0,08	0,32	0,30
Mínimo	-0,02	0,02	0,01

Fonte: Resultados da pesquisa.

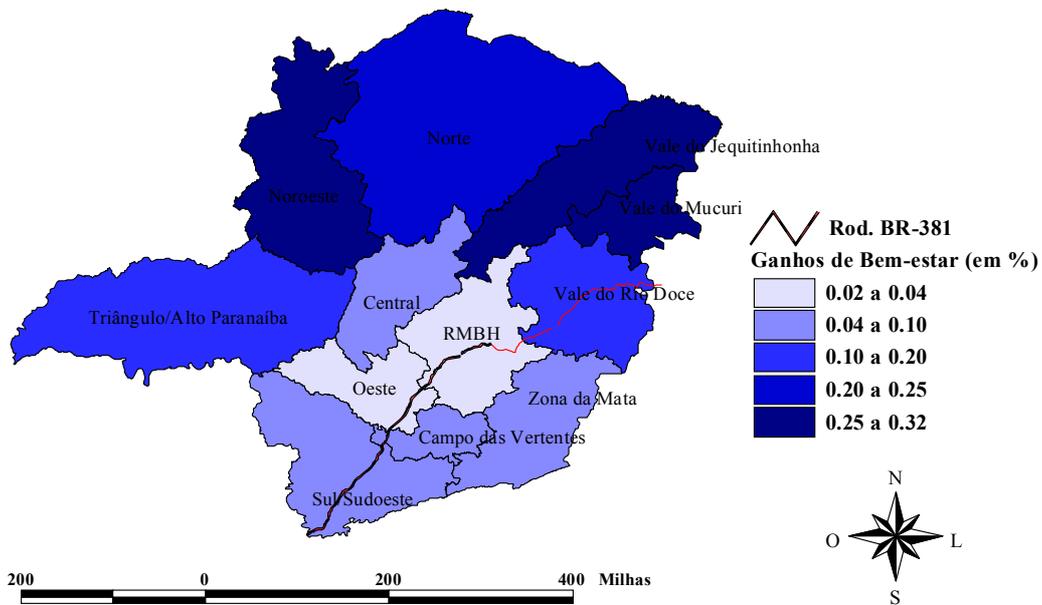
A distribuição espacial dos ganhos de bem-estar para o efeito-frete é apresentada no mapa 3. As regiões menos desenvolvidas de Minas Gerais, tais como Noroeste, Norte, Vale do Jequitinhonha e Vale do Mucuri são mais beneficiadas pela diminuição do frete em decorrência da duplicação da BR-381. Como pode ser notado pelo mapa, o benefício delas supera o das regiões que abrigam a própria rodovia duplicada. A RMBH é a região que apresenta o menor aumento de bem-estar social (0,02%) neste experimento, ao passo que o Vale do Mucuri exibe o maior ganho (0,32%).

Como pode ser visto pelo mapa 4, a distribuição espacial dos ganhos de bem-estar entre as regiões para o efeito-total segue a mesma conformação do efeito-frete, pois este efeito domina o efeito-tempo de viagem. Cabe registrar, ainda, que a mesorregião de melhor desempenho é o Vale do Mucuri (0,30%), ao passo que a mesorregião de pior resultado é a RMBH (0,01%)

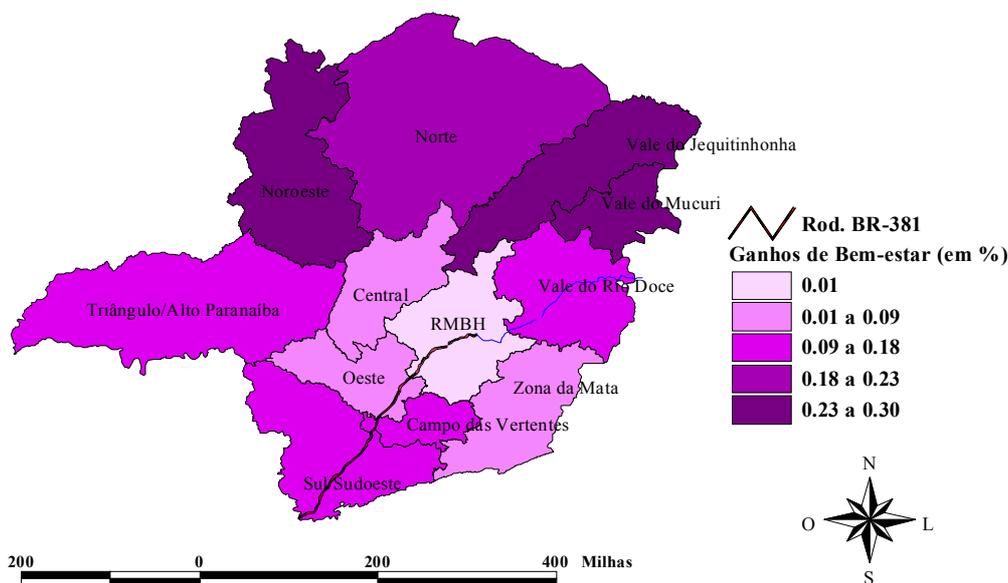
**Mapa 2: Distribuição espacial dos Ganhos de Bem-estar Social para o Experimento Efeito-Tempo de Viagem**



**Mapa 3: Distribuição Espacial dos Ganhos de Bem-estar Social para o Experimento Efeito-Frete**



**Mapa 4: Distribuição Espacial dos Ganhos de Bem-estar Social para o Experimento Efeito-Total**



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados revelam que, em termos agregados, houve um impacto nulo sobre o desempenho econômico do Estado de Minas Gerais com respeito ao efeito-tempo de viagem. Ademais, a redução apenas desse componente também acaba aguçando a desigualdade de renda regional.

Já com relação ao efeito-frete, existem evidências de que esse componente dos custos de transporte exerce uma influência positiva sobre a eficiência do sistema econômico, gerando ganhos de bem-estar social. Além disso, o efeito-frete promove a equidade regional, como medida pelo coeficiente de Gini.

O efeito-total é uma composição dos dois efeitos anteriores. Todavia, o efeito-frete domina plenamente o efeito-tempo de viagem.

Quanto aos efeitos regionais, *grosso modo*, as regiões vencedoras, isto é, aquelas que apresentam resultados acima da média, são mesorregiões por onde cruzam os trechos duplicados da rodovia BR-381. As regiões perdedoras são regiões mais distantes das regiões que abrigam a rodovia e, portanto, sofrem de desvios de comércio provocados pelas reorientações dos fluxos de comércio inter-regional.

De modo geral, pode-se afirmar que a duplicação da rodovia Fernão Dias (BR-381) entre São Paulo e Belo Horizonte representa uma melhoria da infra-estrutura de transportes que ajuda a retirar os óbices para a integração econômica inter-regional, representados pelo tempo de viagem, dependente da distância, e pelo frete.

Possivelmente provocaria um melhor impacto sobre a equidade regional se a duplicação seguisse em frente e incorporasse o restante da rodovia BR-381 na mesorregião do Vale do Rio Doce.

Apesar de ser muito promissora, assim como qualquer método, o modelo EGAE envolve algumas limitações no sentido de não abranger todos os benefícios. Os efeitos de bem-estar regionais resultam apenas do uso da rodovia duplicada para transportar bens e serviços. Os efeitos da construção, financiamento e manutenção não são levados em conta. O benefício da duplicação da BR-381 envolvendo o decréscimo dos acidentes de trânsito também não foi alvo de investigação. Ademais, o modelo não permite que se possa avaliar a influência espacial dos retornos crescentes de escala, sobretudo em alguns segmentos do setor industrial, após a duplicação da rodovia.

## REFERÊNCIAS

Almeida, E. S. **Um Modelo de Equilíbrio Geral Aplicado Espacial para Planejamento e Análise de Políticas de Transporte**. Tese de Doutorado, IPE-USP, São Paulo, 2003.

Almeida, E. S., Haddad, E. A. e Hewings, G. J. D. The transport-regional equity issue revisited. **XXXI Encontro Nacional de Economia da ANPEC**, Salvador, Bahia, 2003.

Almeida, E. S. Quanto Custa o Descaso com as Nossas Estradas? In: **Transporte em Transformação VIII – Trabalhos Vencedores do Prêmio CNT Produção Acadêmica 2003**, 2004 (no prelo).

Armington, P. S. A theory of demand for products distinguished by place of production. **International Monetary Staff Papers**, vol. 16, pp. 159-176, 1969.

BDMG/Fipe, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais/Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. **Matriz Inter-regional de Insumo-Produto: Minas Gerais/Resto do Brasil 1996**. Belo Horizonte, 2001.

Bröcker, J. Operational Spatial Computable General Equilibrium Modeling. **The Annals of Regional Science**, vol. 32, pp. 367-387, 1998a.

Bröcker, J. **Spatial effects of Transeuropean Networks: preliminary results from a spatial computable general equilibrium analysis**. Mimeo. University of Technology, Dresden, 1998b.

Bröcker, J. **Trans-European effects of “Trans-European Networks”: results from a spatial CGE analysis**. Mimeo. Dresden University of Technology, 1999.

Bröcker, J. e Schneider, M. How does economic development in Eastern Europe affect Austria's regions? A multiregional general equilibrium framework. **Journal of Regional Science**, vol. 42, n<sup>o</sup>. 2, pp. 257-285, 2002.

Cesar, R. V. **Redes de Transporte e Organização Espacial em Minas Gerais (1992): Um Estudo Exploratório**. Dissertação de Mestrado, PUC-MG, Belo Horizonte, 1999.

Domingues, E. P. e Haddad, E. A., (2002). Matriz inter-regional de insumo-produto Minas Gerais/Resto do Brasil: estimação e extensão para exportações. **Anais do X Seminário sobre a Economia Mineira**, Diamantina. BDMG/Fipe

**Duplicação da Rodovia BR-381/MG/SP – Fernão Dias Trecho: Belo Horizonte-São Paulo**. Solicitação de Empréstimo ao Banco Interamericano de Desenvolvimento, DNER/DER-MG/DER-SP, novembro de 1992.

Guilhoto, J. J. M. **Um modelo computável de equilíbrio geral para planejamento e análise de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira**. Tese de Livre Docência, ESALQ/USP, Piracicaba, 1995.

Nijkamp, P. **Handbook of regional and urban economics: vol. I – Regional Economics**. North-Holland, Amsterdam, 1986.

Samuelson, P. The transfer problem and transport costs, II: analysis of effects of trade impediments. **The Economic Journal**, vol. 64, n. 254, pp. 264-289, 1954.