

Danielle Pinto Costa Vieira

**ANÁLISE ECONÔMICA REGIONAL DE PROJETOS
DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA NO BRASIL**

Belo Horizonte, MG
UFMG/Cedeplar
2011

Danielle Pinto Costa Vieira

ANÁLISE ECONÔMICA REGIONAL DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA NO BRASIL

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Economia Regional e Urbana

Orientador: Edson Paulo Domingues

Belo Horizonte, MG
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional
Faculdade de Ciências Econômicas - UFMG
2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação representa a realização de um sonho, adiado por cinco anos, e contou com a participação de muitas pessoas.

Como em todas minhas conquistas, esta também não seria possível sem o apoio da minha família. Agradeço o amor e a dedicação dos meus pais e meus irmãos. À Carol e à Cris, por estarem ao meu lado fisicamente, agradeço a paciência e a compreensão nos momentos de maior tensão.

Ao professor Edson Domingues, sou extremamente grata pela orientação, pelo empenho e, em especial, pela tranquilidade transmitida no decorrer de todo o trabalho.

Do apoio técnico ao emocional, agradeço ao João, meu principal colaborador, que, por inúmeras vezes, abriu mão de suas obrigações e seu lazer para ajudar-me. Obrigada pelo companheirismo, pela paciência, pelo carinho e pela direta contribuição a este trabalho.

Agradeço aos professores e aos funcionários do Cedeplar, pelo pleno apoio durante meu curso de mestrado e por propiciarem ambiente favorável ao desenvolvimento acadêmico. Por diversas vezes, precisei do auxílio e da compressão de membros do Cedeplar e, em todos os momentos, minhas demandas foram atendidas.

De forma geral, agradeço ao DNIT - à Sede e à Superintendência Regional do Estado de Minas Gerais - por tornar possível a realização do curso de mestrado. Ao Sidney e ao Adailton, sou grata pela compreensão e pelo apoio constante. Ao Alvaro, agradeço por compartilhar sua experiência e pelo exemplo profissional.

Conciliar o estudo e o trabalho somente foi possível, porque pude contar com ajuda dos meus queridos amigos de mestrado. Ao Thiago e aos meus colegas de gabinete, Elton e Fabrício, não poderia deixar de agradecer pela generosidade e amizade. Aos amigos de Moc, BH, Brasília (Casa Nacional) e Palmas, agradeço o carinho e a compreensão pelas inúmeras ausências.

RESUMO

A literatura especializada aponta o setor de infraestrutura de transporte como a força motriz para o desenvolvimento e para o crescimento econômico. Diante disso, este trabalho procurou aprimorar a metodologia dedicada à avaliação de investimentos em transporte rodoviário. No primeiro momento, foi realizada a análise de duas obras de pavimentação, uma no Estado de Minas Gerais e outra no Piauí, por meio da utilização da metodologia praticada no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) que consiste no cálculo dos benefícios diretos de acordo com modelo de transporte *Highway Development and Management* (HDM). Os primeiros resultados apontaram para a viabilidade econômica do empreendimento mineiro e inviabilidade do projeto no Piauí. Posteriormente, foram realizadas análises do impacto das obras por meio no modelo de equilíbrio geral *Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model-Brazil* (IMAGEM-B), com alguns dados obtidos nas análises no HDM, e foram mensurados os benefícios indiretos de cada projeto. A partir da abordagem unificada foi possível avaliar, de maneira mais substancial, o impacto socioeconômico de investimentos em infraestrutura de transporte rodoviário nas duas regiões. Ao unificar os resultados dos modelos, estimou-se que a obra rodoviária piauiense traria maiores benefícios à economia local.

Palavras-chave: infraestrutura de transporte, economia regional, modelo de equilíbrio geral computável, modelo HDM.

ABSTRACT

The specialized literature points towards the transportation infrastructure sector as being the driving force of the development and growth of the economy. With this in mind, this dissertation attempts to improve the methodology used to evaluate investments in roads. At first, two road investment projects, one in the state of Minas Gerais and another in the state of Piauí, were analyzed using the methodology adopted by Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) which is composed of the calculations of the direct benefits according to the Highway Development and Management model (HDM). The first results pointed towards the economic viability of the project in Minas Gerais and non-viability of the one in Piauí. Later, analysis of the impact of road construction were carried out using the Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model-Brazil (IMAGEM-B), with the data obtained from the HDM analysis, and the indirect benefits of the each project were measured. Using the integrated approach, it was possible to evaluate, in a more substantial manner, the social and economic impact of the investments in transportation infrastructure of both regions. By combining the results of the models, it was estimated that the road construction in Piauí would bring greater benefits to the local economy.

Keywords: transportation infrastructure, regional economics, computable general equilibrium model, HDM model.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- B/C - Relação Custo – Benefício
- CEDEPLAR - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional
- CES - Elasticidade de substituição constante
- DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
- DPP - Diretoria de Planejamento e Pesquisa/DNIT
- EGC - Equilíbrio Geral Computável
- EMATER - Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural (do Piauí)
- EVTEA - Estudos de Viabilidade Técnica-Econômica e Ambiental
- FBCF - Formação Bruta de Capital Fixo
- GEIPOT - Grupo Executivo para a Integração das Políticas de Transportes ou Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
- HDM - Highway Development and Management
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IMAGEM-B - Integrated Multi-Regional Applied General Equilibrium Model for Brazil
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- OD - Pesquisa de Origem e Destino
- PAC - Programa de Aceleração do Crescimento
- PGVN - Plano Geral Nacional de Viação
- PIB - Produto Interno Bruto
- PMI - Produtividade Marginal dos Investimentos
- PNLT - Plano Nacional de Logística de Transportes
- PNV - Plano de Viação
- TERM - The Enormous Regional Model
- TIR - Taxa Interna de Retorno
- VP - Valor Presente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. PLANEJAMENTO DA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA NO BRASIL	3
2.1. Planejamento e Investimento em infraestrutura de transporte rodoviário	4
2.2. Ferramentas de análise do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte.....	10
2.3. Modelagens aplicadas a avaliações de infraestrutura de transporte	14
3. MODELO DE TRANSPORTE (HDM-4).....	18
3.1. Histórico	18
3.2. Metodologia.....	20
3.3. Estudos de caso - Minas Gerais e Piauí	25
3.3.1. Descrição das intervenções rodoviárias selecionadas e suas respectivas áreas de influência	29
3.3.1.1. Minas Gerais.....	30
3.3.1.2. Piauí	32
3.4. Resultados HDM.....	35
3.4.1. Análise Minas Gerais	37
3.4.1.1. Dados de Entrada.....	37
3.4.1.2. Indicadores de Viabilidade Econômica	40
3.4.2. Análise Piauí.....	41
3.4.2.1. Dados de Entrada.....	41
3.4.2.2. Indicadores de Viabilidade Econômica	46
4. MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL (IMAGEM-B) E SUA INTERAÇÃO COM O HDM-4	47
4.1. Antecedentes	47
4.2. O modelo IMAGEM-B.....	52
4.3. Estrutura teórica e aplicada do modelo IMAGEM-B.....	53
4.3.1. Mecanismo de composição por origem das demandas regionais	54
4.3.2. Tecnologia de produção setorial.....	57
4.3.3. Demanda das famílias.....	57
4.3.4. Demanda por investimentos	58
4.3.5. Demanda por exportações do governo e estoques.....	58
4.3.6. Mercado de Trabalho.....	59

4.3.7. Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preço de compra	60
4.3.8. Modelo de decomposição municipal	60
4.3.9. Base de dados e parâmetros	61
4.3.10. Método de Solução	66
4.4. Fechamentos e Simulações	66
4.5. Interação entre os modelos IMAGEM-B e HDM-4.....	68
4.5.1. Choques da Fase de Construção.....	69
4.5.2. Choques da Fase de Operação.....	70
5. RESULTADOS E COMPARAÇÕES	74
5.1. Resultados Estaduais	75
5.2. Resultados Setoriais.....	78
5.3. Resultados Municipais	79
5.4. Produtividade Marginal dos Investimentos	80
5.5. Comparações – Resultados HDM e IMAGEM-B.....	83
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS	89
ANEXO A - Dados de Entrada para o Cálculo de Custo Operacional de Veículos e Tempo de Viagem (HDM-4).....	93
ANEXO B - Estimativas das Elasticidades de Comércio Regionais	94
ANEXO C - Setores do IMAGEM-B.....	95
ANEXO D - Equações comportamentais do IMAGEM-B.....	97

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 2. 1 - Organograma do DNIT	11
FIGURA 3. 1 - Malha Rodoviária - Minas Gerais	27
FIGURA 3. 2 - Malha Rodoviária – Piauí.....	28
FIGURA 3. 3 - Malha Rodoviária Analisada – Minas Gerais.....	38
FIGURA 3. 4 - Malha Rodoviária Analisada - Piauí	43
FIGURA 4. 1 - Desenvolvimento Histórico.....	48
FIGURA 4. 2 - Mecanismo de composição da demanda no modelo IMAGEM-B.....	55
FIGURA 4. 3 - Construção da base de dados do modelo IMAGEM-B	62
FIGURA 4. 4 - Fluxo do banco de dados do modelo IMAGEM-B	63
FIGURA 4. 5 - Interação do modelo de transporte (HDM-4) com o modelo de equilíbrio geral computável (IMAGEM-B)	69
FIGURA 5. 1 - Trajetórias Temporais do PIB Estadual.....	81
FIGURA 5. 2 - Benefícios diretos obtidos por meio do HDM.....	84
FIGURA 5. 3 - Benefícios indiretos (Fase de Construção) – interação entre os modelos	85
TABELA 3. 1 - Desenvolvimento do HDM-II e do HDM-III, período 1969-1995.....	19
TABELA 3. 2 - Melhoras Técnicas do HDM-4	20
TABELA 3. 3 - Ciclo de Análise do HDM-4.....	24
TABELA 3. 4 - Rede do Plano Nacional de Viação – Versão 2010.....	26
TABELA 3. 5 - Níveis de Renda Estaduais, 2007 e 2008.....	29
TABELA 3. 6 - Intervenção rodoviária - Minas Gerais	30
TABELA 3. 7 - Produção de café, 2003-2007	31
TABELA 3. 8 - População e PIB Per Capita dos municípios da área de influência direta da obra – Minas Gerais.....	32
TABELA 3. 9 - Intervenção rodoviária – Piauí.....	32
TABELA 3. 10 - Produção de soja, 2003-2007	34
TABELA 3. 11 - População e PIB Per Capita dos municípios da área de influência direta da obra - Piauí	34

TABELA 3. 12 - Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) – Municípios de Minas Gerais e Piauí (1991 e 2000)	35
TABELA 3. 13 - Análise no HDM - Cenários e Custos	37
TABELA 3. 14 - Caracterização dos segmentos analisados	39
TABELA 3. 15 - Indicadores de Viabilidade Econômica do projeto mineiro	40
TABELA 3. 16 - Resultado HDM-4 (R\$ milhões) – Análise Minas Gerais.....	41
TABELA 3. 17 - Análise no HDM - Cenários e Custos	42
TABELA 3. 18 - Caracterização dos segmentos analisados	44
TABELA 3. 19 - Indicadores de Viabilidade Econômica do projeto piauiense.....	46
TABELA 3. 20 - Resultado HDM-4 (R\$ milhões) – Análise Piauí.....	46
TABELA 4. 1 - Choques de investimento das obras rodoviárias em cada estado	70
TABELA 4. 2 - Choques no custo de transporte	71
TABELA 5. 1 - Resultados Estaduais de Impacto - Minas Gerais.....	75
TABELA 5. 2 - Resultados Estaduais de Impacto - Piauí.....	76
TABELA 5. 3 - Resultados Setoriais de Impacto - Minas Gerais.....	78
TABELA 5. 4 - Resultados Setoriais de Impacto - Piauí	79
TABELA 5. 5 - Resultados Municipais de Impacto - Minas Gerais.....	79
TABELA 5. 6 - Resultados Municipais de Impacto - Piauí	80
TABELA 5. 7 - Produtividade Marginal dos Investimentos - Minas Gerais	82
TABELA 5. 8 - Produtividade Marginal dos Investimentos - Piauí	83

1. INTRODUÇÃO

O conceito de infraestrutura está fortemente relacionado à idéia de capital social fixo, com restrita mobilidade, altos investimentos e dispersão do consumo. As dificuldades encontradas para alcançar padrões satisfatórios nessa área, entretanto, contrapõem-se a sua essencialidade. A definição da área de infraestrutura percorre importantes setores da economia, como energia, telecomunicações e transportes.

Os setores de infraestrutura possuem a capacidade de gerar riqueza em magnitude muito superior aos valores investidos neles próprios, em função do aumento da produtividade e da geração de economias de escala. Os investimentos especificamente na área de transporte permitem ampliar potencialidades regionais ao reduzir os custos de transporte, o que gera vantagens competitivas, ganhos de produtividade e de acessibilidade para determinada região. Esse tipo de investimento resulta em melhorias da condição de vida da população local.

No Brasil, por muito tempo, o investimento em infraestrutura deixou de ser considerado prioritário em razão da política de contenção fiscal. O recente redirecionamento dos programas de governo procurou alterar esse cenário, porém, tendo como pressuposto a importância do investimento em infraestrutura para o desenvolvimento e para o crescimento econômico, esse setor ainda carece de uma efetiva política de longo prazo. Em linhas gerais, o Brasil precisa planejar suas ações de acordo com ordenamento prioritário decorrente de análises econômicas regionais de projetos.

Dada a relevância da infraestrutura de transporte para o País, a metodologia proposta, neste trabalho, objetiva avaliar o efeito da implantação de obras rodoviárias com um modelo de equilíbrio geral computável (EGC), utilizado para projetar os benefícios indiretos (impacto na economia regional) e os diretos (redução de custos de transporte para os usuários da via), por meio de um modelo de transporte. A partir dessa abordagem unificada, espera analisar-se de forma mais completa o impacto de investimentos em infraestrutura de transporte rodoviário sobre a economia local.

A fim de exemplificar a potencialidade da utilização dessa metodologia, foram selecionados dois projetos de intervenção rodoviária, a saber: Obra de Pavimentação da Rodovia BR-

146/MG, no Estado de Minas Gerais, e Obra de Pavimentação da Rodovia BR-135/PI, no Estado do Piauí.

A estrutura desta dissertação está organizada em seis capítulos, a começar por esta introdução. O capítulo 2 descreve as políticas de planejamento da infraestrutura de transporte adotadas no Brasil e as ferramentas de análise de projetos rodoviários. A seção 3 dedica-se ao modelo de transporte, *Highway Development and Management* (HDM), e apresenta sua origem e sua metodologia. Descreve, ainda, as análises dos projetos rodoviários de Minas Gerais e Piauí, bem como seus resultados nesse modelo. O quarto tópico contém a metodologia que complementarará a análise realizada no HDM. Trata-se do modelo *Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model-Brazil* (IMAGEM-B). Nesse capítulo, exibe aplicações do modelo em trabalhos anteriores relevantes, sua especificação e as simulações realizadas. No capítulo 5, são apresentadas as interpretações dos principais resultados obtidos no IMAGEM-B e, em seguida, efetuada a comparação entre os resultados dos dois modelos. O último capítulo consiste nas considerações finais do trabalho.

2. PLANEJAMENTO DA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA NO BRASIL

O investimento em infraestrutura possui especificidades que tornam imprescindível a atuação do setor público. Normalmente, envolvem obras de grande vulto, de longa duração e de capital intensivo. Muitas vezes, a infraestrutura é denominada como capital social fixo, ou seja, um bem público capaz de contribuir com o aumento da eficiência da sociedade, possibilitando seu desenvolvimento. Nesse sentido, a infraestrutura assume um importante papel na explicação das disparidades regionais. Investimento, nessa área, por períodos relativamente longos, é condição necessária tanto ao crescimento econômico como para ganhos sustentados de competitividade.

Segundo Ferreira (1996, p. 231), melhores estradas, energia e comunicação abundante e barata elevam o produto e, conseqüentemente, implicam maior produtividade dos fatores privados e reduzem o custo por unidade de insumo. A maior produtividade, por sua vez, é traduzida em incremento da remuneração dos fatores e, desta forma, estimula o investimento e o emprego. A infraestrutura pode também provocar um *crowding in*, na medida em que dá condições para o investimento privado instalar-se e, mais especificamente no caso de transportes, importar o insumo e escoar a produção.

Ferreira (1996) estimou, utilizando o método de co-integração, a elasticidade de longo prazo entre o produto interno bruto e as medidas alternativas de estoque de infraestrutura em geral. Os resultados indicam elasticidade significativa e de dimensões relevantes, em torno de 0,70. Ao examinar apenas o transporte rodoviário, calcula-se que a má conservação das estradas de rodagem aumente em 38% o custo de fretes e, em 35% o consumo de combustível, além disso, o tempo de deslocamento provavelmente será maior, sem levar em consideração o custo em vidas humanas resultante de acidentes nas rodovias brasileiras.

Por essas razões, o efetivo planejamento da área de infraestrutura é uma questão estratégica para o setor público e para o País. A ausência de um planejamento de longo prazo, e de uma ordenação clara e tecnicamente justificada de prioridades, implica a tomada de decisão a partir de um número insuficiente de informações, muitas vezes respeitando a lógica do ciclo político, sujeita a falhas e gastos indevidos e desordenados, que podem comprometer a

economia do País. Recursos públicos podem deixar de ser aplicados, ou serem gastos de forma insatisfatória, em áreas vitais para a economia brasileira em consequência de deficiências nas ações de planejamento.

A seguir, serão apontados os mecanismos de planejamento do governo federal no setor de transportes rodoviários desde seus primeiros ensaios às práticas atuais.

2.1. Planejamento e Investimento em infraestrutura de transporte rodoviário

Medidas voltadas à prática de planejamento na área de infraestrutura de transporte no Brasil não são tão recentes quanto se imagina, apesar das atividades incipientes serem consideradas meras tentativas de priorização de projetos e ações. A adoção de planos de viação, de uma forma ou de outra, sempre esteve em pauta na agenda governamental. A formalização de plano de viação, no entanto, só ocorreu em 1934 com a criação, pelo Governo Getúlio Vargas, do Plano Geral Nacional de Viação (PGVN). Esse foi o primeiro projeto nacional para os transportes aprovado oficialmente. Possuía natureza multimodal, porém, a prioridade conferida pelo governo à modalidade rodoviária já começava, desde então, a se revelar.

A revisão do PGVN foi encaminhada para aprovação em 1948 e transformou-se no Plano de Viação (PNV) de 1951, composto pelos Sistemas Ferroviário, Rodoviário, Fluvial, Marítimo e, o novo modo de transporte, Aeroviário. Apesar de sua real necessidade e de seu caráter eminentemente técnico, o PNV de 1951 não chegou a ser formalmente aprovado pelo Governo Federal. Em 1956, com o grande número de reivindicações ao processo de revisão do PGVN/1934, o Governo Juscelino Kubitscheck, tendo em vista a urgência do seu Programa de Metas, aprovou, por lei, o Plano Rodoviário Nacional e o Plano Ferroviário Nacional.

Em 1957, no Governo JK, o desenvolvimento do transporte rodoviário no Brasil deve-se à implantação de uma indústria automobilística nacional e à decisão de construir a nova capital federal no interior do País. Em 1964, o governo militar instituiu novo PNV, já com as prioridades de integrar o País a partir de Brasília e de garantir o escoamento da produção. Até então, o Plano Geral Nacional de Viação em vigor ainda era o aprovado em 1934, com as alterações introduzidas pelos planos provisórios de 1956.

O PNV de 1964 apresentou-se como peça fundamental para a formação de uma política de transportes, uma vez que definia a localização dos elementos de infraestrutura de todos os sistemas de viação. A demarcação geográfica de vias e terminais permitia a circulação nacional de bens e pessoas, capaz de atender às demandas de bem-estar e segurança do País.

No início da Ditadura Militar, em 1965, foi criado o Grupo Executivo para a Integração das Políticas de Transportes (GEIPOT) pelo Decreto 57.003/1965, que intensificou a elaboração de planos específicos para as diversas modalidades de transportes. O propósito do GEIPOT era auxiliar o governo na condução da política de transportes por meio da elaboração de estudos e projetos voltados à criação de corredores de exportação. Os estudos consistiam em análises dos quantitativos de produção, da característica da carga, das exigências quanto à sazonalidade, etc.

Esses estudos permitiram firmar contratos internacionais voltados à cooperação técnica para conservação de estradas e produção de melhorias em interseções rodoviárias, dentre outros temas. Como consequência dos bons resultados alcançados, o GEIPOT tornou-se centro de referência internacional para os estudos de transportes no Brasil.

Em agosto de 1973, Lei 5.908 (BRASIL, 1973a), o Poder Executivo transformou o Grupo de Estudos para Integração da Política de Transportes em empresa pública, sob a denominação de Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT)¹. A Empresa tinha por objetivo dar apoio técnico e administrativo aos órgãos do Poder Executivo que possuía atribuições de formular, orientar, coordenar e executar a política nacional de transportes, bem como promover, executar e coordenar atividades de estudos e pesquisas necessárias ao planejamento de transportes no País, competindo-lhe, inclusive, realizar estudos de viabilidade técnico-econômica.

No mesmo ano, a Presidência da República, por meio da Lei Nº 5.917/73 (BRASIL, 1973b), aprovou o Plano Nacional de Viação, conceituando os sistemas nacionais rodoviários, ferroviários, aquaviários, portuários e aeroaviários. Nessa Lei, estabeleceu-se a necessidade de estudos econômicos para justificar a priorização de obras de transporte. Artigo 3º, incisos “f” e “i”:

¹ Foi mantida a sigla GEIPOT

f) a execução das obras referentes ao Sistema Nacional de Viação, especialmente as previstas no Plano Nacional de Viação, deverá ser realizada em função da existência prévia de estudos econômicos, que se ajustem às peculiaridades locais, que justifiquem sua prioridade e de projetos de engenharia finais;

i) tanto os investimentos na infra-estrutura como a operação dos serviços de transportes reger-se-ão por critérios econômicos; ressalvam-se apenas as necessidades imperiosas ligadas à Segurança Nacional, e as de caráter social, inadiáveis, definidas e justificadas como tais pelas autoridades competentes, vinculando-se, porém, sempre aos menores custos, e levadas em conta alternativas possíveis;

Durante praticamente quatro décadas, o GEIPOT assessorou o Poder Executivo, sob a orientação e aprovação do Ministério dos Transportes, no planejamento, na formulação e na avaliação das políticas públicas do setor, o que lhe permitiu constituir corpo técnico altamente qualificado, com visão global do processo decisório do Estado, e valioso acervo de informações e conhecimentos. Isso possibilitou que o Ministério dos Transportes fosse considerado referência em planejamento de longo prazo.

Esse reconhecimento começou nos primórdios do GEIPOT, em 1965, época do *Brazil Transport Survey*, pioneiro estudo do sistema brasileiro de transportes financiado pelo Banco Mundial, chegando até o Programa de Desenvolvimento do Setor de Transportes – PRODEST, de 1986, plano multimodal que inovou com a participação dos secretários de transportes dos estados brasileiros. A partir da década de 90, entretanto, o planejamento de transportes sofreu progressivo processo de esvaziamento.

Com a instalação das Agências Reguladoras e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), o GEIPOT entrou em processo de liquidação, de acordo com o Decreto nº 4.135, de 20.2.2002 (publicado no Diário Oficial da União do dia 21 subsequente). Na visão de Frischtak (2008, p. 330), compartilhada por muitos, a extinção da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes resultou no declínio da capacidade de planejamento e programação estruturada dos investimentos no setor de transportes. A melhoria e a articulação entre os modais de transporte sofreram grande perda de informação e inteligência setorial.

Associada à deterioração das ferramentas de planejamento, observa-se abrupta queda no volume de investimentos em transporte rodoviário. A crise do modelo de financiamento do Estado via endividamento externo, a Constituição de 1988, e a decorrente expansão de gastos

e transferências, e o fim do imposto inflacionário com a implantação do Plano Real impuseram considerável queda nos investimentos totais da União. De acordo com Garcia (1996, p. 07), a participação da União no investimento total das administrações diretas caiu de 33,2%, entre 1986 a 1988, para apenas 16,9%, entre 1991 e 1993. Isso contribuiu para a geração de enormes gargalos no setor de infraestrutura e, dada a importância do modal rodoviário no Brasil (cerca de 56% do transporte de carga é feito por rodovias, contra 30% na Europa e nos EUA), a situação precária das rodovias brasileira teve impacto particularmente deletério sobre a atividade produtiva.

Nesse período, era evidente que, se a tendência de queda de investimentos públicos na área de infraestrutura não fosse revertida brevemente, as taxas de crescimento econômico e de produtividade da economia brasileira iriam deparar-se com limites rígidos (FERREIRA, 1996, p. 251).

Como alternativa para a escassez de recursos para investimentos no setor de transporte, em meados da década de 90, o governo federal promoveu a modernização dos instrumentos normativos relacionados ao setor, viabilizando novos mecanismos a fim de efetivar parcerias público-privadas.

Entre 1996 e 1998, foram realizadas privatizações de rodovias, o que causou uma mudança estrutural em termos de eixos produtivos e configuração institucional do setor. Apenas no ano de 1993, cerca de 855 quilômetros da extensão da malha rodoviária que era “pedagiada” diretamente pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER)² foi concedida à iniciativa privada, por meio da licitação de cinco trechos, assim, deu-se início ao Programa de Concessão das Rodovias no País.

Esse programa de concessões gerou, além do reaparelhamento e da manutenção da infraestrutura existente, a ampliação e a modernização do complexo viário, incluindo duplicações, trechos novos, terceiras faixas, faixas adicionais/marginais e entroncamentos.

² Em 1937, Getúlio Vargas transformou a, até então existente, Comissão de Estradas de Rodagem Federal em departamento autônomo, que passou a constituir o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. Esse órgão tornou-se responsável pela gerência da malha rodoviária, o que incluía os programas de construção e conservação de rodovias. O novo departamento, porém, somente foi organizado estruturalmente em 1945, quando ganhou autonomia administrativa e financeira. Com a criação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) em 2001, o DNER foi extinto e sua estrutura, incorporada ao DNIT.

Sob o ponto de vista do investimento, estima-se a aplicação de R\$ 7,5 bilhões, até 2004, em projetos apoiados pelo BNDES (num total de 29 concessões). Esse programa, entretanto, não supriu às necessidades de investimento do setor e apresentou alta concentração regional (sudeste/sul).

Passados praticamente duas décadas de absoluta ausência de um sistema de planejamento estratégico, sistemático, com visão de médio e longo prazo, baseado em estudos consistentes de demanda, o Ministério dos Transportes elaborou o PNLT - Plano Nacional de Logística e Transportes, em parceria com o Ministério da Defesa, por intermédio do CENTRAN - Centro de Excelência em Engenharia de Transportes, em abril 2007.

O PNLT, a princípio, não se tratava apenas de um plano de governo, pretendia ir muito além disso. Objetivava ser uma proposta para o Estado brasileiro, destinada a subsidiar a elaboração dos próximos quatro Planos Plurianuais – PPAs. No entendimento do PNLT, um efetivo planejamento da infraestrutura ultrapassa, consideravelmente, o horizonte temporal de quatro anos do PPA. Na sua elaboração, levou-se em consideração aspectos logísticos; integração com o planejamento territorial; respeito ao meio ambiente; abordagem de projetos de âmbito político, voltados à redução de desigualdades regionais, à indução ao desenvolvimento, à integração continental e à segurança nacional. Por fim, representava um ambicioso processo de planejamento permanente.

O governo federal lançou, em janeiro de 2007, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), baseado nas orientações do PNLT. O PAC, por sua vez, constituiu plano de governo que englobava um conjunto de políticas econômicas, planejadas para os quatro anos seguintes, e que tinha como objetivo acelerar o crescimento econômico do Brasil. O programa inicialmente previa investimentos totais de R\$ 503,9 bilhões até 2010 (BRASIL, [2007?]) e era composto por medidas de estímulo ao investimento privado e à ampliação dos investimentos públicos em infraestrutura. Previa ainda a melhoria da qualidade do gasto público e o controle da expansão dos gastos correntes no âmbito da Administração Pública Federal.

O PNLT, no entanto, ofereceu visão mais completa e integrada que o PAC. Aquele possuía perspectiva temporal de 15 anos, tempo minimamente necessário para a transformação relevante da matriz de transporte no país. Em termos práticos, porém, ambos ficaram aquém

da dimensão proposta, apesar de terem gerado importantes efeitos na política pública de transporte do país.

Segundo Frischtak (2008), o planejamento é um processo que supõe vontade política para fazer crível o que foi projetado. Esse processo requer memória, acumulação de recursos, capacidade de execução, numa institucionalidade hoje inexistente. Os problemas enfrentados na condução do PNLТ demonstraram a pouca força política do Ministério dos Transportes.

O levantamento realizado pelo Contas Abertas³, a partir dos relatórios estaduais divulgados, em 19 de março de 2010, pelo comitê gestor do Programa de Aceleração do Crescimento, revelou que 1.378 projetos foram concluídos após três anos de existência do programa. O número, que inclui três eixos: infraestrutura logística, energética e social-urbana, representa 11,3% do total de ações. Na área de logística, os resultados foram melhores. Das 1.575 ações monitoradas em dezembro de 2009, 59% estavam concluídas; 36% avançavam em ritmo adequado; 4% indicavam atenção; e 1% eram preocupantes. Em valor monetário, as concluídas representavam 39%; as adequadas, 57%; as em atenção, 3%; e as preocupantes, 1%.

Muito embora o PNLТ e o PAC apresentem resultados abaixo do esperado, avançam no sentido de representarem propostas concretas de um planejamento estratégico. O obstáculo é justamente o apontado por Frischtak (2008): interligar o planejamento à execução. Desta maneira, o papel do DNIT, como órgão executor da política pública de transporte, torna-se indispensável à condução desses programas. Esse órgão deve ser capaz de seguir às diretrizes do planejamento governamental, ordenando adequadamente suas ações.

Com esse intuito, torna-se de suma importância o aprimoramento das ferramentas de análise dos empreendimentos rodoviários, utilizadas por essa autarquia federal. No próximo tópico, serão apresentadas as atuais ferramentas de análise utilizadas no DNIT e, a partir disso, serão apontadas as deficiências de tais instrumentos.

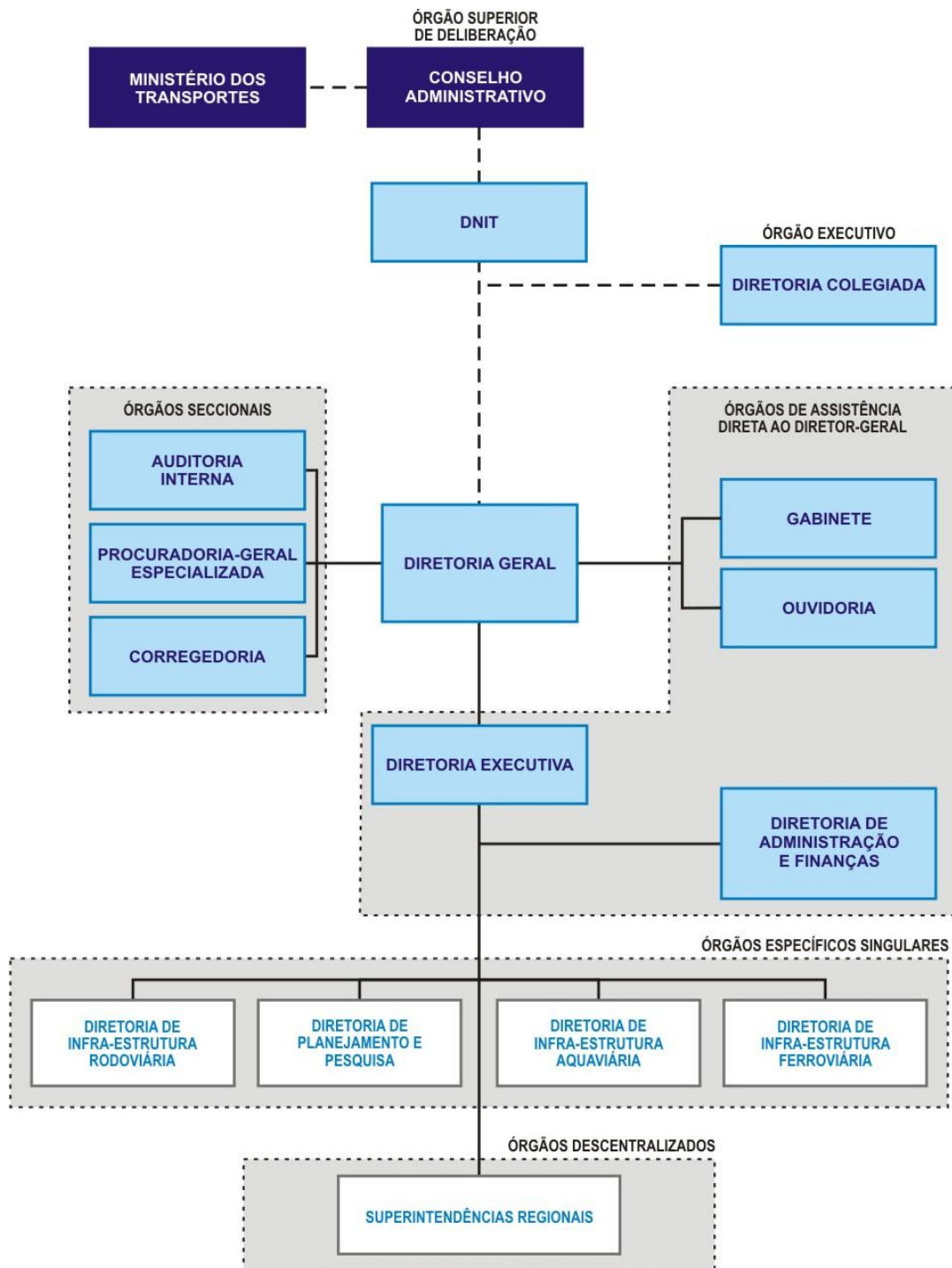
³ O Contas Abertas é uma entidade da sociedade civil, sem fins lucrativos cujo objetivo é oferecer subsídio permanente para o desenvolvimento, o aprimoramento, a fiscalização, o acompanhamento e a divulgação das execuções orçamentária, financeira e contábil do setor público.

2.2. Ferramentas de análise do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

Num cenário de escassez de investimentos e planejamento por seguidos anos, foi reestruturado o sistema de transportes terrestre e aquaviário do Brasil. Criou-se, em 2001, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O DNIT é o órgão, vinculado ao Ministério dos Transportes, responsável pela manutenção, ampliação, construção, fiscalização, e elaboração de estudos técnicos para a resolução de problemas relacionados ao Sistema Federal de Viação como também do tráfego multimodal de pessoas e bens.

O DNIT possui a seguinte estrutura organizacional: Gabinete; Diretoria Executiva; Diretoria de Administração e Finanças; Diretoria de Planejamento e Pesquisa; Diretoria de Infraestrutura Rodoviária; Diretoria de Infraestrutura Ferroviária; Diretoria de Infraestrutura Aquaviária. A Diretoria de Planejamento e Pesquisa (DPP), em especial, é encarregada de planejar a atuação do órgão e tem como atribuição contratar e acompanhar a elaboração dos estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA), dos projetos de engenharia, além de ser responsável pela obtenção da licença prévia (LP) ambiental. O esquema do organograma do DNIT é apresentado na FIG. 2.1.

FIGURA 2.1 - Organograma do DNIT



Fonte: <http://www.dnit.gov.br/institucional/organograma/imagens-organograma/Organogramageral.jpg>

Após quase uma década de sua criação, de acordo com Frischtak (2008, p. 331), o DNIT ainda permanece distante de um órgão com capacidade efetiva de implantação das políticas e programas de investimento. O órgão apresenta um modelo de gestão falho, o que possibilita o atendimento de demandas imediatistas e a priorização de ações seguindo o ordenamento político. A DPP não utiliza, de forma sistematizada, instrumentos técnicos de planejamento

para a seleção e priorização de obras cujos projetos devam ser iniciados. Em geral, o planejamento não é guiado de maneira esquematizada, conseqüentemente, o DNIT atua de forma desconexa, buscando resolver os problemas à medida que os mesmos surgem.

Como o intuito de reestruturar a área de planejamento, o Governo Federal buscou redefinir as normas para análise de prioridade das obras. Por meio da Portaria DNIT nº 1.705, de 14/11/2007, determinou-se que obras de Infraestrutura Aquaviária, Ferroviária e Rodoviária (com ou sem pavimentação) somente poderiam ser licitadas após a realização de Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA), e determinou que a Diretoria de Planejamento e Pesquisa deliberaria sobre a forma de estudo a ser realizada, após justificativa da área competente. Já no caso de obras de manutenção (restauração, recuperação ou conservação, dragagem de manutenção hidroviária, restauração de leito e superestrutura ferroviária), por ser obrigação do Estado a manutenção de seu patrimônio, não seriam necessários estudos de viabilidade.

Em conformidade com a Portaria nº 1.705, a DPP elaborou a Instrução de Serviço da Diretoria Colegiada nº 06 (BRASIL, 2007c), que insere, no escopo do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, normas para elaboração e avaliação de estudos de viabilidade. A metodologia indicada pelo DNIT, nos termos de referência para licitações desses estudos, tendo como base essa instrução de serviço, determina que as análises de viabilidade sejam realizadas por meio da comparação entre os seguintes custos e benefícios⁴:

Custos: a) Custos de implantação; b) Custos de conservação; c) Custos de manutenção; d) Custos de infra-estrutura operacional da rodovia; e) Custos de operação de veículos; f) Custos de tempo de viagem; g) Custos de acidentes;

Benefícios: a) Benefícios Diretos: resultantes de investimentos que impliquem em minimização dos custos de transporte, considerando a redução dos custos operacionais dos veículos, e ainda do tempo de viagem, custos de manutenção e número de acidentes. Os benefícios se aplicam aos tráfegos normal, desviado e gerado; e b) Benefícios Indiretos: decorrentes do desenvolvimento social e econômico da região em face dos investimentos rodoviários realizados. Os benefícios indiretos se expressam em termos do crescimento líquido da produção local, da valorização real das propriedades localizadas na área de influência da

⁴ Texto padrão dos termos de referência para EVTEA presente nos editais de licitação. Exemplos disponíveis no site do DNIT (<http://www1.dnit.gov.br/editais/index.asp>).

rodovia e, sobretudo, da evolução social, da renda e da redistribuição adequada da população domiciliada na região estudada.

Apesar da exigência presente nos editais de licitação, as análises dos projetos de infraestrutura de transporte feitas e avaliadas pelo DNIT se baseiam exclusivamente na comparação entre os custos e benefícios diretos da obra após sua execução realizada por meio de um modelo de transporte (HDM). Isso acarreta normalmente subestimação dos benefícios já que são desconsiderados os benefícios indiretos, relacionados ao desenvolvimento social e econômico (melhoria da infraestrutura).

Em projetos localizados em regiões de grande volume de tráfego, a análise realizada somente por meio dos benefícios diretos da obra não representa sérios problemas na avaliação, pois, mesmo não computando todos os benefícios da obra, seus indicadores de viabilidade, em geral, atingem níveis satisfatórios. Nesse caso, a análise pode ser considerada conservadora. Há casos, entretanto, em que, utilizando apenas dados sobre os benefícios diretos, não se obtém resultados favoráveis à viabilidade do empreendimento rodoviário. Assim regiões pouco desenvolvidas, com baixo trânsito de veículos e, provavelmente, mais carente de recursos, são justamente os locais onde os benefícios diretos desse tipo de investimento são menores, pois, dependem, quase exclusivamente, do volume de tráfego atual da rodovia.

Uma das questões fundamentais para a avaliação socioeconômica é determinar em que medida o investimento em infraestrutura de transporte induz o processo de desenvolvimento da sua região de influência. Esse tipo de investimento, porém, não tem a capacidade de, por si só, desencadear o processo de desenvolvimento. Ademais, o investimento em transportes apresenta retornos decrescentes, ou seja, ele promove desenvolvimento quando existe uma demanda que cresça na mesma proporção; em áreas com adequada infraestrutura em relação a uma demanda relativamente estável, esse tipo de investimento não deverá ter efeito indutor expressivo no campo econômico.

Não obstante essas observações, o investimento em infraestrutura de transportes tende a gerar efeitos indutores de desenvolvimento, especialmente, em regiões que carecem de logística de transporte. Ressalte-se, contudo, que isso ocorre quando esse investimento é bem planejado e aderente às estratégias regionais de ocupação espacial e de exploração dos recursos existentes.

Dessa forma, revela-se a importância de avaliar-se o impacto na economia regional da infraestrutura de transporte (benefícios indiretos) para as regiões pouco desenvolvidas. Por meio de uma análise mais completa desse impacto, a priorização e ordenamento dos investimentos terão menor grau de concentração regional, contribuindo, assim, para reduzir disparidades regionais.

2.3. Modelagens aplicadas a avaliações de infraestrutura de transporte

Na literatura especializada, observou-se recente e significativo aumento no número de trabalhos desenvolvidos no sentido de mensurar os benefícios indiretos (análise regional) gerados por obras de infraestrutura de transporte. Na tentativa de conciliar a teoria econômica espacial com os estudos empíricos relevantes para os formuladores de política, a integração de modelos de equilíbrio geral computável (EGC) e de modelos de transporte torna-se uma opção para auxiliar o direcionamento de inversões nessa área (vide PNLT, PELT-MG, Haddad 2008, etc.).

Os procedimentos baseados em métodos de insumo-produto também são considerados alternativas à análise regional de projetos na área de infraestrutura. BETARELLI JUNIOR (2007), por exemplo, estudou as interdependências das exportações setoriais por bloco de comércio no tocante à demanda dos modais de transporte por meio de um modelo híbrido de insumo-produto.

A adoção de modelos de insumo-produto tem a vantagem de necessitar de menor gama de informações, o que torna mais simples a extração e a interpretação dos resultados. O método, no entanto, apresenta algumas lacunas, tais como a existência de coeficientes fixos, a ausência de efeitos-preços e as restrições de efeitos do lado da oferta. Os modelos de insumo-produto superestimam os impactos de políticas públicas e, por ter a oferta de fatores primários perfeitamente elástica, são incapazes de estimar o potencial de deslocamento do capital e do trabalho induzido por outras atividades econômicas. A ausência de estrutura econômica explícita limita o potencial de aplicação dos modelos de insumo-produtos.

Outra abordagem possível seria a utilização de modelos econométricos, que, por sua vez, demandam grande número de informações e, devido à escassez geral de dados de série temporal de variáveis econômicas regionais chaves, sua aplicação não é muito difundida. Os

modelos econométricos normalmente carecem de estrutura suficientemente complexa (muitas vezes, representam modelos de equilíbrio parcial) para análise de políticas.

Os modelos de equilíbrio geral computável (EGC) apresentam menores restrições em sua aplicação que os demais. Eles permitem a análise de efeito dos preços relativos, consideram o comportamento dos agentes e possuem flexibilidade na substituição de fatores. Além disso, foram aprimorados a partir de sucessivas aplicações em estudos nacionais e internacionais com similar estrutura na utilização regional. A modelagem regional, semelhante em muitos modelos de EGC, permite comparações entre eles e possibilita seu contínuo aperfeiçoamento.

Segundo Haddad (2004), os desenvolvimentos teóricos recentes na Nova Geografia Econômica (NGE) trouxeram novos desafios para a especificação e a implantação de modelos inter-regionais de equilíbrio geral computável (IEGC). Desta maneira, experiências com a introdução de economias de escala, imperfeições de mercado e custos de transporte deveriam proporcionar soluções metodológicas inovadoras para lidar explicitamente com questões teóricas relacionadas a sistemas regionais integrados.

Haddad et.al. (2008) propuseram uma modelagem explícita de custos de transporte, em modelo de equilíbrio geral computável inter-regional integrado a modelo geo-referenciado da rede de transportes, objetivando, assim, avaliar, sob perspectiva macro-espacial, os efeitos econômicos de projetos e programas de transporte.

Nesse estudo, utilizou-se modelo de equilíbrio geral computável inter-regional, implantado para a economia brasileira, a fim de projetar os efeitos econômicos de mudanças na infraestrutura de transporte rodoviário de Minas Gerais. O modelo de transporte utilizado foi o *Highway Development and Management* (HDM). Para ilustrar o poder analítico do sistema integrado, foi apresentado conjunto de simulações que avaliam o impacto econômico de mudanças na infraestrutura de transporte rodoviário em Minas Gerais, notadamente as intervenções planejadas nas rodovias BR-262 e BR-381.

Faria (2009) também utilizou um modelo de EGC para projetar os impactos dos investimentos em duas obras rodoviárias (BR-101 e BR-163) sobre as economias diretamente afetadas pelos projetos, bem como os efeitos de “vazamento” para as demais unidades da federação. Nesse trabalho, foram construídos dois cenários (fechamentos) do modelo EGC com a finalidade de

obter os efeitos de curto prazo (relacionados à fase de construção) e os de longo prazo (fase de operação).

Os modelos de equilíbrio geral computável regionais e inter-regionais têm tido crescente utilização na análise das políticas de planejamento do transporte. O próprio Governo Federal utilizou-se dessa metodologia para estudos do Plano Nacional de Logística de Transporte (PNLT), assim como o governo do Estado de Minas Gerais ao elaborar o Plano Estratégico de Logística de Transporte (PELT-MG).

O PNLT, por exemplo, apresentou uma modelagem macroeconômica e outra de transportes (BRASIL, 2009b). Aquela tinha como objetivo analisar as implicações espaciais das megatendências da economia brasileira no período 2007 a 2023, com destaque para a demanda por serviços de transporte. Essa modelagem tinha como pressuposto que a desigualdade regional e a demanda por serviços de transporte resultavam do padrão locacional das atividades, observando as forças dispersivas e as aglomerativas.

A partir da modelagem macroeconômica, foram estabelecidas projeções para oferta e demanda de 80 tipos de produto, em cada uma das 558 microrregiões do Brasil, para os seguintes anos: 2007 - 2011 - 2015 - 2019 - 2023. A metodologia utilizada consistiu em: (i) estruturar cenário referencial para o ano-base, considerando as características estruturais do sistema econômico atual, a sua evolução recente e os conhecimentos sobre como os espaços econômicos inter-relacionam-se e (ii) aplicar modelo computável de equilíbrio geral (EFES – *Economic Forecasting Equilibrium System*) ao cenário referencial, permitindo a geração de cenários futuros.

Na modelagem de transportes, foi utilizado o clássico modelo de simulação de transporte de quatro etapas: geração; distribuição; divisão modal e alocação. As etapas de geração e distribuição, mais associadas à modelagem da demanda por transportes, foram fortemente apoiadas nos resultados da modelagem macroeconômica do país. As etapas de divisão modal e alocação, modelagem da oferta de transportes e de seus custos, apoiaram-se em dados e parâmetros derivados de pesquisas de campo e estudos anteriores.

Existe uma crescente necessidade, no setor público (no DNIT, em especial), de aplicar uma metodologia para mensuração dos benefícios indiretos de obras específicas que seja acessível

aos analistas de projetos de infraestrutura em transporte e não somente utilizada em grandes programas de investimento que demandam elevado gasto de tempo em pesquisas e custos, como foi o caso do PNLT.

Devido à longa defasagem entre o planejamento e a execução das obras e ao dinamismo do setor de logística, é essencial que o órgão executor das políticas de transporte possua pleno conhecimento das ferramentas de análise dos impactos econômicos das obras a serem executadas, o que possibilitaria ordenamento eficaz de projetos.

A metodologia aqui proposta seria uma opção na avaliação dos indicadores de viabilidade de projetos, inseridos num contexto mais amplo de um programa de planejamento de longo prazo, que criaria uma interseção entre prática convencional de planejamento de transporte e o uso de modelos EGC. Evidentemente, essa metodologia exigiria profissionais devidamente capacitados para sua aplicação (mestres e doutores em economia com treinamento em modelos de equilíbrio geral computável) e a aquisição de *softwares* para o uso desses modelos.

A proposta deste trabalho, em síntese, é associar um modelo de transporte a um modelo de EGC. O próximo capítulo aborda os aspectos metodológicos do modelo de transporte (HDM-4), que é amplamente utilizado em estudos de viabilidade econômica de rodovias por órgãos públicos e por diversos agentes nacionais e internacionais. Posteriormente, será apresentado o modelo de EGC sugerido para a análise.

3. MODELO DE TRANSPORTE (HDM-4)

3.1. Histórico

Os primeiros ensaios para avaliação de projetos rodoviários foram feitos pelo Banco Mundial em 1968, por meio de estudos em conjunto com o TRRL (*Transport and Road Research Laboratory*) e o LCPC (*Laboratoire Centrale des Ponts ET Chaussées*). Posteriormente, o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) elaborou o *Highway Cost Model*. Esse modelo representou grande avanço na análise das interações entre custos de construção, manutenção e operação de veículos, entretanto, apresentava deficiências na base empírica e necessitava adequar-se a peculiaridades regionais (KERALI, 2000).

Com o intuito de estender a aplicação do modelo de transporte para países em desenvolvimento, o TRRL e o Banco Mundial realizaram estudos no Quênia para investigar a deterioração de vias pavimentadas e não-pavimentadas e os fatores que afetavam os custos de operação dos veículos. Os resultados desse estudo foram usados pelo TRRL para elaborar o primeiro modelo RTIM (*Road Transport Investment Model*) para países em desenvolvimento. No ano de 1976, o Banco Mundial aprimorou o modelo criado pelo MIT e produziu a primeira versão do HDM (*Highway Design and Maintenance Standards Model*).

Outros trabalhos foram realizados em diversos países para ampliar o alcance geográfico do HDM. No Caribe, investigaram-se os efeitos da geometria das rodovias no custo operacional dos veículos. Na Índia, o foco da pesquisa era estudar os problemas operacionais peculiares às rodovias nacionais, em especial, a existência de estradas estreitas e grandes proporções de transporte não-motorizado. Por fim, no estudo do Brasil, buscou-se validar todas as relações existentes entre os modelos de cada país. Os dados empíricos no Brasil foram levantados pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), por meio da Pesquisa sobre o Inter-relacionamento dos Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias (PICR), realizada entre 1975 e 1982. Esses estudos elaborados em países em desenvolvimento culminaram na segunda versão do HDM.

Os trabalhos e estudos da TRRL foram utilizados no desenvolvimento do modelo RTIM2; paralelamente, o Banco Mundial elaborou um modelo mais completo que incorporava a verificação de todos os estudos anteriores, o HDM-III. Os avanços da informática possibilitaram a criação da versão informatizada do RTIM2 pela Universidade de Birmingham (Inglaterra) e, no mesmo período, o Banco Mundial desenvolveu a versão HDM-PC (computador PC). Em 1994, o BIRD conseguiu incorporar ao modelo HDM efeitos de congestionamento do tráfego (HDM-III e HDM Manager).

O aprimoramento desses modelos foi contínuo. Ao longo do tempo, buscou-se reformulá-los a fim de incorporar novos tipos e estruturas de pavimentos e de condições de utilização, incluindo a aplicação de novas tecnologias computacionais. As melhorias dos modelos também permitiram adicionar efeitos de congestionamentos, climas frios, aspectos relacionados a acidentes e efeitos ambientais. A TAB.3.1 sintetiza os avanços alcançados do modelo HDM.

TABELA 3. 1 - Desenvolvimento do HDM-II e do HDM-III, período 1969-1995

Período	Estudos	Objetivos	Responsáveis
1969-1971	Fase 1	Estrutura Conceitual Modelo Protótipo	MIT, USA, TRRL, UK LCPC France Banco Mundial
1971-1975	Estudo Quênia	Custo Operacional dos Veículos Deteriorização	TRRL Kenya Ministry of Works Banco Mundial
1977-1982	Estudo Caribe	Custo Operacional dos Veículos	TRRL Caribbean Governments
1977-1983	Estudo Índia	Custo Operacional dos Veículos	CRRI - New Delhi
1975-1982	Estudo Brasil	Custo Operacional dos Veículos Deteriorização	GEIPOT - Brasil United Nations - UNDP Banco Mundial Texas Research Foundation
1981-1987	Fase Final	Modelagem e Documentação	Banco Mundial
1989	Programa PC	Programa para Computador PC	Banco Mundial
1995	Sistema HDM 1995	Congestão, Administrador HDM	Banco Mundial

Fonte: Banco Mundial

O HDM-III, entretanto, ainda apresentava significativas limitações. A tecnologia de veículos e de pneus em relação ao custo de operação de veículos não era compatível com os veículos circulantes nas rodovias no período. O modelo não considerava congestionamento de tráfego (versão anterior à de 1995), pavimentos rígidos, alguns tipos de pavimentos flexíveis e blocos, textura do pavimento, resistência a derrapagem, condições de gelada-desgelo, segurança do tráfego e impactos ambientais. Além disso, o *software* foi desenvolvido para o sistema

operacional DOS (*Disk Operating System*), tecnologia considerada defasada durante o processo de aprimoramento.

Assim, na tentativa de superar tais limitações, o ISOHDM (*International Study of Highway Development and Management*), projeto internacional coordenado pelo PIARC (*World Road Association*), com a participação de centros de pesquisa de diversos países, foi conduzido com a finalidade de estender o alcance do modelo HDM-III, tendo obtido, como resultado, novo programa computacional de análise técnico-econômica, o HDM-4 – *Highway Development & Management*.

TABELA 3. 2 - Melhoras Técnicas do HDM-4

Pavimentos	Usuários da Rodovia	Software
Vários tipos de pavimentos flexíveis	Novos tipos de veículos	Windows 95/98/NT/XT/Vista
Pavimentos rígidos	Características de veículos modernos	3 Módulos de Aplicação: Análise de Projetos; Programação e Planejamento de redes
Maior número de opções de manutenção	Tráfego não-motorizado	Melhor ligação com um Sistema de Gerência de Pavimentos
Efeitos de drenagem	Efeitos de congestão	
Efeitos de climas com geladas	Acidentes	
	Emissões & Consumo de Energia	

Fonte: Elaboração própria

3.2. Metodologia

O *software* HDM-4 atualmente é aplicado, nacional e internacionalmente, na avaliação de projetos; na elaboração e na comparação de políticas de manutenção; no planejamento de futuras intervenções; na formulação de programas de investimentos anual e plurianual para uma rede de rodovias; na otimização de recursos disponíveis e na definição de políticas para concessão rodoviária.

As principais funções desse programa consistem em:

- i. calcular a deterioração e os efeitos da manutenção em estradas pavimentadas ou não-pavimentadas para uma série de opções de manutenção especificada pelo usuário;
- ii. mensurar os custos operacionais de veículos em função do estado da rodovia;

- iii. determinar os custos anuais do governo e dos usuários para cada opção de manutenção definida;
- iv. avaliar as opções de manutenção e fornecer a comparação econômica entre elas;
- v. realizar avaliação econômica das rodovias;
- vi. projetar intervenções nas rodovias e parâmetros de deterioração de rodovias;
- vii. priorizar trechos com ou sem restrição orçamentária, por intermédio de análise da relação custo-benefício.

O modelo, no entanto, apresenta algumas limitações. Sua utilização, por exemplo, não permite fazer distribuição de tráfego em rede de rodovias, calcular custo de impactos ambientais e emissão de ruídos, avaliar condições urbanas (paradas/partidas) e pavimentos de paralelepípedos (KERALI, 2000).

Essas restrições, porém, não impedem que o HDM-4 seja considerado a ferramenta mais eficiente e completa na análise técnica e econômica dos impactos diretos de intervenções rodoviárias. Esse modelo permite obter relações físicas e econômicas derivadas de extenso estudo sobre deterioração das estradas, efeito da manutenção de rodovias e custos de operação de veículos.

O HDM-4 foi desenhado para fazer estimativas de custos comparativos e análises econômicas de diferentes opções de inversão. O modelo permite estimar os custos para um grande número de intervenções ano a ano, para um período de análise definido pelo usuário, descontando os custos futuros. Taxa interna de retorno, valor presente líquido e relação custo-benefício são alguns dos muitos indicadores resultantes da análise realizada por meio desse *software*. Para o desenvolvimento da análise, entretanto, são necessárias especificações detalhadas de programas de inversão, padrões de desenho e opções de conservação, assim como custos unitários, volumes projetados de tráfego e condições ambientais.

O modelo de transporte utiliza como dados de entrada para sua análise:

- i. Rede de rodovias (rede ou subredes básicas de rodovias que serão analisadas);
- ii. Parque de veículos (características dos veículos que circularão na rede analisada);
- iii. Trabalhos (especificações dos padrões de conservação e melhorias que serão aplicadas nas diferentes seções);

iv. Configuração⁵ do HDM (todos os dados pré-definidos que serão usados nas análises).

Desta forma, para se realizar uma análise no transporte rodoviário, é essencial a obtenção ou estimativa dos seguintes dados: condições atuais dos pavimentos das rodovias (tais como: extensões, estrutura, volume de tráfego, defeitos, irregularidade, deflectometria, geometria); largura de pista e acostamentos, declividades médias, índice de curvatura, etc.; condições climáticas, topografia, idade do pavimento e da sua última restauração, etc.; dados da frota nacional, tipos e pesos de veículos, custos de aquisição e manutenção, custo do combustível; as políticas de intervenção, tipo de manutenção ou restauração da rodovia e custo; e os cenários de investimento.

A análise econômica envolve comparação de cenários “Com” e “Sem” a intervenção proposta e possibilita estimar os benefícios diretos do investimento, sejam eles: redução do custo operacional, do tempo de viagem e dos gastos com acidentes ano a ano. Impacto ambiental é uma variável exógena nesse modelo.

O HDM-4 apresenta três linhas de análise: estratégia, programa e projeto. A análise estratégica permite realizar o planejamento de gastos em redes rodoviárias a médio e longo prazos e é, normalmente, utilizada na elaboração de política de transporte. O método de programa possibilita definir prioridades dentro de extensa lista definida de projetos rodoviários inseridos em determinado programa de obras de um ou mais anos, com restrições orçamentárias. Já a análise de projeto consiste em analisar qual opção de intervenção é mais viável para um trecho rodoviário específico (KERALI, MCMULLEN & ODOK, 2000).

O mecanismo de trabalho do HDM-4 é similar para cada análise de projeto, programa ou estratégia. Em cada caso, o *software* simula as condições totais do ciclo de vida para um período de análise, dentro de um cenário de circunstâncias especificadas pelo usuário. O grupo de custos primários, para o período de análise, inclui o custo de capital de inversão, o de conservação, o de circulação de veículos e os custos de tempo de viagem. Os custos de acidentes e contaminação ambiental também podem ser adicionados à análise.

⁵ Um grupo de dados da configuração do HDM-4 é fornecido dentro do sistema, mas o usuário tem a possibilidade de customizá-lo a fim de refletir a realidade das circunstâncias locais.

O modelo simula, para cada trecho de rodovia, ano a ano, a condição e o valor monetário gasto na conservação de cada opção de investimento, assim como, as velocidades e os recursos físicos consumidos na circulação veículos. As quantidades físicas relacionadas à construção, à conservação e à circulação são estimadas, e os preços e os custos unitários, especificados pelo usuário, são aplicados para determinar os custos financeiros e econômicos⁶. A partir disso, os benefícios relativos são calculados, para as diferentes opções estudadas, bem como os valores presentes e as taxas internas de retorno.

Os custos são determinados ao prever quantidades físicas de consumo de recursos e ao multiplicar essas quantidades por seus custos unitários ou preços. Os benefícios econômicos são determinados, em seguida, ao comparar os fluxos de custos totais para várias opções de conservação e construção com o caso básico (fazer nada ou fazer o mínimo), usualmente, a rotina mínima de conservação. A TAB 3.3 apresenta um resumo da dinâmica de aplicação do HDM-4.

⁶ O HDM permite a inserção de dois tipos de custos: econômico (preço-sombra) e financeiro (preço de mercado), embora apenas os custos econômicos sejam utilizados na análise.

TABELA 3.3 - Ciclo de Análise do HDM-4

Entradas	Modelo	Saídas
Tipo de veículos, capacidade, crescimento, peso, parâmetros físicos, terreno, precipitação, geometria da rodovia, características da pavimentação, custos unitários	Início do Ciclo de Análise	
Tipo de pavimento, força, resistência, idade, condição e ESAL*	Deterioração das rodovias	Trincas, desgaste de painéis, profundidade dos trilhos, defeitos (pavimentado); camada de cascalho (não-pavimentado), irregularidade
Geometria e irregularidade da rodovia, velocidade e tipo do veículo, parâmetro de congestionamento, custos unitários	Efeitos sobre os usuários da rodovia	Combustível, lubrificante, pneus, manutenção, custos fixos, velocidade, tempo de viagem, gastos dos usuários da rodovia
Padrões e estratégias de intervenções	Efeitos de obras	Restauração de trincas, desgaste, painéis, profundidade dos trilhos (pavimentado), camada de cascalho (não-pavimentado), irregularidade, quantidade de mão de obra e custos de atividade
Geometria da rodovia e textura da superfície, característica dos veículos	Efeitos sociais e ambientais	Níveis de emissões, energia usada e número de acidentes
Desenvolvimento, acidente, meio-ambiente e outros custos e benefícios exógenos	Análise Econômica	Custos e benefícios, incluindo benefícios exógenos
	Retorno ao início do ciclo de análise	Custos totais pelo componente, valor presente líquido e taxa de retorno por seção

Fonte: HDM-4 Volume 2.1 - Applications Guide (tradução - pag. A1-6)

*Equivalência de carga de um eixo-padrão de 80 KN

Conforme a tabela acima, os seguintes modelos estão contidos no HDM-4:

- ✓ Deterioração das rodovias: prevê a deterioração das estradas pavimentadas ou não;
- ✓ Efeitos nos trabalhos: implementa programas de trabalho e define seus custos;
- ✓ Efeitos sobre os usuários: determina os custos de circulação veicular, acidentes e tempo de viagem.
- ✓ Efeitos sociais e ambientais: estima os efeitos produzidos por emissão e ruídos, e prevê o número de acidentes e as quantidades de consumo de energia (determinados exogenamente).

Em suma, o *software Highway Development & Management* (HDM-4) desenvolvido e coordenado pelo Banco Mundial é amplamente adotado e recomendado para gerência, acompanhamento e avaliação de empreendimentos na área de transporte rodoviário. Para obtenção de financiamento do Banco Mundial na área de transporte rodoviário, esse programa é considerado de uso obrigatório.

Desde os anos 80, o HDM-4 é utilizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (antigo DNER) na análise econômica de rede rodoviária para investimentos com restrição orçamentária, sendo recomendada sua utilização nos editais de licitação de estudos de viabilidade do órgão. O Ministério dos Transportes também trabalha com essa ferramenta, associada a modelos de equilíbrio geral computável, como foi o caso do Plano Nacional de Logística de Transporte – PNLT.

A aplicação do programa não está restrita ao âmbito federal. Em Minas Gerais, foi elaborado o Plano Estadual de Logística de Transporte, PELT-MG (MINAS GERAIS, 2007) que utilizou, dentre outras metodologias, o HDM-4, um modelo de equilíbrio geral computável e um de rede de transportes.

O presente trabalho objetiva utilizar-se do modelo de transportes, HDM-4, para simular intervenções rodoviárias específicas no Estado de Minas Gerais e no Piauí. Almeja-se mensurar as prováveis reduções nos custos de transporte rodoviário oriundas desses investimentos e, a partir disso, calcular os choques exógenos cujos efeitos serão, por sua vez, simulados por meio do modelo de equilíbrio geral, IMAGEM-B.

3.3. Estudos de caso - Minas Gerais e Piauí

A escolha de intervenções rodoviárias na região nordeste e na região sudeste faz parte do objetivo desta dissertação. O intuito é observar as peculiaridades da análise de benefícios diretos e indiretos em regiões econômica e socialmente distintas. Por esse motivo, foram selecionadas duas obras rodoviárias: uma no Estado de Minas Gerais e outra no Estado do Piauí.

O Estado de Minas Gerais possui a maior malha rodoviária do país, são 17.742,4 km apenas de rodovias federais. A malha do Estado do Piauí representa 24,8% da mineira. O Piauí possui

somente 4.408,2 km de estradas federais, pouco mais de 50% são pavimentadas. Essa expressiva diferença na infraestrutura rodoviária também é observada no âmbito estadual. Ao comparar a quilometragem das rodovias pavimentadas, verifica-se que a extensão das rodovias estaduais pavimentadas de Minas Gerais chega a ser 4,5 vezes maior. Em geral, entre rodovias pavimentadas federais e estaduais, Minas Gerais possui 21.451,9 km e Piauí, 4.825,4 km. Nitidamente, Minas Gerais dispõe de rede mais completa. Na TAB 3.4, é apresentada a rede rodoviária estadual e federal dos estados de Minas Gerais e Piauí, incluindo rodovias planejadas, não-pavimentadas e pavimentadas.

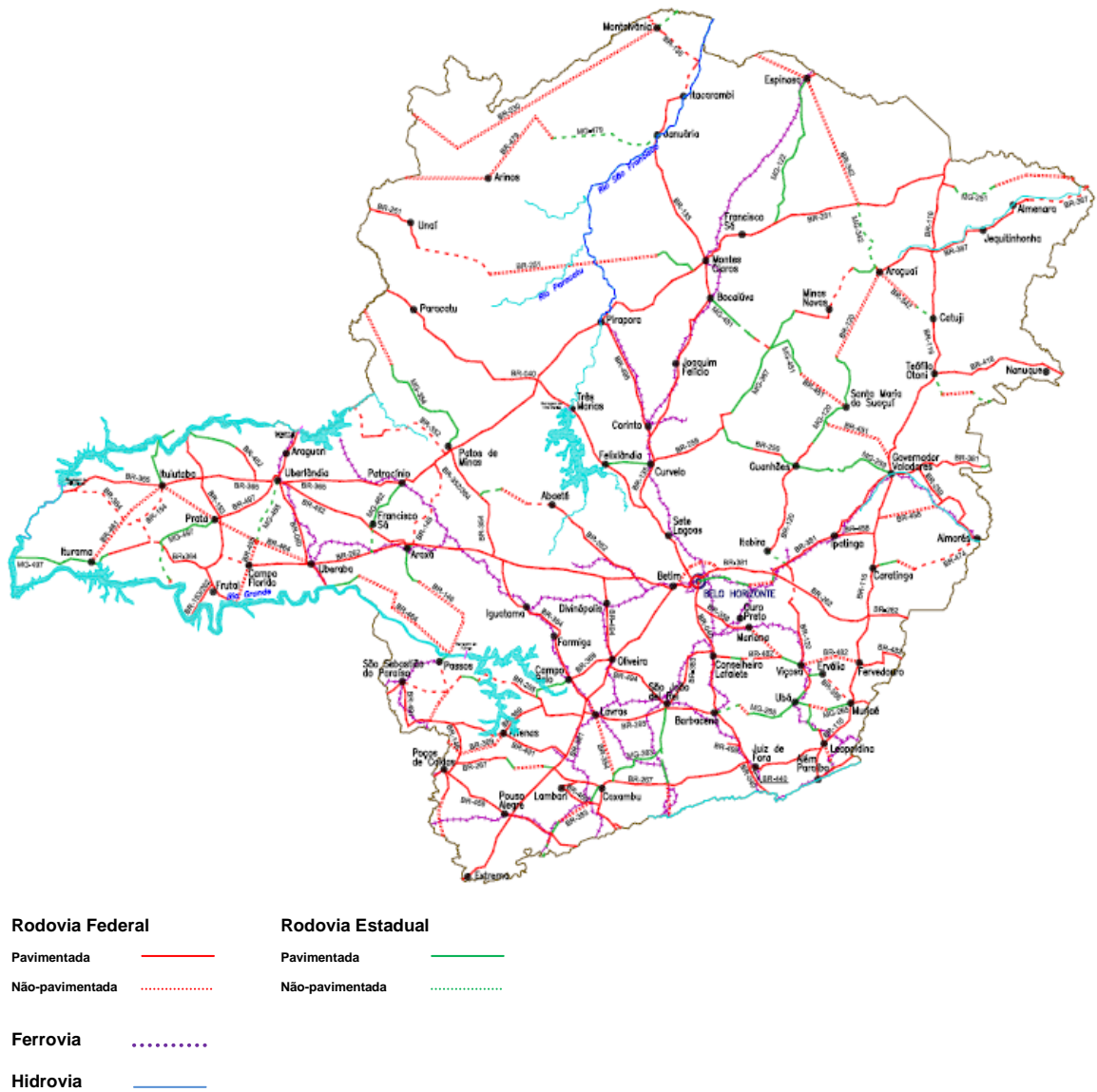
TABELA 3.4 - Rede do Plano Nacional de Viação – Versão 2010

Jurisdição Federal											
UF	Planejada (e Estadual Coincidente)	Rede Não Pavimentada					Rede Pavimentada				Total
		Leito Natural	Em Obras Implantação	Implantada	Em Obras Pavimentação	Sub-Total	Pista Simples	Em Obras Duplicação	Pista Dupla	Sub-Total	
Minas Gerais	6.320,9	361,2	0,0	424,8	339,6	1.125,6	9.349,9	102,8	843,2	10.295,9	17.742,4
Piauí	1.854,8	54,3	0,0	141,8	0,0	196,1	2.331,7	0,0	25,6	2.357,3	4.408,2
Jurisdição Estadual											
UF	Planejada (e Estadual Coincidente)	Rede Não Pavimentada					Rede Pavimentada				Total
		Leito Natural	Em Obras Implantação	Implantada	Em Obras Pavimentação	Sub-Total	Pista Simples	Em Obras Duplicação	Pista Dupla	Sub-Total	
Minas Gerais	0,0	1.904,3	0,0	4.330,1	1.021,3	7.255,7	11.051,4	4,8	97,8	11.154,0	18.409,7
Piauí	301,0	2.172,0	85,0	4.995,4	348,5	7.600,9	2.464,8	0,0	2,0	2.466,8	10.368,7

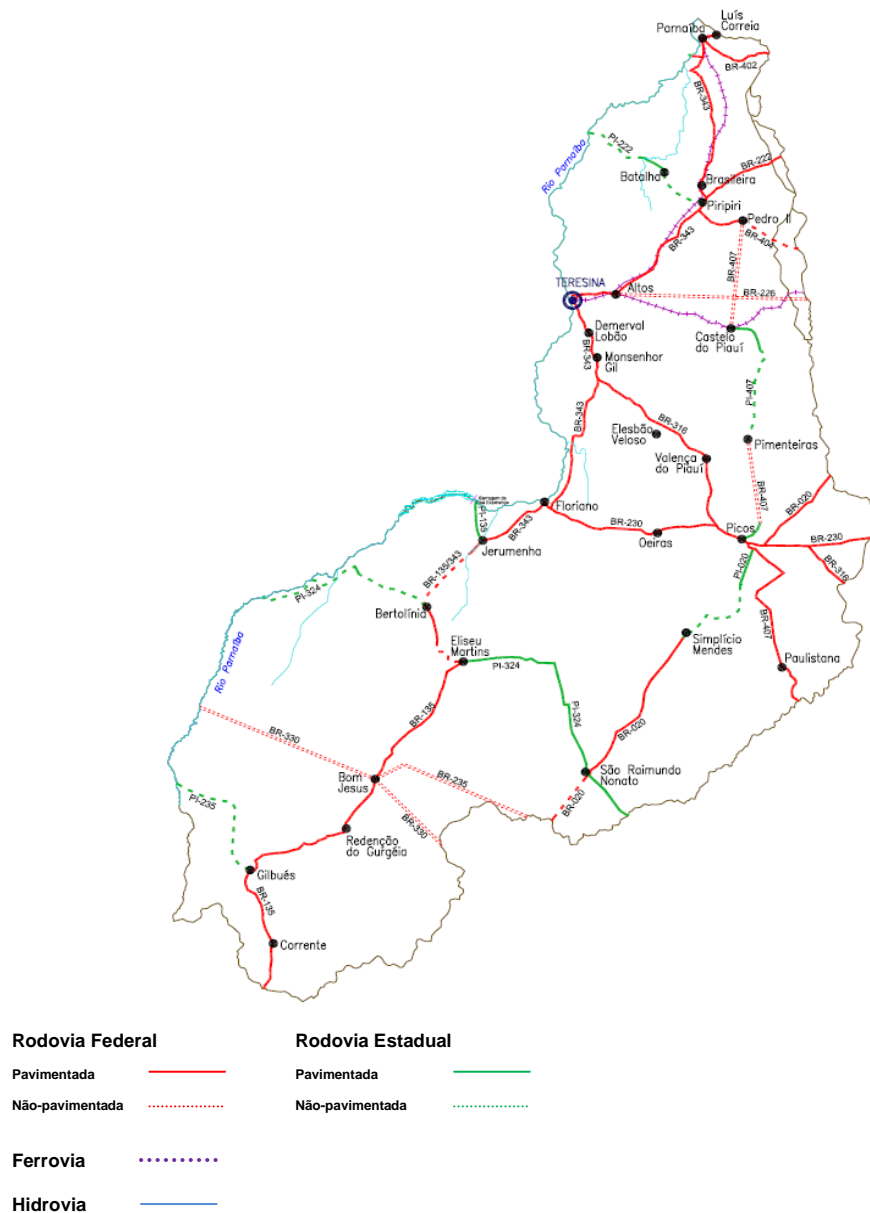
Fonte: Rede Rodoviária do PNV - Divisão em Trechos atualizada até dezembro de 2010 - www.dnit.gov.br

Os mapas subsequentes permitem visualizar a dimensão da rede rodoviária de cada estado. A FIG. 3.1 apresenta o mapa da malha rodoviária de Minas Gerais, onde se observa relativa abundância de rodovias, principalmente na sua região centro-sul, região na qual o trecho rodoviário do projeto, analisado neste trabalho, está inserido. Já o mapa da FIG. 3.2 caracteriza a malha rodoviária do Piauí, visivelmente, escassa e esparsa.

FIGURA 3.1 - Malha Rodoviária - Minas Gerais



Fonte: Rede Rodoviária do PNV - Divisão em Trechos atualizada até dezembro de 2010 - www.dnit.gov.br

FIGURA 3. 2 - Malha Rodoviária – Piauí

Fonte: Rede Rodoviária do PNV - Divisão em Trechos atualizada até dezembro de 2010 - www.dnit.gov.br

Além da disparidade quantitativa da infraestrutura rodoviária, os dois estados apresentam economias bastante distintas. Neste trabalho, o Estado de Minas Gerais representa uma região economicamente desenvolvida, em contraste com uma região mais pobre, o Estado do Piauí. Os dados do Produto Interno Bruto (PIB) Estadual, apresentados na TAB. 3.5, revelam a desigual representatividade dos dois estados no cenário nacional, motivo para essa seleção.

TABELA 3. 5 – Níveis de Renda Estaduais, 2007 e 2008

Estados	PIB Estadual 2008	PIB Estadual/ PIB Brasil	Classificação Nacional	PIB Per Capita 2007	Classificação Nacional
Acre	3.483.729,10	0,22%	26	5,12	17
Alagoas	10.081.874,64	0,64%	21	3,22	25
Amapá	3.501.704,29	0,22%	25	5,71	15
Amazonas	24.236.928,61	1,54%	15	7,25	11
Bahia	62.896.850,94	4,01%	7	4,34	19
Ceará	31.109.189,41	1,98%	12	3,68	23
Distrito Federal	60.859.175,32	3,88%	8	23,80	1
Espírito Santo	36.167.164,09	2,30%	11	10,47	5
Goiás	38.964.817,34	2,48%	9	6,67	12
Maranhão	19.922.097,97	1,27%	16	3,16	26
Mato Grosso	27.446.620,90	1,75%	14	9,28	7
Mato Grosso do Sul	17.156.931,93	1,09%	17	7,34	10
Minas Gerais	146.243.003,82	9,32%	3	7,37	9
Pará	30.291.170,19	1,93%	13	4,14	22
Paraíba	13.301.441,02	0,85%	18	3,55	24
Paraná	92.796.260,47	5,91%	5	8,76	8
Pernambuco	36.462.544,99	2,32%	10	4,17	21
Piauí	8.675.923,99	0,55%	23	2,78	27
Rio de Janeiro	177.642.518,56	11,32%	2	11,19	3
Rio Grande do Norte	13.190.050,29	0,84%	19	4,25	20
Rio Grande do Sul	103.267.361,91	6,58%	4	9,51	6
Rondônia	9.259.430,28	0,59%	22	6,20	13
Roraima	2.530.866,66	0,16%	27	6,13	14
Santa Catarina	63.815.395,60	4,07%	6	10,54	4
São Paulo	519.194.509,76	33,08%	1	12,66	2
Sergipe	10.120.667,10	0,64%	20	5,06	18
Tocantins	6.776.255,14	0,43%	24	5,29	16

Fonte: Elaboração própria - dados IPEADATA

Minas Gerais possui o terceiro maior PIB entre os estados brasileiros, enquanto o Piauí representa apenas 0,55% do PIB nacional. A desigualdade entre eles acentua-se, ainda mais, quando se trata do PIB Per Capita: o Piauí apresentou, em 2007, o mais baixo do país, já o Estado de Minas Gerais ocupou a nona posição na classificação nacional. Os dois estados estão situados em posições opostas tanto nos dados do PIB Real quanto nos do PIB Per Capita. Na área social, essas diferenças mantêm-se. Mais adiante, TAB. 3.12, esse aspecto será discutido a partir da apresentação dos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) de cada estado.

3.3.1. Descrição das intervenções rodoviárias selecionadas e suas respectivas áreas de influência

Nesta seção, será feita a descrição das intervenções selecionadas, além da definição da área de influência de cada projeto, especificada de acordo com o critério de utilização da rodovia (ou provável utilização) para transporte de bens e pessoas. Em especial, a área de influência direta é representada pelos municípios, onde alguma rodovia, pertencente à malha analisada no estudo de cada projeto, atravessa seu território. Mais adiante, a fim de melhor especificar a área de influência dos projetos, serão apresentados dois mapas regionais (FIG 3.3 e FIG 3.4).

No decorrer deste capítulo, será efetuada uma sucinta caracterização das áreas de influência dos projetos, ao relatar seus aspectos econômicos e sociais, e também uma comparação entre as regiões onde o projeto de Minas Gerais e o de Piauí estão inseridos. Por fim, serão apresentadas as análises, elaboradas por meio do *software* HDM-4, para os dois projetos e seus respectivos resultados.

3.3.1.1. Minas Gerais⁷

A obra rodoviária proposta para o Estado de Minas Gerais está resumida na tabela a seguir.

TABELA 3. 6 - Intervenção rodoviária - Minas Gerais

Obra	Pavimentação da BR-146 no Estado de Minas Gerais
Trecho	Entr. BR-354(A) – Divisa MG/SP (Monte Sião)
Subtrecho	Entr. BR-265/MG-050 (Passos) - Entr. BR-491 (Guaxupé)
Segmento	km 331,3 – km 427,5
Extensão	86,60 km

Fonte: Elaboração própria.

Nota: A obra prevista altera a diretriz da rodovia e, por isso, a extensão do trecho projetado difere da extensão que consta no Plano Nacional de Viação (trecho não-pavimentado).

A BR-146 é uma rodovia longitudinal pertencente ao Plano Nacional de Viação, com extensão total de 681,50 km. Localiza-se nos territórios de Minas Gerais e São Paulo, entre Patos de Minas/MG e Bragança Paulista/SP, passando por Araxá/MG, Poços de Caldas/MG.

Esse projeto de pavimentação está localizado na mesorregião sul e sudeste do Estado de Minas Gerais, mais especificamente, nas microrregiões de São Sebastião do Paraíso e de Passos. A região apresenta muitas semelhanças com o interior paulista, possui grandes altitudes e clima ameno e chuvoso. A economia é voltada para agricultura, com destaque para as plantações de café, conforme observa-se na TAB. 3.7.

⁷ Para a obra do Estado de Minas Gerais, foram coletas informações no relatório da Análise de Solução Técnica Adotada da Implantação e Pavimentação da Rodovia BR-146/MG (Documento do DNIT - elaboração própria), novembro de 2009.

TABELA 3. 7 - Produção de café, 2003-2007

Área colhida - café (Hectare)					
Microrregião	2003	2004	2005	2006	2007
Passos	36.806	34.941	32.470	33.276	31.796
São Sebastião do Paraíso	89.305	97.700	87.895	91.730	87.185
Produção - café (Tonelada)					
Microrregião	2003	2004	2005	2006	2007
Passos	24.861	40.624	28.864	45.461	24.590
São Sebastião do Paraíso	46.748	98.436	69.905	134.025	69.810

Fonte: IPEADATA

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor de café do Brasil. De acordo com os dados do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, disponíveis no site do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), a colheita mineira, no ano de 2007, foi de 987.292 toneladas de café, o que representa 44% da produção do País. As microrregiões de São Sebastião do Paraíso e de Passos produzem cerca de 10% da safra de Minas Gerais

A área de influência da intervenção rodoviária proposta é uma região próspera do Estado de Minas Gerais. Os dados, disponíveis nas tabelas TAB. 3.8 e TAB. 3.12, colaboram com essa constatação. Trata-se de uma área essencialmente agrícola e próxima a importantes centros produtores e consumidores, como o Estado de São Paulo. O Valor Adicionado da Agropecuária representa 16% do PIB da região de Passos e, 23% do PIB da região de São Sebastião do Paraíso, segundo dados do IPEA para o ano de 2008. No Estado, a riqueza gerada pela agropecuária configura 9,5% do PIB.

Os municípios pelos quais a rodovia atravessa são de pequeno a médio porte, embora, apresentem PIB Per Capita maior do que a média nacional (R\$ 8,28 mil, em 2008). A TAB. 3.8 exibe o tamanho populacional de cada município da região de influência direta da obra e seu respectivo PIB Per Capita.

TABELA 3. 8 – População e PIB Per Capita dos municípios da área de influência direta da obra – Minas Gerais

Município	População 2010	PIB Per Capita 2008
Alpinópolis	18.490	R\$ 11.379,41
Bom Jesus da Penha	3.882	R\$ 18.000,35
Guaxupé	49.491	R\$ 23.455,80
Jacuí	7.502	R\$ 9.030,17
Passos	106.313	R\$ 10.267,03
São Pedro da União	5.040	R\$ 13.472,73
São Sebastião do Paraíso	65.034	R\$ 14.200,15

Fonte: IBGE Cidades

Após a conclusão da obra, estima-se, com base no estudo de tráfego realizado na região para elaboração deste projeto, que grande fluxo de produtos agrícolas e industrializados passará a utilizar esse novo corredor de tráfego que liga o Triângulo Mineiro ao sudoeste de Minas e ao noroeste do Estado de São Paulo. Isso beneficiará a região ao reduzir custos, principalmente, no transporte de adubos e fertilizantes, café, milho, soja, petróleo, leite e derivados e gado em pé.

3.3.1.2. Piauí⁸

A obra rodoviária proposta para o Estado do Piauí está resumida na tabela a seguir.

TABELA 3. 9 - Intervenção rodoviária – Piauí

Obra	Pavimentação da BR-135 no Estado do Piauí
Trecho	DIV. MA/PI - DIV. PI/BA
Subtrecho	Entr. BR-343 (P/ Jerumenha) – Entr. BR-324(B) (P/ Eliseu Martins)
Segmento	Km 46,30 - Km 126,80 e Km 157,8 - Km 211,80
Extensão	142,70 Km

Fonte: Elaboração própria.

Nota: A obra prevista altera a diretriz da rodovia, por esse motivo a extensão do trecho projetado difere da extensão que consta no Plano Nacional de Viação (trecho não pavimentado).

⁸ Para o estudo de tráfego e para obtenção de alguns dados regionais das rodovias piauienses, foi utilizado como base o Estudo de Viabilidade Técnica-Econômica e Ambiental para as Obras de Implantação, Pavimentação, Adequação de Capacidade, Melhoria de Segurança e Eliminação de pontos críticos na BR-135/PI/BA/MG e Análise Econômica de Solução Técnica Adotada (AESTA) de Projetos de Engenharia existentes nos trechos em estudo da rodovia e/ou de segmentos homogêneos, elaborado pelo consórcio entre as empresas Dynatest Engenharia Ltda e MRS Estudos Ambientais Ltda, junho de 2009. Ressalta-se que, a fim de completar o Estudo de Tráfego da região analisada neste trabalho, foi necessário obter informações adicionais em outros dois estudos: Construção do Contorno Rodoviário de Floriano interligando a BR- 230/PI à BR-343/PI, setembro de 2010, doado pela Prefeitura Municipal de Floriano ao DNIT; Obras de Implantação e Adequação de Capacidade de Trechos da BR-020/BA/PI, novembro de 2010, elaborado pela empresa JBR Engenharia Ltda.

A BR-135 é uma rodovia longitudinal que liga o meio norte do Brasil (Maranhão) ao sudeste do País (Minas Gerais), sendo concorrente com a BR-040 entre o entroncamento das duas rodovias em Paraopeba e Belo Horizonte, em Minas Gerais. Essa BR interliga quatro estados; Maranhão, Piauí, Bahia e Minas Gerais, seu percurso inicia-se em São Luís/MA (passa por Peritoró/MA - Pastos Bons/MA - Bertolândia/PI - Bom Jesus/PI - Corrente/PI -Cristalândia/BA - Barreiras/BA - Correntina/BA - Montalvânia/MG - Januária/MG - Montes Claros/MG - Curvelo/MG - Cordisburgo/MG) e termina em Belo Horizonte/MG, com extensão total de 2.567,7 km.

O trecho do projeto selecionado está inserido no território piauiense, tem como área de influência a mesorregião sudoeste piauiense e impacta diretamente as microrregiões de Bertolândia e de Floriano e, indiretamente, as principais regiões produtoras de soja do estado, Alto Parnaíba Piauiense e Alto Médio Gurguéia. De acordo com os dados presentes na TAB. 3.10, é possível aferir que a mesorregião sudoeste piauiense responde, por praticamente, toda a produção de soja do estado. Além disso, essa mesorregião representa 43,14% do Valor Adicionado da Agropecuária do Piauí.

A produção de soja no Brasil concentra-se nas regiões Centro-Oeste do País, entretanto, na última década, essa *commodity* vem se expandindo para o nordeste, nos estados do Maranhão, Piauí, Bahia, além da região norte. Em uma década (1998 a 2008), a produção piauiense passou de 49.864 toneladas para 819.258 e atingiu a melhor produtividade nacional, com rendimento de 3.230kg/ha (LEAL, 2010).

Segundo a Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí (CEPRO), o setor agropecuário piauiense, em 2008, apresentou crescimento real de 34,7%, o que corresponde a 10,9% da economia do Estado, contra 8,2%, em 2007. Contribuíram para o crescimento, principalmente, os resultados do cultivo de soja cujo crescimento foi de 546% no Valor Agregado.

As atividades econômicas dos municípios da área de influência são caracterizadas pela exploração da agricultura de subsistência. Os municípios, localizados ao longo do eixo da rodovia BR-135, dedicam-se à pecuária mista, voltada para a produção de leite e carne, e ao agronegócio, baseado na produção de soja, algodão e milho, tendo como pólo o município de Uruçuí.

Uruçuí registrou, no ano de 2008, o maior PIB per capita do Piauí. Cada habitante, segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), tem renda anual de R\$ 22.070,27. O índice é cerca de duas vezes superior ao indicador da capital, Teresina, a qual possui a renda per capita de R\$ 9.374,32. O setor agropecuário corresponde a 25,5% da economia municipal, representatividade bem superior a do estado. Nesse município, em 2003, foi instalada uma unidade da Bunge Alimentos que responde ao financiamento de aproximadamente 25% da produção de soja na área de influência e compra, praticamente, toda a produção de soja do Estado do Piauí.

TABELA 3. 10 - Produção de soja, 2003-2007

Microrregião	Área colhida - soja (Hectare)				
	2003	2004	2005	2006	2007
Litoral Piauiense			15	150	90
Alto Parnaíba Piauiense	76.068	101.027	132.524	158.578	147.003
Bertolândia	9.930	12.000	15.050	13.250	11.350
Floriano	50		75		
Alto Médio Gurguéia	30.565	42.754	50.883	60.031	58.563

Fonte: IPEADATA

Em parte devido à deficiente infraestrutura logística da região, os municípios próximos a BR-135 apresentam, TAB. 3.11, indicadores econômicos e sociais abaixo da média nacional, com exceção da cidade de Sebastião Leal, grande produtora de soja.

TABELA 3. 11 – População e PIB Per Capita dos municípios da área de influência direta da obra - Piauí

Município	População 2010	PIB Per Capita 2008
Bertolândia	5.319	R\$ 4.317,88
Canaveira	3.922	R\$ 2.996,22
Canto do Buriti	20.035	R\$ 3.481,89
Colônia do Gurguéia	6.035	R\$ 3.049,12
Eliseu Martins	4.667	R\$ 3.434,12
Floriano	57.707	R\$ 6.850,93
Jerumenha	4.383	R\$ 4.803,12
Manoel Emídio	5.209	R\$ 3.879,28
Sebastião Leal	4.116	R\$ 11.443,71

Fonte: IBGE Cidades

Nos últimos anos, verifica-se, nessa região, demanda crescente por infraestrutura de transporte, principalmente, para o escoamento de grãos, devido ao incremento de investimentos no agronegócio nas áreas do cerrado piauiense, atravessado pela BR-135/PI (EVTEA BR-135/PI/BA/MG, 2009). A expansão de culturas comerciais de grãos, como soja e arroz, e de frutas, como banana, coco-da-baía, manga e a castanha do caju, parecem indicar

um potencial agrícola regional que é, atualmente, estrangulado pela ausência de adequada infraestrutura logística.

Conforme mencionado, as diferenças entre os dois estados revelam-se tanto nos aspectos econômicos quanto nos sociais. Na TAB. 3.12, foram evidenciados os indicadores sociais dos estados e, mais especificamente dos municípios impactados pelos projetos selecionados. Apesar dos dados serem dos anos de 1991 e 2000, é nítida a discrepância entre os Indicadores de Desenvolvimento Humano (IDH).

TABELA 3. 12 – Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) – Municípios de Minas Gerais e Piauí (1991 e 2000)

Localidade	IDHM, 1991	IDHM, 2000	IDHM- Renda, 1991	IDHM- Renda, 2000	IDHM- Longevidade, 1991	IDHM- Longevidade, 2000	IDHM- Educação, 1991	IDHM- Educação, 2000
Minas Gerais	0,697	0,773	0,652	0,711	0,689	0,759	0,751	0,850
São Sebastião do Paraíso	0,730	0,812	0,674	0,738	0,731	0,827	0,784	0,871
Passos	0,721	0,797	0,692	0,731	0,684	0,785	0,786	0,875
Guaxupé	0,739	0,796	0,683	0,725	0,758	0,811	0,775	0,852
Alpinópolis	0,695	0,779	0,624	0,688	0,734	0,810	0,727	0,839
Bom Jesus da Penha	0,669	0,776	0,608	0,720	0,700	0,787	0,699	0,821
Jacuí	0,656	0,750	0,585	0,658	0,676	0,788	0,707	0,803
São Pedro da União	0,630	0,745	0,553	0,673	0,657	0,781	0,681	0,780
Piauí	0,566	0,656	0,518	0,584	0,595	0,653	0,585	0,730
Floriano	0,636	0,711	0,596	0,633	0,599	0,684	0,713	0,816
Eliseu Martins	0,559	0,655	0,417	0,504	0,642	0,737	0,619	0,725
Jerumenha	0,583	0,653	0,487	0,490	0,652	0,722	0,611	0,747
Colônia do Gurguéia	0,562	0,641	0,404	0,487	0,638	0,689	0,643	0,748
Bertolínia	0,563	0,626	0,430	0,483	0,609	0,690	0,650	0,704
Canto do Buriti	0,518	0,616	0,476	0,543	0,558	0,654	0,520	0,650
Manoel Emídio	0,507	0,611	0,379	0,469	0,564	0,663	0,578	0,700
Sebastião Leal	0,484	0,607	0,337	0,446	0,564	0,690	0,552	0,684
Canavieira	0,541	0,601	0,425	0,465	0,620	0,645	0,577	0,693
Brasil	0,696	0,766	0,681	0,723	0,662	0,727	0,745	0,849

Fonte: PNUD Brasil - <http://www.pnud.org.br/atlas/tabelas/index.php>

3.4. Resultados HDM

A presente análise consiste na avaliação dos benefícios diretos calculados por meio da comparação entre os custos operacionais dos veículos, os custos de manutenção viária e os de tempo de viagem, apurados em dois cenários: cenário atual e cenário pós-projeto. As diferenças entre o custo total da alternativa com projeto e o da alternativa base (sem projeto, apenas manutenção e conservação da rodovia) gerarão o fluxo de caixa do empreendimento. O modelo HDM foi apresentado na Seção 3.2 deste trabalho.

Cabe ressaltar que tanto os custos de manutenção e conservação quanto os custos das intervenções rodoviárias foram baseados nos Custos Médios Gerenciais, mês base no Sistema de Custos Rodoviários - Sicro 2, maio de 2010, disponível no *site* do DNIT.

Os benefícios diretos apurados neste trabalho são decorrentes de investimentos que implicam redução dos seguintes custos⁹:

- i. Custos operacionais dos veículos;
- ii. Custo tempo de viagem;
- iii. Custos de manutenção viária.

A análise de investimentos públicos, com o intuito de obter os reais benefícios para a sociedade, carece da exclusão de tributos, pois, eles não representam geração de riqueza apenas transferência de recursos entre os agentes econômicos. Desta forma, os valores dos custos e dos benefícios envolvidos nesta análise são valores econômicos, ou seja, deduzidos de tributos¹⁰. Foram considerados os valores anuais de benefícios e de custos, a cada ano, ao longo de 20 anos, período de vida útil de rodovias e admitiu-se a Taxa de Juros de Longo Prazo -TJLP, de 6% (maio 2010), como a taxa de desconto, capitalizada nos Contratos do BNDES. A análise inicia-se no ano de 2009 e o prazo estimado para execução da obra foi de dois anos (2009 e 2010) para os dois projetos. A partir do fluxo de caixa obtido, foram calculados os Indicadores de Viabilidade Econômica, a saber, Taxa Interna de Retorno (TIR); Valor Presente Líquido (VPL) e Relação Benefício-Custo (B/C), de acordo com as fórmulas a seguir:

$$i. \quad VPL = \sum_{t=0}^N \frac{(B - C)}{(1 + Tx)^t}, \text{ onde } B = \text{benefícios}; C = \text{custos e } Tx = \text{taxa de desconto (adotada TJLP=6\%)}$$

$$ii. \quad TIR: \quad VPL = 0 = \sum_{t=0}^N \frac{(B - C)}{(1 + TIR)^t}; \text{ dada pela taxa efetiva anual de juros que anula o VPL.}$$

⁹ Os dados de entrada utilizados no *software* HDM-4 para o cálculo do custo operacional dos veículos e do tempo de viagem estão presentes na planilha do Anexo A.

¹⁰ Valores utilizados (Econômico/Financeiro): Automóveis: 0,60; Gasolina: 0,47; Diesel: 0,78; Caminhões: 0,82; Ônibus: 0,83; Demais itens: 0,65. Fonte: Carga tributária para automóveis, gasolina e geral (demais itens) - dados 2009 do Instituto Brasileiro de Planejamento Tributário. Para caminhões: Informe Econômico, julho 2009, da Confederação Nacional do Transporte. Diesel: Fecombustíveis.

- iii. $B/C = \frac{VPLB}{VPLC}$, dada pelo quociente entre o VPL dos benefícios (VPLB) e o VPL dos custos (VPLC).

3.4.1. Análise Minas Gerais

Nesta seção, serão apresentadas as informações utilizadas na análise do projeto de pavimentação da Rodovia BR-146, no Estado de Minas Gerais e, em seguida, os resultados obtidos no *software* HDM-4, ou seja, os benefícios diretos do empreendimento proposto.

3.4.1.1. Dados de Entrada

A tabela a seguir apresenta o resumo dos dados utilizados na análise do projeto, a saber, os cenários avaliados e o valor orçado para obra em questão.

TABELA 3. 13 – Análise no HDM - Cenários e Custos

Cenário Atual: Pista Não-Pavimentada		
Extensão		86,6km
Larguras das pistas atuais		7m
Acostamentos		1,0m
Velocidade média		40km/h
Cenário Pós-projeto: Pista Pavimentada		
Extensão		86,6km
Larguras das pistas novas		7m (2 x 3,5m)
Acostamentos		2,5m
Velocidade média		80km/h
Valor da obra (milhões)		
Custo (2010)	R\$ / Km	Total (R\$)
Financeiro	2,355	203,943
Econômico	1,531	132,563

Fonte: Elaboração própria

A partir da análise da malha rodoviária da região onde passam as rodovias BR-146 e BR-265 (mapa da FIG. 3.3), verificou-se, com base no estudo de tráfego realizado na região (Contagem Volumétrica e Pesquisas de Origem e Destino¹¹), que a rodovia MG-050 e a BR-

¹¹ Contagem Volumétrica e Classificatória tem por finalidade determinar o volume de tráfego e classificá-lo por categoria de veículos em postos de contagem estratégicos previamente definidos. A Pesquisa Origem e Destino, por sua vez, objetiva determinar as características do tráfego que se utiliza da rodovia, caracterizando tanto os veículos quanto os usuários do sistema. A princípio, são objeto de levantamento o local de origem e destino das viagens, sua motivação e frequência, as características da frota e a carga transportada. Esse levantamento é realizado por meio de entrevistas com os usuários da via.

491 constituem, hoje, corredores por onde circula significativa parcela dos fluxos de tráfego Norte-Sul e Leste-Oeste do Estado de Minas Gerais. Provavelmente, os novos trechos (em projeto) serão uma opção de rota para estas viagens, tanto devido à redução da distância a ser percorrida, do tempo de viagem e do custo operacional quanto pelo conforto e pela segurança viária que deverão ser oferecidos pelas novas estradas.

FIGURA 3.3 - Malha Rodoviária Analisada – Minas Gerais



RODOVIAS

Federais

Duplicada	
Em Duplicação	
Pavimentada	
Em Pavimentação	
Implantada	
Em Implantação	
Leito Natural	
Planejada	
Concedida	
Distância Parcial em km	
Trechos MP 082/2002	
Unidade Local Federal	

Estaduais

Duplicada	
Em Duplicação	
Pavimentada	
Em Pavimentação	
Implantada	
Em Implantação	
Leito Natural	
Planejada	
Concedida	
Distância Parcial em km	
Rodovia Estadual Coincidente	
Unidade Local Estadual	

Fonte: www.dnit.gov.br

Nota: A Rodovia BR-146/MG, no segmento entre Passos e Bom Jesus da Penha, pertence aos trechos contidos na Medida Provisória nº 82, de 7 de dezembro de 2002, que prevê a transferência definitiva do domínio da malha rodoviária federal para os Estados, porém, até 31 de dezembro de 2012, foi autorizada a utilização de recursos federais nesses trechos.

A análise, no HDM, foi elaborada a partir da segmentação de trechos do projeto, conforme a diferenciação pelo tráfego - Volume Médio Diário (VMD)¹². A criação de segmentos homogêneos é muito aplicada neste tipo de análise, pois, facilita definir a intervenção mais adequada para cada segmento da rodovia. A tabela abaixo mostra os dados relacionados aos segmentos presentes nos dois cenários, sem e com a obra de pavimentação. Com base nesta tabela, pode-se observar que, no cenário pós-projeto, as Rodovias MG-050 e BR-491 perderão alguns veículos devido à concorrência gerada pela pavimentação da Rodovia BR-146 a qual terá seu volume de tráfego acrescido. A alteração do VMD, fruto da intervenção rodoviária, foi estimada a partir da Pesquisa de Origem e Destino constante no Relatório da Análise de Solução Técnica Adotada - Implantação e Pavimentação BR146/DNIT.

TABELA 3. 14 - Caracterização dos segmentos analisados

Cenário atual								
Segmento/Seção	Clima	Superfície	Extensão (Km)	Largura Pista (m)	Largura Acostamento (m)	Número de Faixas	Volume Médio Diário (VMD)	Ano VMD
BR491/MG	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	83,5	7,00	2,50	2	4.723	2009
MG-050: Entr. MG-344 - São Sebastião	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	26	7,00	2,50	2	4.794	2009
BR-146: Passos - Bom Jesus	Sub-húmido/Tropical	Cascalho	44	7,00	1,00	2	369	2009
MG-050: Passos- Entr. MG-344	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	18,1	7,00	2,50	2	7.736	2009
BR-146: Segmento 1	Sub-húmido/Tropical	Cascalho	0,24	7,00	1,00	2	264	2008
BR-146: Segmento 2	Sub-húmido/Tropical	Cascalho	18,36	7,00	1,00	2	490	2008
BR-146: Segmento 3	Sub-húmido/Tropical	Cascalho	23,97	7,00	1,00	2	791	2008
Cenário pós-projeto								
Segmento/Seção	Clima	Superfície	Extensão (Km)	Largura Pista (m)	Largura Acostamento (m)	Número de Faixas	Volume Médio Diário (VMD)	Ano VMD
BR491/MG	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	83,5	7,00	2,50	2	4.844	2011
MG-050: Entr. MG-344 - São Sebastião	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	26	7,00	2,50	2	4.289	2011
BR-146: Passos - Bom Jesus	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	44	7,00	2,50	2	1.557	2011
MG-050: Passos- Entr. MG-344	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	18,1	7,00	2,50	2	7.409	2011
BR-146: Segmento 1	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	0,24	7,00	2,50	2	1.284	2011
BR-146: Segmento 2	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	18,36	7,00	2,50	2	1.553	2011
BR-146: Segmento 3	Sub-húmido/Tropical	Asfalto Betuminoso	23,97	7,00	2,50	2	1.918	2011

Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponíveis no Relatório da Análise de Solução Técnica Adotada - Implantação e Pavimentação BR146/DNIT

O volume de tráfego após a conclusão da obra (a partir do ano de 2011) foi, por sua vez, obtido por meio de estimativa do tráfego normal, gerado e desviado (de outras rodovias) para cada segmento da BR-146. Já as demais rodovias terão seu volume de tráfego reduzido devido ao provável desvio de veículos para a nova pista pavimentada.

A parcela de tráfego desviado da MG-050 e da BR-491/MG para a BR-146/MG foi estimada a partir dos resultados obtidos nos postos da Pesquisa de Origem e Destino, nomeados de P-01 e P-02 . As entrevistas do P-01 foram realizadas no km 400,00 da MG-050 no Posto da

¹² Como padrão no DNIT, foi adotada a taxa de crescimento anual de 3%, para o horizonte de 20 anos, do volume de tráfego para todos os tipos de veículos.

Polícia Rodoviária de São Sebastião do Paraíso, já as do P-02 foram feitas no km 78,00 da BR-491/MG, próximo ao acesso para Guaxupé.

As pesquisas de origem e destino foram realizadas, na data de 25/10/2000, com o intuito de fornecer subsídios para a determinação do tráfego desviado para a BR-146/MG e foram elaboradas pela Consol - Engenheiros e Consultores Ltda. Com o objetivo de revisar o projeto de engenharia elaborado no ano de 2000, o Estudo de Tráfego da BR-146/MG passou por uma atualização. Para tanto, foi realizada, em 23/09/2009, nova Contagem Volumétrica e Classificatória, durante o período de 24 horas, no km 400,00 da MG-050 (Posto P-01). A intenção era calibrar a frota de veículos que demanda o trecho em estudo. Com base na composição do tráfego, obtida na nova contagem, foi elaborada redistribuição da frota de veículos, respeitando-se os valores absolutos de cada classe entrevistada no ano 2000.

Por fim, a parcela de tráfego gerado, para a BR-146/MG, foi estimada em 50% do tráfego normal obtido no posto P-03, instalado no km 397,00 da BR-146/MG próximo à localidade de Bom Jesus da Penha. O Posto P-03 operou durante 7 dias no período de 24 horas de 20 a 26/09/2009.

3.4.1.2. Indicadores de Viabilidade Econômica

De acordo com a análise desenvolvida no HDM, o empreendimento de Pavimentação da Rodovia BR-146/MG, Trecho: Entroncamento (Entr.) BR-354(A) - Divisa MG/SP (Monte Sião); Subtrecho: Entr. BR-265/MG-050 (Passos) - Entr. BR-491 (Guaxupé); Segmento: km 331,3 ao km 427,5, com 86,6km de extensão, demonstrou ser economicamente viável. A tabela abaixo apresenta os indicadores que corroboram a viabilidade econômica da referida obra no Estado de Minas Gerais.

TABELA 3. 15 - Indicadores de Viabilidade Econômica do projeto mineiro

Taxa Interna de Retorno	12,9%
Relação Custo/Benefício	2,39
Valor Presente Líquido (R\$ milhões)	152.197

Fonte: Elaboração própria

Segundo os resultados obtidos no HDM, estima-se que, no horizonte temporal de 20 anos, a pavimentação da Rodovia BR-146/MG irá gerar redução de 28,46% dos gastos com manutenção da malha rodoviária impactada por essa obra. Os veículos que circulam nessas rodovias terão a economia de 5,19% no seu custo operacional e a redução de 10,43% nos gastos com tempo de viagem. De maneira geral, a redução do custo de transporte será de 6,82%. Essas informações foram sintetizadas na TAB. 3.16.

TABELA 3. 16 - Resultado HDM-4 (R\$ milhões) – Análise Minas Gerais

Cenários	Custo da Manutenção (1)	Custo Operacional dos Veículos (2)	Custo do Tempo de Viagem (3)	Custo Total dos Usuários da Malha (2+3)
Atual	155,190	5.986,994	2.713,260	8.700,254
Pós Projeto	111,020	5.676,119	2.430,346	8.106,465
Variação	-28,46%	-5,19%	-10,43%	-6,82%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Relatório (HDM-4) - Road Agency and User Cost Streams (Undiscounted).

3.4.2. Análise Piauí

Análogo ao formato da Seção 3.4.1, a seguir, serão apresentadas as informações utilizadas na análise do projeto de pavimentação da Rodovia BR-135, no Estado do Piauí, os resultados obtidos, por meio do *software* HDM-4, e, conseqüentemente, os benefícios diretos do empreendimento proposto.

3.4.2.1. Dados de Entrada

A TAB. 3.17 apresenta o resumo dos dados utilizados na análise do projeto: os cenários avaliados comparativamente e o valor orçado da obra.

TABELA 3. 17 - Análise no HDM - Cenários e Custos

Cenário Atual: Pista Não Pavimentada		
Extensão		142,7km
Larguras das pistas atuais		7 a 8,5m
Acostamentos		0m
Velocidade média		40 a 50 km/h
Cenário Pós-projeto: Pista Pavimentada		
Extensão		142,7km
Larguras das pistas novas		7m (2 x 3,5m)
Acostamentos		2,5m
Velocidade média		80km/h
Valor da obra (milhões)		
Custo (2010)	R\$ / Km	Total (R\$)
Financeiro	2,355	336,059
Econômico	1,531	218,438

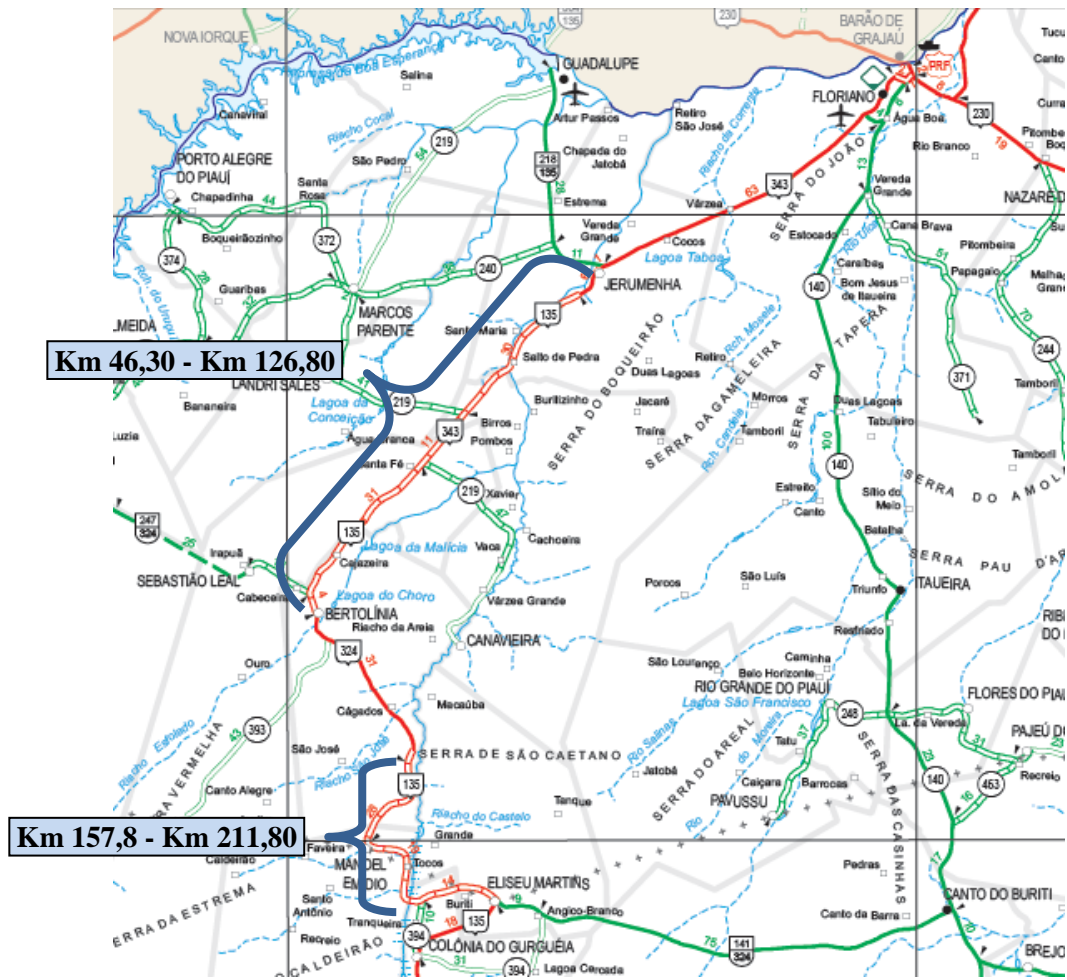
Fonte: Elaboração própria

Conforme já mencionado, o estudo de tráfego desse projeto foi obtido por informações de três estudos de viabilidade contratados pelo DNIT, a saber, Estudo de Viabilidade Técnica-Econômica e Ambiental (EVTEA) da rodovia BR-135/PI/BA/MG, Construção do Contorno Rodoviário de Floriano interligando a BR- 230/PI à BR-343/PI e Obras de Implantação e Adequação de Capacidade de Trechos da BR-020/BA/PI.

No Piauí, o tráfego após a conclusão da obra proposta foi estimado com base nas perspectivas de expansão do agronegócio (EVTEA BR-135/PI/BA/MG, 2009), em especial, da produção de soja, na área de influência do trecho. O diferencial entre o nível de produção de soja atual da empresa Bunge Alimentos S/A e sua capacidade de produção instalada associado à perspectiva de expansão da produção de algodão em caroço na área de influência, por aumento de área cultivada e de produtividade, estimada em 50%, e do milho, em 20%, sugerem a existência de forte potencial agrícola na região.

No mapa da Malha Rodoviária Analisada, FIG. 3.4, é possível visualizar a área de influência do projeto proposto. Nesse caso, foram consideradas, como região de influência direta, as cidades nas quais as rodovias da malha do projeto atravessam o território municipal, BR-324/PI-141, BR-343, PI-140 e a própria BR-135. O mapa a seguir, além da localização das rodovias, permite visualizar os municípios impactados pela obra, relacionados na TAB. 3.11 deste capítulo.

FIGURA 3.4 - Malha Rodoviária Analisada - Piauí



RODOVIAS	
Federais	Estaduais
Duplicada	Duplicada
Em Duplicação	Em Duplicação
Pavimentada	Pavimentada
Em Pavimentação	Em Pavimentação
Implantada	Implantada
Em Implantação	Em Implantação
Leito Natural	Leito Natural
Planejada	Planejada
Concedida	Concedida
Distância Parcial em km	Distância Parcial em km
Trechos MP 082/2002	Rodovia Estadual Coincidente
Unidade Local Federal	Unidade Local Estadual

Fonte: www.dnit.gov.br

Assim como foi feito para Minas Gérias, a análise para o Piauí partiu da segmentação dos trechos do projeto, seguindo a diferenciação pelo tráfego - Volume Médio Diário (VMD), com taxa de crescimento anual do tráfego de 3%.

A TAB. 3.18 apresenta as informações dos segmentos analisados nos dois cenários, sem e com a obra de pavimentação. No cenário pós-projeto, estima-se que haja desvio de tráfego das Rodovias BR-324/PI-141 e PI-140 para a Rodovia BR-135 pavimentada, conseqüentemente, esta rodovia exibirá acréscimo de veículos circulantes, assim como, o trecho da BR-343/PI que, nessa análise, aparece como continuação do trecho da BR-135 à cidade de Floriano (a averiguação é possível no mapa da FIG.3.4). A alteração do VMD fruto da intervenção rodoviária foi estimada a partir de estudos de tráfego.

TABELA 3. 18 - Caracterização dos segmentos analisados

Cenário atual								
Segmento/Seção	Clima	Superfície	Extensão (Km)	Largura Pista (m)	Largura Acostamento (m)	Número de Faixas	Volume Médio Diário (VMD)	Ano VMD
BR-324/PI-141: Eliseu Martins - Canto do Buriti	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	84,00	7,00	2,00	2	933	2008
BR-343: Floriano - Jerumenha	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	63,00	7,00	1,50	2	905	2008
BR-135: Bertolínea - Serra Xixa	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	2,20	6,20	0,80	2	201	2008
BR-135: Serra Xixa	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	0,74	6,20	0,80	2	201	2008
BR-135: Serra Xixa - Fim da pavimentação	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	22,00	6,00	0,00	2	201	2008
BR-135: Fim da pav. - Manoel Emídio	Semi-árido	Cascalho	26,00	8,00	0,00	2	201	2008
BR-135: Manoel Emídio - Eliseu Martins	Semi-árido	Cascalho	32,74	8,50	0,00	2	201	2008
BR-135: Jerumenha - Bertolínea	Semi-árido	Cascalho	84,00	7,00	0,00	2	201	2008
PI-140: Canto do Buriti - Floriano	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	157,00	7,00	2,50	2	2.461	2009
Cenário pós-projeto								
Segmento/Seção	Clima	Superfície	Extensão (Km)	Largura Pista (m)	Largura Acostamento (m)	Número de Faixas	Volume Médio Diário (VMD)	Ano VMD
BR-324/PI-141: Eliseu Martins - Canto do Buriti	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	84,00	7,00	2,00	2	861	2011
BR-343: Floriano - Jerumenha	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	63,00	7,00	1,50	2	979	2011
BR-135: Bertolínea - Serra Xixa	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	2,20	6,20	0,80	2	333	2011
BR-135: Serra Xixa	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	0,74	6,20	0,80	2	333	2011
BR-135: Serra Xixa - Fim da pavimentação	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	22,00	6,00	0,00	2	333	2011
BR-135: Fim da pav. - Manoel Emídio	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	26,00	7,00	2,50	2	333	2011
BR-135: Manoel Emídio - Eliseu Martins	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	32,74	7,00	2,50	2	333	2011
BR-135: Jerumenha - Bertolínea	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	84,00	7,00	2,50	2	333	2011
PI-140: Canto do Buriti - Floriano	Semi-árido	Asfalto Betuminoso	157,00	7,00	2,50	2	2.446	2011

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados disponíveis nos Relatórios dos Estudos de Viabilidade: BR-135 PI/BA/MG (Segmentos da BR-135), Contorno Rodoviário de Floriano/PI (Segmento: BR-343 Floriano - Jerumenha) e Implantação e Adequação de Capacidade de Trechos da BR-020/BA/PI (Segmentos: BR-324/PI-141 Eliseu Martins - Canto do Buriti e PI-140 Canto do Buriti - Floriano).

O tráfego desviado é a parcela do tráfego atraído de outras rotas para a BR-135/PI e foi estimado a partir da Pesquisa Origem e Destino (OD) realizada, em Floriano (Posto 01) e em Eliseu Martins (Posto 02), pelo consórcio entre as empresas Dynatest Engenharia Ltda e MRS Estudos Ambientais Ltda. Na OD, foram analisados os levantamentos de duas pesquisas, uma para veículos de passeio e outra para veículos de carga. As pesquisas foram realizadas entre os dias 26/08/2008 e 28/08/2008, de terça a quinta-feira, no horário das 06hs às 22hs. As informações coletadas foram analisadas sob o seguinte aspecto:

- i. Foram selecionados dados de origem e destino em que os usuários da rodovia utilizariam a BR-135/PI no trecho Jerumenha-Bertolândia-Eliseu Martins, caso estivesse pavimentada. Esses receberam prioridade 1;
- ii. Os dados em que os usuários afirmavam haver possibilidade de utilização do trecho estudado receberam a prioridade 2.
- iii. Os dados em que não há possibilidade de utilização da BR-135/PI no trecho receberam prioridade 3;

Em resumo, o tráfego desviado obteve a seguinte contribuição:

- Floriano: 0,333% dos veículos de passeio e 2,182% dos veículos de carga;
- Eliseu Martins: 6,543% dos veículos de passeio e 8,889% dos veículos de carga.

Como foi feita no horário das 06hs às 22hs, a OD foi ajustada em função das contagens volumétricas e classificatórias realizadas naqueles dias e no mesmo local. Desse modo, a amostra foi expandida ao correlacionar o percentual dos veículos entrevistados com o volume de tráfego registrado na contagem.

Segundo o EVTEA BR-135/PI/BA/MG (2009), os estudos socioeconômicos, realizados na região, foram desenvolvidos com base em levantamentos de campo, mediante entrevistas realizadas com representantes de empresas, de escritórios da EMATER e de prefeituras; com caminhoneiros e usuários das vias adjacentes aos trechos estudados; bem como por meio de registros fotográficos, artigos de jornais e publicações na internet, além de dados secundários levantados em órgãos oficiais de estatística como IBGE, IPEA, secretarias estaduais, entre outros. Esses estudos demonstraram que o tráfego gerado representa a circulação de veículos oriunda do desenvolvimento econômico e social da área de influência, ocasionado, entre outros fatores, pela pavimentação do trecho e indicam a geração do tráfego de 26 veículos diários de carga com capacidade de 40 toneladas em média, sendo essa capacidade de carga própria dos veículos tipo bitrem (3D4)¹³.

¹³ Bitrem é um caminhão que combina dois semi-reboques acoplados entre si por meio de uma quinta-rodinha situada na traseira do primeiro semi-reboque.

3.4.2.2. Indicadores de Viabilidade Econômica

Em resposta à análise realizada pelo HDM, o empreendimento de Pavimentação da Rodovia BR-135/PI, Trecho: DIV. MA/PI - DIV. PI/BA; Subtrecho: Entr. BR-343 (P/ Jerumenha) - Entr. BR-324(B) (P/ Eliseu Martins); Segmentos: Km 46,30 ao Km 126,80 e Km 157,8 ao Km 211,80, com 142,70 km de extensão, demonstrou ser economicamente inviável. A tabela abaixo exibe os indicadores que reforçam essa constatação.

TABELA 3. 19 - Indicadores de Viabilidade Econômica do projeto piauiense

Taxa Interna de Retorno	2,9%
Relação Custo/Benefício	0,75
Valor Presente Líquido (R\$ milhões)	-52.880

Fonte: Elaboração própria

Na análise da obra do Piauí, estima-se que, no horizonte temporal de 20 anos, a pavimentação da Rodovia BR-135/PI gerará redução de apenas 0,59% dos gastos com manutenção na malha rodoviária impactada por essa obra. Apesar do empreendimento, nesse enfoque, não se ter revelado economicamente viável, os veículos que utilizariam essa malha, após a obra, teriam a economia de 2,86% no seu custo operacional e a redução de 8,33% nos gastos com tempo de viagem. Em suma, prevê-se a redução de 4,44% no custo de transporte. Essas informações estão disponíveis na TAB. 3.20.

TABELA 3. 20 - Resultado HDM-4 (R\$ milhões) – Análise Piauí

Cenários	Custo da Manutenção (1)	Custo Operacional dos Veículos (2)	Custo do Tempo de Viagem (3)	Custo Total dos Usuários da Malha (2+3)
Atual	365,522	4.668,135	1.889,656	6.557,790
Pós Projeto	363,357	4.534,504	1.732,214	6.266,718
Variação	-0,59%	-2,86%	-8,33%	-4,44%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Relatório (HDM-4) - Road Agency and User Cost Streams (Undiscounted).

4. MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL (IMAGEM-B) E SUA INTERAÇÃO COM O HDM-4

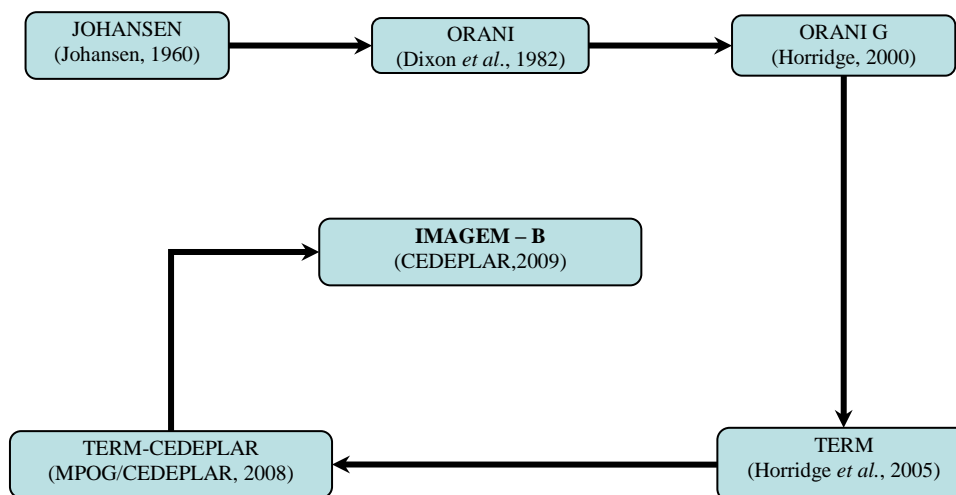
Modelos de equilíbrio geral computável consideram a economia como um sistema de mercados interdependentes, nos quais os valores numéricos de equilíbrio de todas as variáveis devem ser determinados simultaneamente. Qualquer perturbação exógena no ambiente econômico pode ser dimensionada através do cálculo do conjunto de variáveis endógenas da economia (Haddad, 1999). Modelos inter-regionais consideram ainda que os mercados possuem localizações bem definidas no espaço. (HADDAD, 2004, p. 12)

4.1. Antecedentes

Um dos primeiros modelos aplicados de equilíbrio geral foi publicado por Leif Johansen, em 1960, e tratava-se da análise dos impactos setoriais do processo de crescimento econômico na Noruega. Segundo a literatura específica, credita-se a possibilidade dessa modelagem da economia, num contexto multissetorial, à metodologia de insumo-produto desenvolvida por Leontief em 1951. Posteriormente, no final dos anos 70, pesquisadores do Banco Mundial construíram modelos de equilíbrio geral computável (EGC) para países em desenvolvimento. Entre seus primeiros modelos, encontra-se o de Adelman e Robinson (1978), destinado a estudar problemas de distribuição de renda na Coreia do Sul.

A experiência brasileira na aplicação de modelos de equilíbrio geral começou na década de 70 com enfoque essencialmente na questão da distribuição de renda. Na modelagem para a economia brasileira, podem ser citados os modelos PAPA (GUILHOTO, 1995), B-MARIA (HADDAD, 1999), EFES (HADDAD & DOMINGUES, 2001), e SPARTA (DOMINGUES, 2002). Resenhas de modelos para o Brasil podem ser encontradas em Domingues (2002).

A FIG. 4.1 esboça o processo de desenvolvimento que culminou no modelo IMAGEM-B. Cada modelo subsequente aprimora algum aspecto do seu antecessor. Este tópico será dedicado à descrição desse processo de desenvolvimento e à inserção do setor de transporte nos modelos de equilíbrio geral.

FIGURA 4.1 Desenvolvimento Histórico

Fonte: Elaboração própria

Conforme sequência presente na figura anterior, o governo australiano, na década de 70, financiou um sistema de análise de políticas econômicas que, anos depois, resultou no modelo ORANI (DIXON et al., 1982), o qual teve como base o método de Johansen. Posteriormente, a fim de avaliar políticas desagregadas regionalmente, foi inserido ao modelo ORANI um módulo regional com a abordagem denominada *top-down*. Esse tipo de abordagem permitiu que os resultados nacionais fossem “quebrados” regionalmente usando técnicas provenientes das análises insumo-produto, o que possibilitou a análise dos efeitos de políticas nacionais, ou de choques externos, sobre as economias subnacionais (SANTOS, 2006, p. 54).

Por meio da adaptação do ORANI, uma segunda geração de modelos EGC passou a utilizar a abordagem denominada *bottom-up* que consiste em considerar cada região uma economia separada. Em certa medida, é como se houvesse um modelo para cada região com interação entre elas e entre os agentes econômicos, regionais e nacionais. Neste caso, os resultados nacionais são obtidos por meio da agregação ponderada dos resultados regionais. Apesar da aparente supremacia desta abordagem em relação à *top-down*, há situações em que a utilização desta é justificável. Como Haddad argumentou, a abordagem *top-down* é útil nos casos, não muito raros, em que não é possível obter informações regionais.

A experiência recente demonstra que resultados gerados por modelos multi-regionais baseados na abordagem *bottom-up*, em que o comportamento dos agentes é especificado no nível regional, são sempre preferíveis a resultados de modelos *top-down*. A justificativa recai sobre os aspectos teóricos contidos na abordagem

bottom-up, que refletem de maneira mais precisa relações de interdependência espacial. Entretanto, a abordagem *top-down* sempre terá lugar como método de obtenção de resultados para agregações espaciais mais finas, dada a reduzida necessidade de informações para sua implementação. (HADDAD, 2004, p. 21-22)

Outro aprimoramento dos modelos EGC foi a transição de modelos estáticos para modelos dinâmicos, mais adequados para análises intertemporais do efeito de políticas públicas e outros choques exógenos sobre as variáveis econômicas. O exemplo mais famoso dos modelos dinâmicos tipo *bottom-up* é o *Monash Multiregional Forecasting Model*, Monash-MRF. O Monash-MRF, entretanto, exigia enorme quantidade de informações regionais e setoriais, além de alta capacidade computacional. Neste modelo, quando o produto do número de regiões pelo número de setores excedia 300, sua simulação era excessivamente lenta. No caso brasileiro, conforme explicação de Santos (2006), uma desagregação regional com abrangência estadual implicará em 27 regiões o que limitaria os setores produtivos em 11 e, caso o objetivo fosse maior desagregação setorial, não se poderia trabalhar com a análise estadual.

Neste contexto, como alternativa ao Monash-MRF, surgiu o modelo TERM, *The Enormous Regional Model*, também construído para a economia australiana de acordo com a abordagem de Johansen e decorre do contínuo desenvolvimento do modelo ORANI e de sua versão genérica, o ORANI-G (HORRIDGE, 2000). O modelo TERM também possui a abordagem *bottom-up* e foi elaborado com a finalidade de lidar com dados regionais altamente desagregados, maior número de regiões e de setores produtivos, por meio de hipóteses simplificadoras que diminuem a dimensão do modelo em comparação com o tamanho do Monash-MRF.

De acordo com Domingues et al. (2008), um dos avanços do modelo TERM em relação aos modelos regionais baseados no Monash-MRF é a capacidade computacional de trabalhar com grande número de regiões e setores a partir de base de dados mais restrita. Isso decorre da utilização da hipótese simplificadora na qual todos os usuários numa região em particular utilizem como origem as demais regiões em proporções fixas. Essa hipótese elimina a necessidade de dados de origem por usos específicos no destino o que simplifica o modelo. Dadas as restrições de informações regionais de fluxos de bens, pode-se considerar esse aspecto uma grande vantagem do modelo. No Brasil, por exemplo, existem matrizes de

comércio interestadual por setores (Vasconcelos e Oliveira, 2006), todavia, não há informação sobre a destinação por uso nas regiões compradoras. A informação disponível possibilita calibrar o modelo TERM para a economia brasileira, algo que foi feito no TERM-Cedeplar, explicitado adiante. Por fim, a partir de aprimoramentos do TERM, criou-se um mecanismo profícuo para a avaliação de políticas ou choques exógenos em países de extensão continental e carente de dados regionais, como o caso do Brasil.

Recentemente, o Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar/UFMG) desenvolveu o modelo TERM-Cedeplar, calibrado e implantado no âmbito do projeto “Estudo para Subsidiar a Abordagem da Dimensão Territorial do Desenvolvimento Nacional no PPA 2008-2011 e no Planejamento Governamental de Longo Prazo” do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. O modelo TERM-Cedeplar foi elaborado a partir da estrutura teórica do modelo TERM calibrado para a economia brasileira. O TERM, assim como sua versão brasileira, possuía estrutura matemática representada por equações linearizadas e seus resultados eram gerados em forma de taxas de crescimento.

O modelo utilizado neste trabalho é denominado *Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model-Brazil* (IMAGEM-B). O IMAGEM-B é um modelo de equilíbrio geral de integração multirregional para o Brasil também desenvolvido pelo Cedeplar-UFMG, seguindo a estrutura teórica do modelo TERM-Cedeplar. Cabe ressaltar que esse modelo foi devidamente testado pelo Cedeplar. Foram efetuados testes de homogeneidade para checar a existência de possíveis erros computacionais e de calibração, além disso, também foi realizada análise de sensibilidade dos parâmetros. O modelo IMAGEM-B evolui no sentido de apresentar uma extensão de decomposição *top-down* municipal ou microrregional completamente integrada ao módulo central *bottom-up*.

Além disso, o modelo presente neste trabalho apresenta uma modificação em relação ao trabalho de Domingues et al. (2007a), pois, incorpora nova estimação das elasticidades de comércio regional, Elasticidades Armington Regionais, que foi obtida a partir do banco de dados do modelo. Esta nova estimativa¹⁴, bem como a análise de sensibilidade de seus resultados, é importante no sentido de que reduções da margem de transporte repercutem

¹⁴ No Anexo B, será apresentada as Estimativas das Elasticidades de Comércio Regionais. Para maiores detalhes, ver MAGALHÃES (2009) e FARIA (2009).

diretamente nos preços relativos do comércio interestadual. Desta forma, o grau de substituição empregado neste modelo gera, em grande parte, outros efeitos na economia.

Mais especificamente em relação à análise de políticas de transporte, os modelos de equilíbrio geral computável que tratam explicitamente da questão dos custos de transporte são frutos de aprimoramentos recentes, a maioria surgiu nos anos 90. Segundo Almeida (2003), há duas razões para esse desenvolvimento tardio. Primeiro, os modelos de EGC com dimensão espacial exigem grande quantidade de dados e, além disso, há necessidade de elevados esforços computacionais que apenas foram alcançados com avanços recentes da informática.

Almeida (2003), a partir de uma revisão da literatura sobre o tema, aponta três maneiras utilizadas para incluir explicitamente os custos de transportes nos modelos EGC. Uma das formas é aplicar o pressuposto de Samuelson (2002) de custos de transportes *iceberg*, como em Bröcker (1998), Bröcker e Schneider (1998), Caspersen et al. (2000) e Hu (2002). Neste modo, parte do bem é usada no seu próprio transporte, ou seja, a quantidade da mercadoria que chega ao seu destino é menor que a quantidade enviada na origem. Uma maneira de introduzir os custos dos transportes *iceberg* é considerar uma tarifa de transporte que seja uma fração do bem consumida por uma unidade de distância.

Outra maneira de incluir os custos seria assumir o transporte como um setor exclusivo, com certa tecnologia de produção, que utilize insumos intermediários de outros setores e que adquira fatores primários de produção para executar o serviço de transporte de mercadorias. Nesta modelagem, os custos de deslocamento baseados em pares de origem e destino representam grande avanço nos modelos EGC, porém, significam maiores complicações na estrutura dos modelos (HADDAD, 2004). O modelo B-MARIA (HADDAD, 1999) foi um dos primeiros modelos para a economia brasileira a incorporar explicitamente os serviços de transporte, adotando a abordagem que tratar o transporte como um setor próprio.

Por último, alguns modelos, como Roson (1994) e Kim (2002), incorporam os custos de transporte construindo um módulo satélite. Desta maneira, criou-se uma espécie de insumo de transporte a ser inserido na função de produção do modelo de equilíbrio geral. Este módulo de transporte é modelado exogenamente e geram insumos de transporte que alimentam as funções de produção dos modelos EGC. A integração entre o modelo satélite e o modelo de equilíbrio geral é a variável tecnológica da produtividade. Mudanças no sistema de transporte

alteram os custos de transporte que, por sua vez, afetam a produtividade dos fatores da economia. Conforme Haddad (2004), a vantagem desta abordagem é a riqueza de detalhes geralmente presente no módulo de transporte que pode fornecer informações georreferenciadas relativas à infraestrutura logística da região em estudo.

Para o desenvolvimento de modelos com inclusão dos custos de transporte, Haddad vislumbra ainda abordagem híbrida que considera os apelos teóricos mais sólidos e consistentes da inclusão de setor de transporte regional e de informações mais detalhadas sobre a infraestrutura de transporte do sistema inter-regional, explicitadas por meio de modelo de transporte integrado ao modelo EGC. Além disso, Haddad argumenta que os avanços metodológicos também devam tornar estes instrumentos analíticos mais próximos dos planejadores de políticas públicas (HADDAD, 2004, p. 31).

Seguindo o raciocínio de HADDAD, o objetivo deste trabalho é integrar o modelo de transporte, HDM, ao modelo de EGC, IMAGEM-B de maneira a possibilitar a avaliação mais abrangente de políticas na área de transporte rodoviário. Assim como seu antecessor, TERM, a utilização do modelo IMAGEM-B possibilita simular os efeitos regionais de políticas na área de infraestrutura de transporte por meio da inserção de margens de transporte diferenciadas regionalmente em sua estrutura.

4.2. O modelo IMAGEM-B

A especificação teórica e a base de dados do IMAGEM-B pode ser encontrada em alguns trabalhos, alguns com enfoque no setor de transporte. Domingues et al. (2009), por exemplo, utilizou-se do IMAGEM-B para projetar os impactos de investimentos em infraestrutura, no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento, em Minas Gerais e suas microrregiões, assim como os efeitos de “vazamento” sobre os demais unidades da federação. O intuito era avaliar o impacto dos programas do PAC sobre o crescimento e a desigualdade regional, tendo como referência o Estado de Minas Gerais.

O trabalho de Faria (2009), similarmente, aplicou um modelo de EGC para projetar os impactos dos investimentos em duas obras rodoviárias (BR-101 e BR-163) sobre as economias diretamente afetadas pelos projetos e, também, os efeitos de “vazamento” para os demais estados brasileiros. Nesse trabalho, foram construídos dois cenários no modelo EGC

com a finalidade de obter os efeitos de curto prazo e os de longo prazo, aqueles relacionados à fase de construção e estes, à fase de operação.

Magalhães (2009), por sua vez, analisou os fluxos de comércio entre os estados brasileiros e mensurou as interconexões mais relevantes, a partir do modelo de equilíbrio geral IMAGEM-B. A autora explora os impactos da redução dos custos de transporte entre as Unidades da Federação, identificando os fluxos mais importantes para diferentes objetivos de política econômica: crescimento nacional, custos de produção, desigualdade regional, bem-estar social e crescimento regional, especificamente para a região Nordeste do Brasil.

Com um enfoque divergente dos demais trabalhos aqui citados, Domingues *et al.* (2010a) aplicou o IMAGEM-B com intuito de projetar os impactos econômicos da Copa do Mundo de 2014 sobre a economia brasileira, o estado de Minas Gerais e a região de Belo Horizonte, com especial atenção às fontes de financiamento (público, privado e BNDES). Nesse trabalho, foram avaliados os investimentos em reforma e construção de infra-estrutura esportiva (estádios) e urbana, divulgados pelo Ministério dos Esportes. No mesmo ano, os autores também projetaram os impactos econômicos da Copa do Mundo de 2014 sobre a economia brasileira e sobre os Estados-sede do Nordeste.

Além desses, Domingues *et al.* (2010b) apresentou cenário macroeconômico com detalhamento das repercussões regionais, por meio da articulação dos resultados de um modelo de consistência macroeconômica com o modelo IMAGEM-B. Novamente, o foco foram as repercussões do cenário macro no estado de Minas Gerais e nos seus municípios, no período 2010-2025.

4.3. Estrutura teórica e aplicada do modelo IMAGEM-B

O modelo IMAGEM-B é o primeiro modelo EGC inter-regional para a economia brasileira que possui uma extensão de decomposição *top-down* municipal completamente integrada ao módulo central *bottom-up*, ou seja, apresenta especificação multirregional integrada, decomposição *bottom-up* para os 27 estados e 36 setores e, *top-down* para 5507 municípios do Brasil. O modelo também contém 4 usuários finais (famílias, investimento, governo e exportações) e importações, para cada um dos 27 estados. A base de dados representa a

estrutura produtiva da economia brasileira em 2003 que apresenta um conjunto de 541.678 elementos numéricos, entre fluxos e parâmetros.

A escolha desse modelo resultou da possibilidade de simular os efeitos regionais e municipais de políticas públicas. No caso de infraestrutura de transporte, conforme mencionado, as principais vantagens do modelo IMAGEM-B consistem na capacidade de lidar com margens de transporte diferenciadas, o que permite detalhar especificamente políticas nessa área, e na habilidade computacional de trabalhar com grande número de regiões e setores a partir de base de dados mais simples, uma vez que, considera-se que todos os usuários de uma determinada região utilizem como origem as demais regiões em proporções fixas. Outro aspecto importante do modelo é que regiões com queda relativa do custo dos produtos aumentarão sua participação no mercado regional de destino. Desta forma, mesmo que os preços de produção estejam fixos, alterações nos custos de transporte afetam as participações regionais.

Por fim, o modelo multirregional de equilíbrio geral computável representa uma metodologia capaz de projetar o impacto de investimentos em infraestrutura localizados geograficamente, pois, levam em consideração as características estruturais e inter-regionais do sistema econômico brasileiro de forma integrada e consistente. Isso permite que os dados referentes às alterações do custo de transporte, obtidos por meio do modelo de transporte HDM-4, sejam utilizados para gerar os choques exógenos aplicados no modelo de EGC.

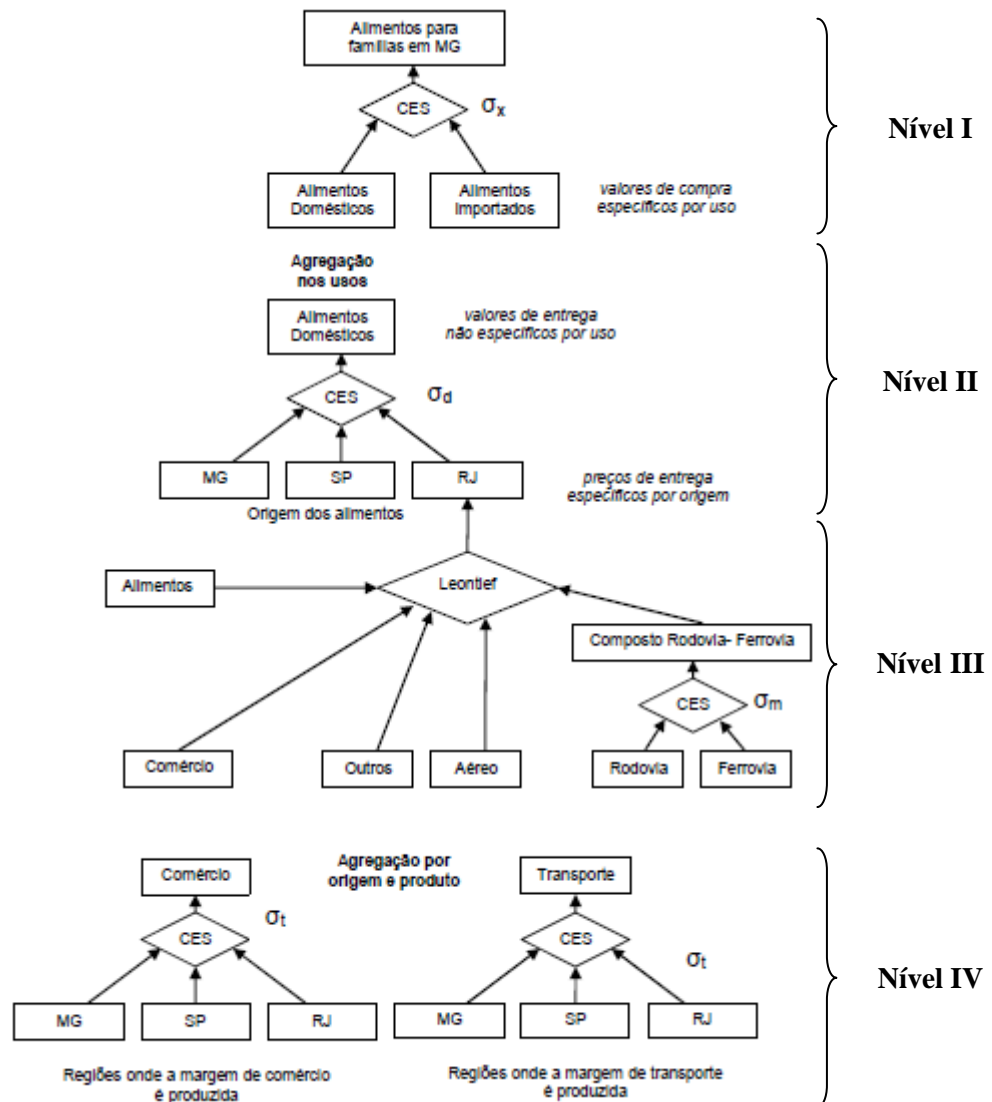
A seguir, serão apresentadas sucintamente características da estrutura teórica do modelo¹⁵. As equações comportamentais do IMAGEM-B estão disponíveis no Anexo D deste trabalho.

4.3.1. Mecanismo de composição por origem das demandas regionais

A composição da demanda, neste modelo, pode ser segmentada em quatro níveis, conforme a figura a seguir.

¹⁵ Esta seção segue Magalhães (2009) e Faria (2009).

FIGURA 4. 2 – Mecanismo de composição da demanda no modelo IMAGEM-B



Fonte: MAGALHÃES, 2009, p. 46.

Nota: Este esquema é o mesmo apresentado para o modelo TERM-CEDEPLAR.

No primeiro nível (I), as famílias decidem entre o bem doméstico e importado. Esta escolha é descrita por uma especificação CES (Elasticidade Constante de Substituição) de acordo com a Hipótese de Armington. As demandas são relacionadas aos valores de compra específicos por uso, sendo a elasticidade de substituição entre o composto doméstico e importado (σ_x) um parâmetro específico por bem, mas comum por uso e região de uso, embora, estimativas diferenciadas possam ser utilizadas. As demandas por bens domésticos numa região são agregadas para todos os usos de forma a determinar o valor total. A matriz de uso é valorada em preços de entrega que são compostos pelos valores básicos e de margem, excluindo impostos por uso específico.

O segundo nível (II) refere-se à origem do composto doméstico, ou seja, mostra a divisão do composto entre regiões de origem. A alocação dos bens também é feita por meio de especificação CES, com elasticidade estimada. Esta especificação implica que regiões com queda de custo relativo de produção aumentem sua participação no mercado da região de destino do produto. O mecanismo de substituição é baseado em preços de entrega que incluem margens de comércio e de transporte, portanto, mesmo que os preços de produção estejam fixos, alterações nos custos de transporte afetam as participações no mercado regionais.

O nível III representa a composição do preço do bem de uma região ao ser entregue em outra região. Este preço consiste no seu valor básico associado às margens de comércio e transporte rodoviário, ferroviário, e outros. A participação de cada componente no preço de entrega é determinada por função do tipo Leontief, de participações fixas. Essa é outra hipótese simplificadora do modelo, pois elimina substituição entre margens de comércio e de transporte dos diversos modais. A participação de cada margem no preço de entrega é uma combinação de origem, destino, bem e fonte. Assim, espera-se que a participação dos custos de transporte no preço de entrega seja elevada entre duas regiões distantes e para bens com elevada participação dos custos de transporte em seu preço.

As margens de comércio e transporte são distribuídas relativamente de forma equitativa entre origem e destino, ou entre regiões intermediárias no caso de transporte entre regiões mais distantes. Existe algum grau de substituição nos fornecedores de margem, regulada por uma elasticidade estimada (σ_t). Essa elasticidade pode capturar certa capacidade dos transportadores realocarem seus depósitos de armazenagem ao longo de rotas (um parâmetro típico para esta substituição é 0,5). Para as margens de comércio, por outro lado, espera-se que maior parte da margem seja produzida na região de destino (uso), então o escopo para substituição deve ser menor. No modelo, a elasticidade pode ser calibrada para algo próximo de zero, como 0,1. Essa estrutura está presente no nível IV da FIG. 4.2.

Novamente, a decisão de substituição é tomada no nível agregado (agregação por origem e produto). A hipótese implícita é que a participação de uma região na provisão de margens na comercialização de bens entre duas regiões é a mesma, independentemente do bem que seja transportado. O mesmo mecanismo de origem de fluxos é aplicado aos bens importados, mas considera-se sua origem o porto de entrada e não região de origem, ou seja, o mercado externo.

4.3.2. Tecnologia de produção setorial

Cada setor regional pode produzir mais de um produto com a utilização de insumos domésticos e importados, trabalho, capital e terra. Outra simplificação importante desse modelo diz respeito à hipótese da separabilidade. A fim de reduzir a quantidade de parâmetros necessários à simulação, assume-se que haja uma função de produção genérica para cada setor que seja composta por dois blocos: a produção setorial e a utilização dos insumos. Na composição dos insumos, há substituição entre fatores primários (terra, trabalho e capital) e entre o composto de fatores primários e insumos intermediários, porém, o fator terra, utilizado pela agropecuária, extrativa mineral, petróleo e gás e eletricidade, é fixo.

Na tecnologia de produção, também utiliza-se de funções CES, o que implica na adoção da Hipótese de Armington na diferenciação de produtos. Devido a essa hipótese, bens de diferentes origens (domésticos ou importados) são tratados como substitutos imperfeitos, o que permite que o modelo exiba padrões de comércio intrasetoriais não especializados, uma importante regularidade empírica encontrada na literatura (MAGALHÃES, 2009, p. 49-50).

A tecnologia de produção IMAGEM-B possui retornos constantes de escala. Apesar da teoria da Nova Geografia Econômica apontar para retornos crescentes de escala, a aplicação de modelos de EGC com essa característica não é corriqueira. A introdução de retornos crescentes nesses modelos pode causar problemas de existência ou multiplicidade de equilíbrios. Há razões teóricas e práticas para a manutenção da hipótese de retornos constantes. De maneira geral, pode-se solucionar os questionamentos se for considerado que os resultados obtidos nas simulações correspondam ao limite inferior dos benefícios dos investimentos, pois os retornos crescentes homogêneos, nos setores regionais, tendem a ampliar os impactos positivos e minimizar impactos negativos, decorrentes das hipóteses de fatores fixos no curto ou no longo prazo.

4.3.3. Demanda das famílias

Em relação à demanda das famílias, há um conjunto de famílias representativas em cada região que consome bens domésticos e importados. O tratamento dessa demanda é baseado em sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin. As equações de demanda são

derivadas a partir de um problema de maximização de utilidade e cuja solução segue etapas hierarquizadas. Na primeira etapa, ocorre a substituição CES entre bens domésticos e importados. Na etapa subsequente, há uma agregação Klein-Rubin dos bens compostos, de modo que a utilidade derivada do consumo é maximizada de acordo com a função de utilidade. Esta especificação dá origem ao Sistema Linear de Gastos (LES) no qual a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família.

4.3.4. Demanda por investimentos

Os investidores representam uma categoria de uso da demanda final, responsáveis pela produção de novas unidades de capital, Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF). Eles escolhem os insumos utilizados no processo de criação de capital por meio de um processo de minimização de custos sujeito a uma estrutura de tecnologia hierarquizada: no primeiro nível, uma função CES é utilizada na combinação de bens de origem doméstica e bens importados; no segundo, um agregado do conjunto dos insumos intermediários compostos é formado pela combinação em proporções fixas (Leontief), o que define o nível de produção do capital do setor. Assim como na tecnologia de produção, o bem de capital é produzido com insumos domésticos e importados. Vale ressaltar que nenhum fator primário é utilizado diretamente, como insumo, na formação de capital.

Em estática comparativa, a utilização do modelo implica que não há relação fixa entre capital e investimento, uma vez que eles variam de acordo com os requisitos específicos da simulação. Outro aspecto interessante é que, nessa modelagem, preocupa-se primordialmente com a forma como os gastos de investimento são alocados setorialmente e não com a determinação do investimento privado agregado. Além disso, a concepção temporal de investimento empregada não tem correspondência com o calendário normal.

4.3.5. Demanda por exportações do governo e estoques

Como, no modelo, o setor externo (Resto do Mundo) é exógeno, a hipótese usual é definir curvas de demanda negativamente inclinadas nos próprios preços no mercado mundial. Desta forma, tem-se um vetor de elasticidades, diferenciado por produto, mas não por região de

origem, que representa resposta da demanda externa a alterações no preço FOB das exportações. Assim, deslocamentos no preço e na demanda por exportações possibilitam choques nas curvas de demanda.

As funções de demanda por exportações representam a saída de bens compostos por uma determinada região (porto). Isso permite diferenciar o local de produção do bem exportado do seu ponto (região) de exportação. Essa informação está disponível no Sistema Alice, da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), e foi utilizado na calibração do modelo.

A demanda do governo regional não é modelada explicitamente. Ela representa a soma das demandas das esferas de governo (federal, estadual e municipal) e pode tanto ser guiada pela renda regional como por um cenário exógeno. Cabe ressaltar que o total do consumo por bens da Administração Pública foi dividido por estado e que se considerou a oferta de tais bens como local.

4.3.6. Mercado de Trabalho

Em relação à oferta de trabalho, não há teoria específica no modelo. As opções de operacionalização são: *i*) emprego exógeno, fixo ou com variações determinadas por características demográficas históricas, com salários ajustados endogenamente para equilibrar o mercado de trabalho regional; e *ii*) salário real (ou nominal) fixo e o emprego determinado pelo lado da demanda no mercado de trabalho.

Normalmente, na configuração considerada de curto prazo, todos os salários estão indexados ao índice de preços do consumo na região ou a um índice nacional de preços. Na configuração associada ao longo prazo, o emprego nacional é exógeno e implica resposta endógena do salário médio, com diferenciais de salários setoriais e regionais fixos. Nesse caso, há mobilidade intersetorial e regional de trabalho.

4.3.7. Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preço de compra

Por fim, o modelo opera com equações de equilíbrio de mercado para todos os bens consumidos localmente, tanto domésticos quanto importados. Os preços de compra para cada grupo de uso (produtores, investidores, famílias, exportadores e governo) são compostos pela soma dos valores básicos, impostos diretos e indiretos sobre vendas e margens transporte e comércio. Vale ressaltar que o preço de compra é igual ao preço de entrega acrescido os impostos¹⁶. Os impostos sobre vendas são tratados como taxas *ad valorem* sobre os fluxos básicos. Há equilíbrio no mercado de todos os bens, domésticos e importados, assim como, no mercado de fatores (capital e trabalho), em cada região. As demandas por margens de transporte e de comércio são proporcionais aos fluxos de bens aos quais as margens estão conectadas.

O IMAGEM-B é um dos primeiros modelos EGC para o Brasil que implementa a possibilidade de substituição entre modais de transporte (usos de margens de transporte). Especificamente, na versão utilizada neste trabalho, considera-se a possibilidade de substituição entre as margens de transporte rodoviário e ferroviário. A substituição entre os modais segue a especificação CES, como ocorre na substituição entre bens domésticos e importados. Assim, alteração no preço de algum modal gera substituição na margem em direção ao modal mais barato. (MAGALHÃES, 2009)

4.3.8. Modelo de decomposição municipal

Como o IMAGEM-B possui uma extensão de decomposição *top-down* municipal completamente integrada ao módulo central *bottom-up*, é possível projetar os resultados estaduais para os seus respectivos municípios, além disso, essa especificação garante que os indicadores municipais sejam consistentes com os resultados regionais, estaduais, setoriais e também nacionais.

¹⁶ Ao comparar com as definições usadas no *software* HDM, constata-se que o preço de compra corresponde ao custo financeiro e o preço de entrega, ao custo econômico.

Na especificação teórica do módulo municipal, o sistema de equações parte da classificação dos setores em duas categorias: municipal e estadual. Um setor municipal é aquele cuja dinâmica de crescimento no município segue as variações da demanda local. O estadual, por sua vez, cresce na mesma taxa em todos os municípios do respectivo estado, de forma que sua dinâmica está conectada ao nível de atividade do setor estadual. Neste caso, não há alteração da participação do setor municipal na economia do estado.

Já para os setores denominados municipais, a decomposição baseia-se na variação da demanda local, calculada via participação dos municípios no consumo das famílias. Assim, apenas o comportamento do consumo das famílias é distinto, entre os municípios de um estado. Logo, o efeito diferencial na demanda local, que gera a alteração na demanda dos setores municipais, não é influenciado por outros componentes da demanda final, tais como investimento, gastos do governo e exportações. Desta maneira, no caso dos setores definidos como municipais, há alteração da participação do setor na economia do estado, gerando efeito multiplicador diferenciado no território.

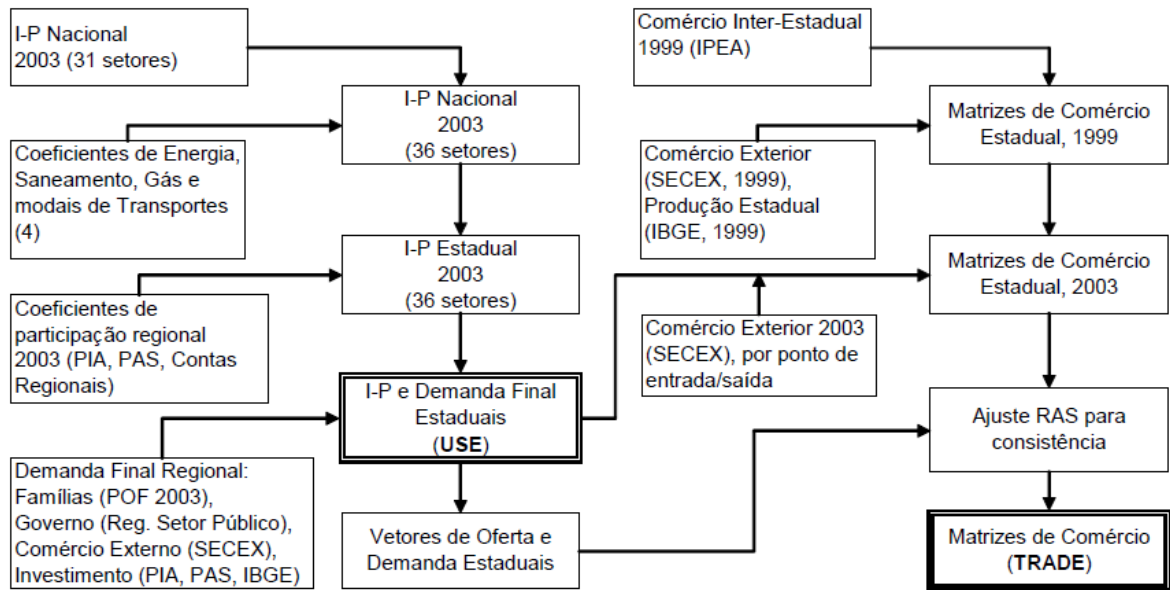
Sete setores foram definidos como municipais: água e saneamento, construção civil, comércio, serviços prestados às famílias, serviços prestados às empresas, aluguel de imóveis e serviços privados não mercantis. Os demais 29 setores¹⁷ são definidos como estaduais.

4.3.9. Base de dados e parâmetros

O núcleo do banco de dados do modelo é formado por dois conjuntos de matrizes representativas. O primeiro, denominado USE, representa as relações de uso de produtos domésticos e importados, em cada estado; o segundo, TRADE, consiste nos fluxos de comércio. Na FIG 4.3 , destacam-se esses conjuntos de matrizes. Nesta figura, são apresentadas as fontes de cada dado que compõe a estrutura deste modelo. O ano-base do banco de dados é 2003.

¹⁷ Ver Anexo C.

FIGURA 4.3 - Construção da base de dados do modelo IMAGEM-B



Fonte: DOMINGUES et al., 2007a, p. 06.

Um dos principais dados primários é as contas completas da matriz de Insumo-Produto Nacional de 2003, geradas a partir da metodologia desenvolvida por Guilhoto e Sesso Filho em 2005, agregados em 31 setores. A desagregação do setor de transportes em 4 modais (rodoviário, ferroviário, aéreo e outros) tem como origem as informações da PAS (Pesquisa Anual de Serviços) do IBGE. Informações mais detalhadas das diversas fontes dos dados utilizados e dos procedimentos de ajuste da matriz podem ser encontradas em Domingues, Magalhães e Ruiz (2008). Os dados de comércio interestadual foram calibrados com informações de Vasconcelos e Oliveira (2006) compatibilizadas para a estrutura do modelo a baseada na metodologia apresentada em Magalhães e Domingues (2008).

A figura a seguir detalha a composição do fluxo do banco de dados deste modelo.

demandantes finais: famílias (HOU), investimento (INV), governo (GOV), e exportações (EXP).

Vale destacar que todos os valores no conjunto USE são custos de entrega, que incluem os valores de margem de comércio e transporte utilizados para levar o bem até o usuário regional. O conjunto TRADE representa o fluxo de comércio entre os estados para cada um dos 36 produtos do modelo¹⁸, em suas origens, doméstica e importada. Nesse conjunto, o fluxo doméstico origem-destino de determinado produto representa o fluxo monetário entre dois estados para todos os usos no estado de origem, inclusive exportações. Como a matriz USE não possui informação sobre a origem regional de bens, a estrutura do modelo permite, a princípio, a existência de reexportações.

A matriz TAX, composta por receitas de impostos por bens, possui um elemento correspondente a cada elemento da matriz USE. A associação das matrizes de custo com fatores primários e impostos sobre a produção formam o custo de compra, ou valor do produto, de cada setor regional.

A matriz MAKE, na parte inferior da FIG. 4.4, representa o valor de produção do bem, por setor e por região. Embora a produção de diferentes bens em diferentes setores seja possível, o modelo será utilizado com a correspondência igual ao setor, assim, a matriz MAKE será quadrada e diagonal em cada região. Um subtotal da matriz MAKE, MAKE_I, mostra o total de produção de cada bem (c em COM) em cada região de destino d.

O modelo IMAGEM-B trata as variações de estoque de forma bastante simplificada. Primeiramente, as variações de estoque de importações são ignoradas. Para a produção doméstica, variações de estoque são tomadas como um destino da produção setorial, e o restante da produção irá para a matriz MAKE.

O lado direito da FIG.4.4 apresenta o mecanismo de oferta regional. A matriz chave é denominada TRADE que mostra o valor do comércio inter-regional por origem (r em ORG) e destino (d em DST) para cada bem (c em COM) doméstico ou importado (s em SRC). A diagonal dessa matriz (r = d) exhibe o valor do uso local que é ofertado localmente. Para bens

¹⁸ No Anexo C, é apresentada a lista dos setores presentes neste modelo.

importados ($s = \text{imp}$), o subscrito regional (r em ORG) indica o porto de entrada. A matriz IMPORT representa a entrada total de importações em cada porto e é simplesmente uma agregação (em DST) da parcela de importações de TRADE.

A matriz TRADMAR indica, para cada elemento da matriz TRADE, o valor da margem do bem (m em MAR) que é requerida para facilitar o seu fluxo. A soma das matrizes TRADE e TRADMAR gera a matriz DELIVRD, o valor de entrega (básico + margens) de todos os fluxos intra e inter-regionais. Note-se que TRADMAR não assume nenhuma hipótese sobre em que região o fluxo de margem é produzido, uma vez que o subscrito r refere-se à fonte do fluxo básico subjacente.

A matriz SUPPMAR representa os locais onde as margens são produzidas (p em PRD). Ela não possui o subscrito c (COM) e s (SRC), o que indica que, para todo o uso do bem de margem m utilizado na comercialização e no transporte da região r para a região d , a mesma proporção de m é produzida na região p . A soma de SUPPMAR para o subscrito p (em PRD) gera a matriz SUPPMAR_P, que deve ser idêntica ao subtotal de TRADMAR (na soma de c em COM e s em SRC), TRADMAR_CS. No modelo, TRADMAR_CS é uma agregação CES de SUPPMAR; margens, para um determinado bem e rota, são fornecidas de acordo com o preço daquela margem nas diversas regiões (p em PRD).

Um importante aspecto deste modelo é que todo o procedimento de geração do seu banco de dados e o teste de consistência foram operacionalizados no *software* GEMPACK (desenvolvida por Harrison e Pearson em 2002), por meio da construção de rotinas computacionais específicas, de forma a atualização das informações (Contas Regionais, Censo Agropecuário e Contas Nacionais) pode ser facilmente realizada.

A seguir, serão expostos os procedimentos efetuados para realizar as simulações do IMAGEM-B, bem como as hipóteses adotadas na criação de cenários por meio de diferentes fechamentos¹⁹ do modelo.

¹⁹ Definição de fechamento está presente na seção 4.4.

4.3.10. Método de Solução

Devido ao fato de o IMAGEM-B seguir a tradição australiana de modelagem, do tipo Johansen (equações linearizadas), erros de linearização são inerentes e, conseqüentemente, requerem algum tipo de correção. Para isso, existem métodos numéricos conhecidos com *multistep* ou métodos de correção do erro. Normalmente, eles consistem em particionamento dos choques e aproximações lineares para gerar respostas das variáveis endógenas. A precisão do modelo pode ser consideravelmente melhorada, ao dividir em partes a variação inicial na variável exógena e recalculá-la o novo equilíbrio a partir de cada uma dessas variações menores.

Por meio do *software* GEMPACK é possível, por aproximações sucessivas, obter o resultado equivalente ao dos métodos não-lineares de solução. O método Gragg, por exemplo, permite especificar maior número de passos em comparação com o método de Euler e, portanto, atinge uma solução mais acurada do sistema. Neste trabalho, foi utilizado o método Gragg com interpolação de resultados de 2, 4 e 6 passos.

4.4. Fechamentos e Simulações

De maneira geral, uma simulação com modelo de equilíbrio geral parte de um equilíbrio inicial do fluxo de renda da economia (*benchmark*) para novo equilíbrio, fruto de perturbação exógena. Os resultados das simulações são justamente a comparação entre os dois equilíbrios e são dados por taxas de crescimento.

A escolha do conjunto de variáveis endógenas e exógenas define o modo de operação do modelo de EGC numa simulação, referido na literatura como o fechamento do modelo. O fechamento consiste nas hipóteses de operacionalização do modelo, associadas ao horizonte temporal hipotético das simulações (não segue calendário), que se relaciona ao tempo necessário para a alteração das variáveis endógenas rumo ao novo equilíbrio. Os choques em variáveis exógenas ao modelo são considerados perturbações no equilíbrio.

Semelhante aos fechamentos adotados em Faria (2009) e similarmente à literatura de modelos de EGC, define-se que, no curto prazo, os estoques de capital são fixos, ao passo que, no

longo prazo, capital e trabalho podem deslocar-se inter-setorial e inter-regionalmente. O fechamento de curto prazo, mais especificamente, foi definido como a fase de construção da obra ou de investimento, e o de longo prazo, como a fase de operação da rodovia ou de oferta. Em suma, nas simulações de curto prazo foram adotadas as seguintes hipóteses (FARIA, 2009, p.74-75):

- i. Oferta de capital e terra fixas, com exceção da construção civil;
- ii. Emprego regional, e conseqüentemente nacional, endógeno (responde a variações no salário real regional);
- iii. Salário nominal regional indexado ao índice regional de preços do consumo;
- iv. Consumo real ajusta-se endogenamente para acomodar as necessidades de investimento;
- v. Saldo comercial externo, como proporção do PIB, endógeno;
- vi. Gasto real do governo exógeno.

Na fase de construção, as estimativas orçamentárias de cada projeto são consideradas choques exógenos na variável investimento, ou seja, haverá elevação na FBCF, e parte dos recursos da economia deve ser direcionada para setores e regiões onde será implantada cada obra. Desta forma, a oferta de trabalho ajusta-se endogenamente em resposta a variações no salário real estadual. Do lado do dispêndio, como o consumo do governo é fixo, a expansão exógena do investimento é acomodada pela variação no consumo das famílias. Logo, dada a variação do PIB pelo lado dos fatores (trabalho, no curto prazo), o consumo das famílias ajusta-se para assegurar a identidade macroeconômica básica da economia.

No caso das simulações de longo prazo, procura estimar-se os impactos dos investimentos após a construção das obras de pavimentação, portanto, a partir do momento em que eles passam efetivamente a operar dentro de cada economia regional. O fechamento do modelo no longo prazo segue as hipóteses tradicionais de modelos EGC:

- i. Oferta de capital elástica em todos os setores e estados, com taxas de retorno fixas;
- ii. Emprego regional exógeno e salário real regional endógeno, ou seja, a mobilidade do fator trabalho é movida por diferenciais de salário real;
- iii. Investimento endógeno, obtido pela soma dos investimentos setoriais estaduais;

- iv. Consumo real das famílias e gasto real do governo endógenos;
- v. Saldo comercial externo exógeno como proporção do PIB.

O fechamento de longo prazo representa a fase de operação, ou seja, período em que os projetos já foram implantados. Nesta fase, busca-se captar os efeitos dos investimentos em infraestrutura rodoviária sobre a elevação do estoque de capital setorial e da produtividade dos fatores. Os choques da fase de operação são definidos como a redução dos custos de transporte, obtidos nas simulações no HDM. Assim, o estado e os municípios beneficiados com os investimentos passam a ter vantagem relativa no sistema inter-regional, seja via produtividade de fatores seja por meio de aumento da participação na produção.

Além disso, a operacionalização do modelo dá-se pela simulação de cada agrupamento, no qual a estrutura aplicada ao modelo (equações linearizadas) permite que o resultado total seja obtido pela soma dos resultados parciais, para qualquer variável do modelo. A interpretação dos resultados é realizada pelas taxas de variação percentual anual das variáveis. Os números obtidos refletem a variação em relação à trajetória tendencial (*baseline*) da economia, representando apenas o efeito adicional dos referidos investimentos.

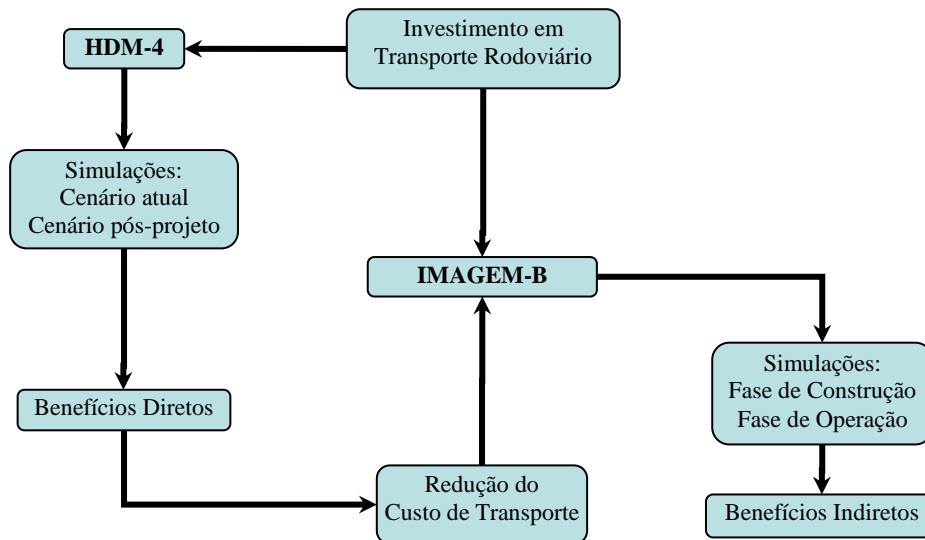
Na próxima seção, será relatada a interação entre o modelo de transporte (HDM-4) e o modelo de equilíbrio geral computável (IMAGEM-B).

4.5. Interação entre os modelos IMAGEM-B e HDM-4

O objetivo desta dissertação consiste em projetar impactos de investimentos em infraestrutura de transporte rodoviário em dois estados brasileiros: Minas Gerais e Piauí. Inicialmente, avaliou-se a viabilidade de intervenções rodoviárias nos dois estados utilizando a metodologia praticada no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), que consiste no cálculo dos benefícios diretos por meio do modelo de transporte *Highway Development and Management* (HDM). A partir de dados obtidos no HDM-4 (versão 1.4 do *software*), juntamente com os valores dos orçamentos das obras rodoviárias selecionadas, projetou-se os benefícios indiretos advindos das obras por meio do modelo de equilíbrio geral computável

IMAGEM-B. A FIG. 4.5 sintetiza o procedimento utilizado na avaliação das duas obras rodoviárias selecionadas.

FIGURA 4.5 - Interação do modelo de transporte (HDM-4) com o modelo de equilíbrio geral computável (IMAGEM-B)



Fonte: Elaboração própria.

Neste trabalho, foram realizadas quatro simulações, duas para cada projeto nos dois fechamentos do modelo, curto e longo prazo: Minas Gerais – fase de construção e fase de operação; Piauí – fase de construção e fase de operação. Em suma, a distinção básica entre estas duas fases se dá pelo fato de na primeira os estoques de capital são mantidos fixos, enquanto, na fase subsequente permite-se o deslocamento inter-setorial e inter-regional do capital e trabalho.

4.5.1. Choques da Fase de Construção

Na fase de construção, a estimativa do valor do orçamento de cada projeto representa o choque exógeno na variável investimento. Adotou-se o valor econômico dos orçamentos, porque representam, mais especificamente, a entrada de recurso na economia. A exclusão dos tributos implica avaliação mais precisa do impacto do investimento, o real efeito para a sociedade. Além disso, os indicadores de viabilidade gerados no HDM-4 também tiveram como base os valores econômicos dos empreendimentos. A TAB. 4.1 apresenta os valores

utilizados como choque na variável investimento. Cabe ressaltar que todos os valores estão com a mesma data-base do modelo e que foram ajustados conforme necessidade.

TABELA 4.1 - Choques de investimento das obras rodoviárias em cada estado

Custo Econômico (mil)	R\$ / Km	Total (R\$)
Minas Gerais	1.530,75	132.562,95
Piauí	1.530,75	218.438,03

Fonte: Elaboração própria

Por fim, o choque da fase de construção foi aplicado diretamente na variável investimento em transporte rodoviário (ITRA - Rodovias), nos respectivos estados. Como no modelo do IMAGEM-B não há o setor de “indústrias de rodovias” e considerando que o investimento em rodovias seja intensivo em construção civil de maneira semelhante aos investimentos em habitação (setor de aluguéis), adotou-se esse investimento como *proxy* para o investimento em rodovias.

O setor de construção civil representa 90% da composição do vetor de investimento de aluguel de imóveis, percentual considerado adequado para as obras de construção de rodovias. Desta forma, o choque sobre o investimento (ITRA - Rodovias) é relativo ao nível do investimento no setor de aluguel de imóveis, sendo possível utilizar esse setor para representar o estímulo adicional de recursos públicos nos estados.

4.5.2. Choques da Fase de Operação

No capítulo 3, apresentamos os resultados do modelo de transporte. A partir desses resultados, obteve-se a estimativa da redução do custo de transporte para os usuários da malha rodoviária que sofreriam impacto direto das obras analisadas. Para o estado de Minas Gerais, conforme TAB. 3.12, estima-se que a obra de pavimentação da rodovia BR-146, segmento entre Passos e Guaxupé, gerará a redução de 6,82% no custo de transporte da região. Já para o estado do Piauí, de acordo com a TAB. 3.14, estima-se que a obra de pavimentação da rodovia BR-135, segmento entre Jerumenha e Eliseu Martins, acarretará uma redução de 4,44% no custo de transporte da região.

Cabe ressaltar que apesar desse modelo possuir desagregação municipal, os choques são aplicados apenas no nível estadual. Desta forma, faz-se necessário projetar o impacto regional em cada estado. A falta de informações completas e precisas sobre a carga circulante em ambas as regiões, mineira e piauiense, dificulta a estimativa da representatividade de cada malha rodoviária analisada para o seu respectivo estado. Como alternativa, optou-se por estimar o quanto a malha rodoviária analisada em cada intervenção representa em quilometragem na malha estadual.

A malha impactada diretamente pela obra proposta para Minas Gerais corresponde a 214,20km, entre rodovias estaduais e federais pavimentadas. Como o estado possui uma malha pavimentada de 21.451,9km, a malha analisada para o projeto, seguindo o critério adotado, representa 1% (em km) das rodovias estaduais e federais pavimentadas que estão em território mineiro. Assim, a redução de custos de transporte seria de aproximadamente 0,068% no estado de Minas Gerais.

No Piauí, a malha rodoviária analisada no projeto corresponde a 471,60km e, como a malha rodoviária (estaduais e federais) piauiense possui 4.825,4km pavimentados, esta obra impactaria sobre cerca de 10% das rodovias que cortam este estado. Neste caso, a redução de custos de transporte seria de aproximadamente 0,434% no estado do Piauí. A TAB. 4.2 resume os cálculos realizados.

TABELA 4. 2 - Choques no custo de transporte

Rodovias Federais e Estaduais Pavimentadas	Minas Gerais	Piauí
<i>Redução do custo de transporte (HDM)</i>	-6,82%	-4,44%
Malha analisada no projeto (km)	214,20	471,60
Malha estadual (km)	21.451,90	4.825,40
Representatividade estadual malha-projeto	1,00%	9,77%
<i>Redução do custo de transporte estadual (IMAGEM-B)</i>	-0,068%	-0,434%

Fonte: Elaboração própria

Como o modelo IMAGEM-B não possui a capacidade de estimar a redução de custos de transportes decorrentes de investimentos, somente seu impacto, foram utilizados, nas simulações do modelo de EGC, os choques apresentados na TAB. 4.2. Esses choques foram aplicados diretamente em variáveis de mudança técnica, pois consistem na diminuição da necessidade direta e indireta por transporte.

Como a mudança tecnológica implica alteração da quantidade de insumo transporte requerida por unidade de produto, a variável utilizada para o choque foi ATRADMAR, termo de mudança tecnológica, nesse caso, no uso das margens de transporte rodoviário. Essa variável tecnológica entra no modelo por meio da equação da demanda por margens.

A demanda por margens tem o papel de facilitar o fluxo de mercadorias provenientes da região de origem (r) com destino a (d). Por meio de uma função de Leontief, a demanda por margens $XTRADMAR(c,s,m,r,d)$ é uma proporção de $XTRAD(c,s,r,d)$ multiplicado pelo termo de mudança tecnológica no uso da margem (m), $ATRADMAR(c,s,m,r,d)$.

$$XTRADMAR(c,s,m,r,d) = ATRADMAR(c,s,m,r,d) * XTRAD(c,s,r,d)$$

Além dessa variável, aplicou-se o mesmo choque na variável de mudança tecnológica em bens intermediários $AINT("transportes", i, d)$. Assim, o insumo intermediário tornou-se mais produtivo em todos os setores que usam o insumo na região. A equação a seguir representa a demanda pelo insumo intermediário (demanda do insumo c pelos setores i da região d). Similar à demanda por margens, o termo de mudança tecnológica é um componente da demanda por insumos intermediários.

$$XINT_s(c,i,d) = ATOT(i,d) * AINT_S(c,i,d) * XTOT(i,d)$$

O choque na tecnologia dos bens intermediários deve-se ao efeito direto do custo de transporte em bens que serão utilizados como insumo para a produção dos demais. Novamente, leva-se em consideração o efeito da redução de custos de transporte sobre a produtividade da economia.

Outro dado importante dessas simulações é que, para obter resultados municipais, assumiu-se que, o setor municipal de maior impacto deste tipo de investimento, a construção civil, apenas, existiria nos municípios classificados como área de influência direta (especificados no CAP. 3). A justificativa para esse procedimento deve-se ao fato de a construção civil ser considerada um setor local. Assim, foi possível projetar o impacto do choque estadual no âmbito municipal. Os empreendimentos irão impactar apenas na área de construção civil da região onde estão inseridos. Esse procedimento foi efetuado nas quatro simulações realizadas.

Este capítulo apresentou uma síntese acerca do modelo utilizado a fim de aferir estimativa dos benefícios indiretos de projetos rodoviários em distintos estados. Destacaram-se as principais características teóricas do modelo EGC, sua metodologia e os fechamentos utilizados nas simulações. Ao final, foi apresentada a integração entre o modelo HDM e o modelo EGC, explicitando os choques exógenos e suas associações com os cenários criados na simulação do modelo IMAGEM-B.

O próximo capítulo exibirá os resultados das simulações do IMAGEM-B e, em seguida, serão realizadas comparações com os resultados obtidos pelo HDM.

5. RESULTADOS E COMPARAÇÕES

O modelo IMAGEM-B permite analisar o papel de políticas de infraestrutura de transporte rodoviário na alocação de recursos no espaço. Investimentos em transporte rodoviário constituem formas de ampliar potencialidades do crescimento regional. A redução dos custos de transporte acarreta, em geral, ganhos de custo e acessibilidade em determinada região, o que repercute positivamente no padrão de vida da população local.

Melhorias na logística de transporte tendem a aumentar as vantagens competitivas de região, o que possibilita a expansão da área de mercado das firmas e a criação de oportunidades de acesso a mercados de insumos mais amplos. Além disso, de acordo com conclusões presente no trabalho de Almeida (2003), políticas que melhoram as condições dos transportes geram ganhos de bem-estar social, aumentam o desempenho econômico e reduzem as disparidades regionais, o que demonstra que o setor de transporte pode ser usado como instrumento de política regional a fim de minimizar as diferenças de renda entre as regiões.

O foco desta dissertação, entretanto, não é discutir questões relativas ao papel do setor de infraestrutura de transporte no desenvolvimento regional. Este trabalho parte da reconhecida importância da logística viária para crescimento e desenvolvimento econômico, presente na literatura, e tem como meta apresentar nova abordagem para avaliar, de maneira mais ampla, projetos nesta área. Nesse sentido, a fim de completar a metodologia proposta, este capítulo resume os resultados alcançados na segunda etapa da análise.

O capítulo contém os resultados obtidos por meio do modelo *Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model-Brazil* (IMAGEM-B) e está dividido entre resultados estaduais, setoriais, municipais da fase de construção e da fase de operação para cada estado. Neste trabalho, também será apresentado enfoque alternativo de avaliação que permite a comparação entre projetos, a Produtividade Marginal dos Investimentos (PMI). Por fim, será realizada uma discussão a respeito dos resultados obtidos no HDM e no IMAGEM-B.

5.1. Resultados Estaduais

Neste tópico, objetiva demonstrar-se o impacto da pavimentação das rodovias federais para seu respectivo estado. A TAB. 5.1 exibe os impactos da Obra Pavimentação da BR-146 para o Estado de Minas Gerais. Conforme tabela, estima-se variação positiva do PIB Real de Minas Gerais na ordem de 0,02%, no período de execução da obra (fase de construção), e de 0,002%, nos anos subsequentes (fase de operação). O nível de emprego e, em menor proporção, o consumo das famílias acompanharão a tendência de crescimento do PIB. Dessa forma, conclui-se que o aumento do consumo das famílias reflete o efeito positivo da expansão do emprego superior à participação das famílias no financiamento do aumento dos investimentos.

TABELA 5. 1 - Resultados Estaduais de Impacto - Minas Gerais

Variáveis	Fase Construção	Fase Operação
PIB Real	0,019%	0,002%
Emprego Agregado	0,017%	0,001%
Consumo das Famílias	0,014%	0,001%
Investimentos	0,196%	0,001%
Deflator do PIB	0,028%	-0,002%
IPC	0,011%	-0,001%
Importação (Volume)	0,027%	0,001%
Exportação (Volume)	-0,006%	0,001%
Governo - Arrecadação	(em milhões)	
<i>Comércio</i>	15,139	-0,016
<i>Produção</i>	9,891	-0,001

Fonte: Elaboração Própria

Além disso, ainda na fase de construção, é esperado acréscimo no nível de preços fruto do aquecimento do mercado consumidor, porém, o crescimento do Deflator do PIB será superior ao crescimento do Índice de Preços ao Consumidor (IPC), o que gerará ganho real de salário.

Na fase de execução da obra, as importações aumentarão, em grande parte, em razão da necessidade de adquirir máquinas e equipamentos no mercado externo, mas, sobretudo, devido ao efeito dos preços relativos descrito acima (elevação do deflator interno). O saldo comercial é deteriorado em virtude do aumento das importações associado à redução das exportações. Concluída a obra, o volume de importação e de exportação apresentarão pequena tendência de alta, 0,001% (fase de operação).

Em relação às contas públicas, estima-se que a arrecadação do governo referente ao setor de comércio e produção aumente na fase de construção e reduzida posteriormente. Já os investimentos, na primeira simulação, apresentarão incremento de aproximadamente 0,2% e de apenas 0,001% na fase seguinte.

Na fase de operação, o efeito da redução dos custos de transporte oriundo da intervenção rodoviária projetada é ínfimo diante da infraestrutura logística instalada em Minas Gerais. Nitidamente, os resultados na fase de operação foram pouco representativos.

O impacto da Obra Pavimentação da BR-135 para o Estado do Piauí revela ser, nessa análise, mais importante do que o efeito previsto para obra da BR-146/MG, especialmente no que se refere ao período de construção. Em análise inicial, pode observar-se que o valor monetário da obra no Piauí representa 2,52% do PIB piauiense, no ano de 2008, enquanto o investimento de Minas corresponde a 0,09% da renda do estado. Proporcionalmente, a representatividade dos investimentos é bastante diferente.

De acordo com a TAB. 5.2, projeta-se aumento no PIB Real do Piauí de 0,702%, no período de execução da obra, e de 0,006%, na fase de operação. O nível de emprego e o consumo das famílias apresentarão, em termos relativos, significativo aumento na fase de construção, apesar de o cenário ser revertido na fase de operação.

TABELA 5. 2 - Resultados Estaduais de Impacto - Piauí

Variáveis	Fase Construção	Fase Operação
PIB Real	0,702%	0,006%
Emprego Agregado	0,341%	-0,002%
Consumo das Famílias	0,336%	-0,002%
Investimentos	8,335%	-0,001%
Deflator do PIB	0,350%	-0,007%
IPC	0,095%	-0,002%
Importação (Volume)	0,678%	-0,004%
Exportação (Volume)	-0,073%	0,011%
Governo - Arrecadação	(em milhões)	
<i>Comércio</i>	17,378	-0,098
<i>Produção</i>	9,101	-0,059

Fonte: Elaboração Própria

O principal impacto de curto prazo, no Piauí, refere-se ao forte aumento anual adicional do investimento exógeno no estado (8,335%). Esse crescimento, em grande medida, será fruto da redução marginal no consumo das famílias, uma vez que, nesse modelo, os investimentos são financiados pela redução do consumo nacional. O resultado positivo do consumo piauiense (0,336%) é um indicativo de que, apesar de financiar o investimento, as famílias serão beneficiadas pelo efeito líquido positivo entre o resultado do aumento do nível de atividade e da renda das famílias. Além disso, devido ao baixo nível de renda piauiense, acredita-se que poderá ocorrer transferência de renda do resto do Brasil para o Piauí.

Assim como em Minas Gerais, na primeira fase, o empreendimento na área de transporte no Piauí gerará aquecimento do mercado consumidor e, conseqüentemente, aumento do índice de preços (0,35%) que será revertido na fase de operação. A elevação do Índice de Preços ao Consumidor (IPC), relativamente inferior à elevação do Deflator do PIB, estimulará o emprego por meio da variação do salário regional. Desta forma, é possível aumentar o PIB e o emprego diante de um cenário de rigidez do estoque de capital.

As importações também aumentarão na fase de execução da obra no Piauí, porém, esse incremento será superior ao estimado para o estado de Minas Gerais em razão da maior necessidade piauiense de importar máquina e equipamentos essenciais à execução da obra. A arrecadação do governo referente ao setor de comércio e produção também apresenta uma tendência de alta na fase de construção, reduzindo posteriormente.

No cenário de operação, estima-se que as importações exibam pequena contração e que haverá aumento das exportações. Cabe ressaltar que, nessa fase, a melhoria na infraestrutura de transporte, provavelmente, induzirá reduções no preço das exportações, aumento do grau de eficiência do setor, o que tornará os produtos nacionais (oriundos de cada estado) mais baratos e competitivos. Conforme os dados contidos nas tabelas 5.1 e 5.2, isso ocorrerá nos dois estados, porém, em maior proporção, no estado do Piauí.

Uma importante inferência obtida nessa análise consiste no fato de que a queda no nível de preços na fase de operação reflete a redução nos custos de transporte. Ao comparar a TAB. 5.1 à TAB. 5.2, pode aferir-se que o Estado do Piauí provavelmente apresentará maior

redução nos custos de transporte ou aumento da produtividade (Piauí -0,007% e Minas Gerais -0,002%).

5.2. Resultados Setoriais

Os resultados setoriais indicam, como esperado, maior impacto no setor de construção civil. Evidentemente, os impactos setoriais na fase de construção da obra estão direta e indiretamente relacionados à estrutura utilizada como insumo para os investimentos rodoviários. Em Minas Gerais, estima-se que o setor de construção civil terá um incremento de 0,159%. Setores como produtos minerais não-metálicos, máquinas e equipamentos, material elétrico e as instituições financeiras também, de acordo com os resultados, apresentam tendência de alta, porém, em patamar inferior a 0,02%. Os resultados na fase de operação seguem a mesma tendência da fase de construção, entretanto, a variação será consideravelmente inferior. Os dados estão presentes na tabela que se segue.

TABELA 5. 3 - Resultados Setoriais de Impacto - Minas Gerais

Setores	Fase Construção	Fase Operação
Produtos minerais não-metálicos	0,017%	0,004%
Máquinas e equipamentos	0,014%	0,002%
Material elétrico	0,014%	0,003%
Construção civil	0,159%	0,001%
Instituições financeiras	0,017%	0,001%

Fonte: Elaboração própria

De acordo com a TAB. 5.4, o investimento na BR-135, no Estado do Piauí, afetará fortemente o setor de construção civil piauiense que, no período de pavimentação da rodovia, terá incremento superior a 7%. Em outros setores, como os de produtos minerais não-metálicos, metalurgia básica e instituições financeiras, também são esperados consideráveis acréscimos anuais. De forma geral, os setores considerados como de suporte básico à construção de infraestrutura serão os mais beneficiados por esse tipo de investimento.

TABELA 5. 4 - Resultados Setoriais de Impacto - Piauí

Setores	Fase Construção	Fase Operação
Produtos minerais não-metálicos	1,506%	0,053%
Metalurgia Básica	0,874%	0,008%
Outros metalúrgicos	0,369%	0,011%
Máquinas e equipamentos	0,308%	0,003%
Material elétrico	0,536%	0,012%
Madeira, mobiliário e ind. diversas	0,414%	0,013%
Construção civil	7,628%	-0,001%
Instituições financeiras	0,852%	-0,002%

Fonte: Elaboração própria

No cenário da fase de operação, os resultados serão relativamente inferiores. Para as áreas de construção civil e de instituições financeiras, projeta-se pequenas quedas. No longo prazo, estima-se que os setores mais beneficiados serão justamente aqueles que são diretamente favorecidos pelos efeitos de redução de custos de transporte e pela elevação da produtividade, tais como produtos minerais não-metálicos, madeira, mobiliário e indústrias diversas.

5.3. Resultados Municipais

Conforme anteriormente mencionado, estimou-se também os impactos nos municípios pertencentes à área de influência direta das obras de pavimentação propostas. Em geral, prevê-se que o PIB municipal apresentará tendência de alta que será acompanhada pelo nível de emprego, porém, os resultados estimados para a fase de construção são, novamente, mais relevantes do que o efeito da redução dos custos de transporte decorrentes da obra prevista. A TAB. 5.5 sintetiza esses resultados.

TABELA 5. 5 - Resultados Municipais de Impacto - Minas Gerais

Municípios	PIB Real Municipal a custo de fatores		Emprego Agregado Municipal	
	Fase Construção	Fase Operação	Fase Construção	Fase Operação
Alpinópolis	0,015%	0,001%	0,015%	0,001%
Bom Jesus da Penha	0,004%	0,001%	0,006%	0,001%
Guaxupé	0,018%	0,001%	0,015%	0,001%
Jacuí	0,004%	0,001%	0,005%	0,001%
Passos	0,027%	0,001%	0,022%	0,001%
São Pedro da União	0,003%	0,001%	0,004%	0,001%
São Sebastião do Paraíso	0,016%	0,001%	0,017%	0,000%

Fonte: Elaboração própria

Em Minas Gerais, as simulações demonstraram perfil concentrador. Os resultados indicam que as maiores cidades apresentarão maior tendência de alta do nível de renda e emprego.

Como observado na TAB. 3.8, os municípios de Passo, Guaxupé, São Sebastião do Paraíso e, por último, Alpinópolis exibirão melhores resultados, especialmente na fase de construção, do que os demais municípios. O modelo IMAGEM-B, devido a sua composição *top-down* municipal, não considera o tamanho dos municípios, apenas sua estrutura. Desta forma, cidades menores, normalmente, possuem composição setorial que não se beneficia tanto dos efeitos das obras.

Diferentemente de Minas Gerais, os benefícios da obra do Piauí são melhor distribuídos, em razão da semelhante estrutura setorial entre os municípios. A exemplo de Colônia do Gurguéia, com população de apenas 6.035 no ano de 2010, pequenas cidades também beneficiar-se-ão da melhoria logística da região. Conforme tabela abaixo, o nível de renda de Colônia do Gurguéia crescerá cerca de 2% na fase de construção, seguida por Canto do Buriti, considerada, em termos relativos, de médio porte. Os resultados para o nível de emprego acompanharão esta tendência. Os efeitos da fase de operação, no Piauí também, serão menores.

TABELA 5. 6 - Resultados Municipais de Impacto - Piauí

Municípios	PIB Real Municipal a custo de fatores		Emprego Agregado Municipal	
	Fase Construção	Fase Operação	Fase Construção	Fase Operação
Bertolínia	0,997%	0,003%	0,531%	0,002%
Canavieira	0,005%	0,001%	0,009%	0,001%
Canto do Buriti	1,602%	0,003%	0,820%	0,002%
Colônia do Gurguéia	1,842%	0,001%	0,744%	0,000%
Eliseu Martins	0,225%	0,000%	0,165%	0,001%
Floriano	0,527%	-0,003%	0,243%	-0,005%
Jerumenha	0,000%	0,001%	-0,001%	0,001%
Manoel Emídio	1,059%	0,001%	0,570%	0,001%
Sebastião Leal	-0,002%	0,002%	-0,005%	0,002%

Fonte: Elaboração própria

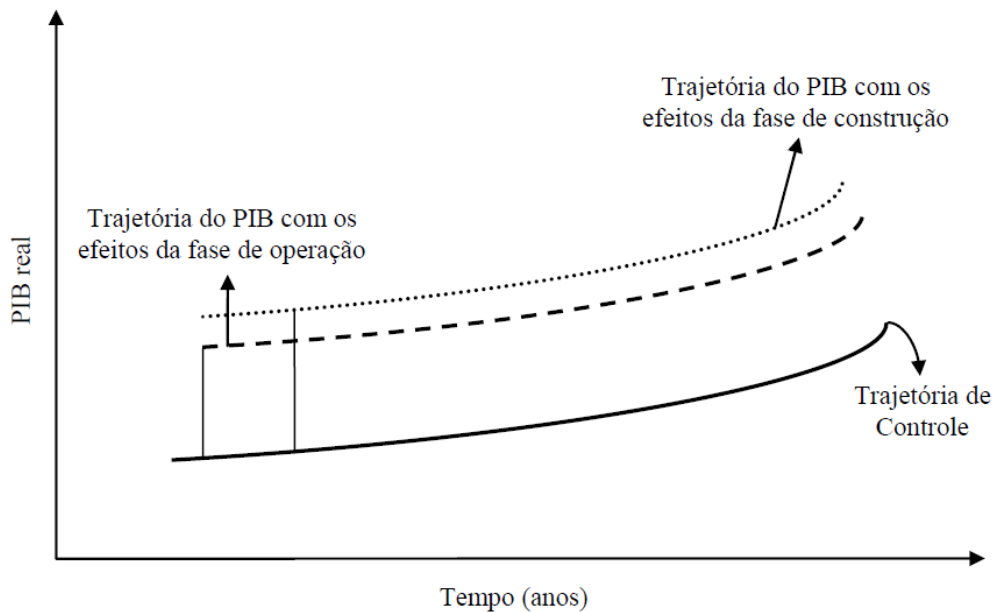
Em suma, pode observar-se que os valores encontrados no estado do Piauí são mais significativos e distribuídos do que os mineiros.

5.4. Produtividade Marginal dos Investimentos

Finalmente, com o intuito de auxiliar na comparação entre os projetos, optou-se por incluir à presente análise o indicador de Produtividade Marginal dos Investimentos (PMI). No enfoque do PMI, o objetivo é maximizar o produto, no caso, estadual, ao avaliar a produtividade marginal dos projetos, ou seja, os ganhos decorrentes do acréscimo contínuo no nível de

produção. O projeto que apresenta o maior indicador é considerado o de maior impacto no nível de renda estadual. Em síntese, o método do PMI consiste em exercício de estática comparativa a fim de projetar o fluxo marginal do PIB. A variação do PIB reflete seu desvio em relação à trajetória hipotética de evolução da renda da economia, conforme ilustrado na FIG. 5.1.

FIGURA 5.1 – Trajetórias Temporais do PIB Estadual



Fonte: FARIA, 2009, p.103.

A utilização desse enfoque, na seleção de projetos, nem sempre pode ser aplicada devido às dificuldades encontradas ao se mensurar o produto marginal. A partir dos resultados obtidos nas simulações do IMAGEM-B, entretanto, é possível calcular o PMI, uma vez que se obteve estimativas anuais da variação do fluxo da renda (PIB) geradas pelas intervenções rodoviárias propostas. O cálculo desse indicador consiste na razão entre o valor presente (VP) dos fluxos marginais do PIB e o valor do investimento.

$$PMI = \sum_{t=0}^N \frac{(FMPIB)}{(1+Tx)^t} / INV, \text{ onde } FMPIB = \text{fluxos marginais do PIB};$$

INV = investimento; Tx = taxa de desconto; N = período de análise.

Para o cálculo do PMI, de acordo com os procedimentos de análise empregados no Departamento Nacional de Infraestrutura, adotou-se o prazo de 20 anos como a vida útil para

projetos rodoviários e a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) de 6%, como taxa de desconto, parâmetros estes utilizados na análise realizada no HDM. A partir da disponibilidade dos dados, foi possível estimar o valor presente do fluxo marginal do PIB, contínuo e constante, ao longo do tempo.

As simulações foram realizadas de acordo com dois fechamentos: um referente à fase de construção e outro, à fase de operação. Como na concepção dos cenários criados no IMAGEM-B, é considerado, na primeira fase, o impacto dos investimentos e, na segunda, avaliado o impacto da redução dos custos de transporte sobre a economia.

No caso de Minas Gerais, conforme análise realizada por meio do IMAGEM-B, os investimentos envolvidos na fase de construção gerarão impacto adicional sobre o crescimento do PIB potencial de 0,019% (variação do PIB Estadual Real), o que equivale a R\$ 27,786 milhões no ano de 2008. Na fase de operação, o impacto da redução do custo de transporte gerará variação de 0,002% do PIB de Minas Gerais, o que representa R\$ 2,925 milhões em valores de 2008.

É importante ressaltar que, devido ao fato de que os dados de PIB Estadual mais recentes serem do ano de 2008, foi necessário deflacionar o valor dos investimentos, estimado em R\$ 122,372 milhões. No *site* do DNIT, estão disponíveis os Índices de Reajustamento de Obras Rodoviárias, utilizados para calcular o PMI com ano-base de 2008. A TAB 5.7 mostra os resultados do PMI para o Estado de Minas Gerais.

TABELA 5.7 - Produtividade Marginal dos Investimentos - Minas Gerais

Fase Construção	Fase Operação
3,48	0,29

Fonte: Elaboração própria

Os dados da TAB 5.7 revelam que a produtividade marginal do projeto é maior na fase de construção do que na fase de operação, algo esperado diante dos resultados apresentados nas seções anteriores. Os efeitos da ampliação dos investimentos na economia estadual revelam ter maior impacto do que as reduções no custo de transporte, referente à fase de operação.

Antes de tecerem-se comentários acerca dos resultados do PMI para o Piauí, presentes na TAB. 5.8, vale destacar a grande discrepância existente entre o nível de renda dos dois

estados. O PIB mineiro é cerca de 17 vezes maior do que o PIB do Piauí, o que indica que o peso dos investimentos, a princípio, é maior neste estado.

TABELA 5. 8 - Produtividade Marginal dos Investimentos - Piauí

Fase Construção	Fase Operação
4,63	0,03

Fonte: Elaboração própria

Em 2008, produto piauiense foi de R\$ 8.675,924 milhões. Dado o investimento no valor de R\$ 201,646 milhões, deflacionado para 2008, o crescimento potencial de 0,702% (variação do PIB Estadual Real), na fase de construção, equivale a R\$ 60,905 milhões em 2008, o que gera o indicador de produtividade marginal de 4,63.

Na fase de operação, embora, o resultado do estado do Piauí tenha sido 3 vezes superior ao de Minas, como a renda piauiense é a mais baixa do País, esse estado terá incremento na renda de apenas R\$0,521 milhões e PMI de 0,03, abaixo do apresentado por Minas Gerais.

Com a abordagem do PMI, pode-se aferir que os dados referentes ao estado do Piauí revelam que os investimentos gerarão produtividade marginal superior a do estado de Minas Gerais, porém, a redução dos custos de transporte não é suficiente para ocasionar grande impacto no longo prazo.

5.5. Comparações – Resultados HDM e IMAGEM-B

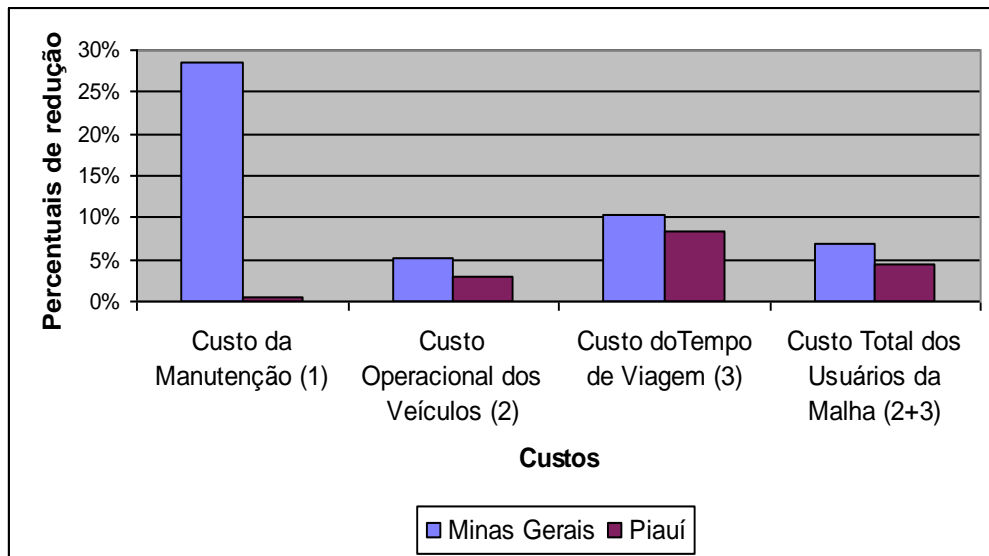
Finalizadas as duas metodologias de análise das intervenções no transporte rodoviário, neste ponto, é possível avaliar de forma mais ampla e consistente os dois projetos e, também, comparar os impactos dos projetos no estado e na região de influência direta.

Ao se considerar apenas os resultados do *software* HDM para os projetos em Minas Gerais e Piauí, na hipótese das execuções das obras serem excludentes, é provável que se escolha o projeto de Minas Gerais. Em conformidade com as tabelas 3.16 e 3.19, o projeto de Pavimentação da BR-146, no Estado de Minas Gerais, revelou ser economicamente viável: TIR 12,9%, VPL R\$152.197 milhões e relação Benefício-Custo 2,39. O projeto de

Pavimentação da BR-135, no Estado do Piauí, por sua vez, com base nesses parâmetros, demonstrou ser economicamente inviável: TIR 2,9%, VPL R\$ -52.880 milhões e B/C 0,75.

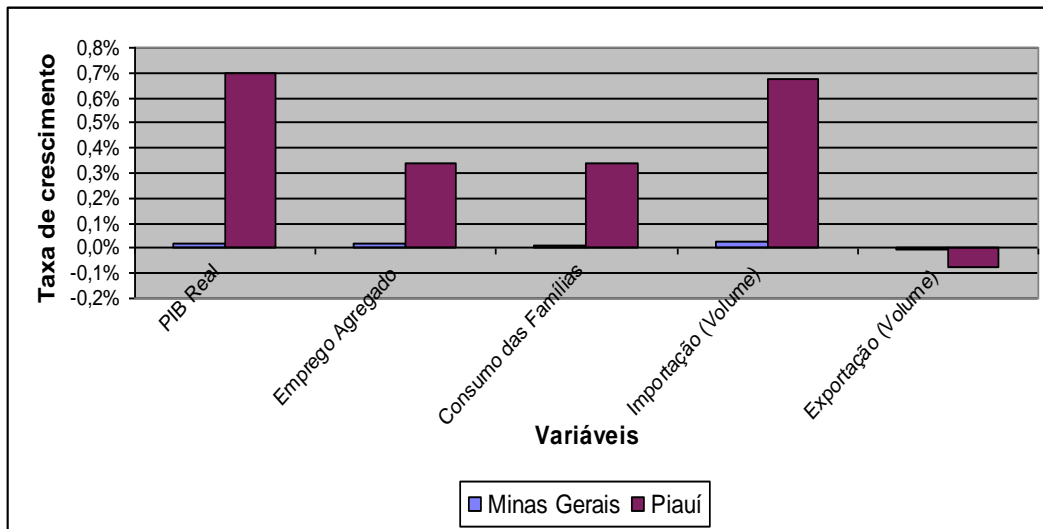
Os resultados obtidos pelo HDM, conforme já mencionado, são fortemente relacionados ao fluxo atual de tráfego regional. Nesta abordagem, regiões mais desenvolvidas e que dispõem de boa infraestrutura logística levam vantagem. Os benefícios diretos de obra rodoviária estão relacionados com o número de usuários da via. Dessa maneira, investimentos na área de transporte em regiões de pequena circulação da produção e com mercado regional incipiente são diferidos. Na FIG.5.2, é possível visualizar o resultado da análise realizada no HDM para o Estado de Minas Gerais e do Piauí.

FIGURA 5.2 - Benefícios diretos obtidos por meio do HDM



Fonte: Elaboração própria.

Já os impactos na economia regional projetados com a utilização do modelo IMAGEM-B, principalmente na fase de construção, indicam conclusões, de certa forma, divergentes do direcionamento apontado pela análise realizada no programa HDM.

FIGURA 5.3 - Benefícios indiretos (Fase de Construção) – interação entre os modelos

Fonte: Elaboração própria.

Com base nos resultados disponíveis nos tópicos anteriores e com a colaboração da FIG. 5.3, é possível verificar que os benefícios indiretos advindos destas obras serão relativamente mais fortes no estado mais carente de recursos. O investimento rodoviário revelou gerar maior impacto na economia piauiense, em termos relativos. A produtividade marginal dos investimentos também corrobora os resultados revelados pelo modelo de equilíbrio geral computável. Na fase de construção, o maior valor do índice PMI é encontrado no projeto de Pavimentação da BR-135/PI.

Na fase de operação, são considerados apenas os efeitos gerados pela redução do custo de transporte, ou seja, ganhos de produtividade. Evidentemente, apenas a construção de uma obra rodoviária, por mais importante que seja, não é capaz de criar mecanismos de desenvolvimento que se propague por muitos anos. Dessa forma, são justificáveis e esperados os resultados ínfimos da fase de operação em ambos os projetos.

Ao determinar a escolha definitiva de um projeto, diante de uma restrição orçamentária, cabe aos planejadores dar peso aos benefícios diretos e indiretos, a depender do foco do plano de governo. A análise realizada nesta dissertação sinaliza a obra de Pavimentação da BR-135/PI como a intervenção rodoviária de maior impacto na economia regional. Se a política de transporte tiver como meta o desenvolvimento regional e a redução das desigualdades regionais, investimentos na área de transporte em regiões carentes de infraestrutura devem ser priorizados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da metodologia de análise de investimentos em infraestrutura de transporte é fundamental para a priorização de ações na área. A fim de avaliar projetos de infraestrutura rodoviária, esta dissertação procurou unir dois métodos de análise: o modelo de transporte e o de equilíbrio geral computável. A seleção dos projetos também esteve entre os objetivos do trabalho, uma vez que se considerou importante comparar resultados das análises em regiões econômica e socialmente distintas. Para analisar esse aspecto, foram selecionadas uma obra de transporte rodoviário na região nordeste, Pavimentação da Rodovia BR-135/PI, no Estado do Piauí, e outra na região sudeste, Pavimentação da Rodovia BR-146/MG, no Estado de Minas Gerais.

Inicialmente, utilizou-se a metodologia praticada no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) com o intuito de obter os benefícios diretos por meio do modelo de transporte *Highway Development and Management* (HDM). Com base nos resultados da análise realizada no HDM, foram estimados os indicadores de viabilidade econômica para os dois projetos, bem como os percentuais de redução dos custos de transporte.

A partir dos choques nos custos de transporte obtidos na análise do HDM, aplicou-se o modelo de equilíbrio geral computável, IMAGEM-B, para a obtenção dos benefícios indiretos das respectivas obras rodoviárias. Por meio do IMAGEM-B, realizaram-se simulações nas quais projetou-se o impacto das obras nas principais variáveis socioeconômicas estaduais, setoriais e municipais.

Os resultados provenientes somente das análises realizadas no HDM indicaram que a obra de pavimentação, em Minas Gerais, teria impacto mais significativo no seu respectivo estado. Os benefícios diretos dessa obra revelaram ser substancialmente superiores aos resultados apurados na obra no Estado do Piauí. Na análise realizada no IMAGEM-B, no entanto, os resultados demonstraram o forte impacto da obra de pavimentação da BR-135/PI na economia piauiense, com considerável crescimento do consumo das famílias e do nível de emprego na região onde foi prevista a implantação da obra. Os resultados do IMAGEM-B para Minas Gerais, entretanto, revelaram ser menos significativos do que os do Piauí. Também com o auxílio do enfoque da Produtividade Marginal dos Investimentos, a avaliação mais ampla dos

empreendimentos evidencia que, diante de um cenário de restrição orçamentária, a obra no Estado do Piauí deve ser priorizada.

Enfim, ao associar os resultados do HDM às projeções das simulações feitas no IMAGEM-B, pode observar-se que a análise no HDM foi fortemente influenciada pela existência, em termos relativos, de adequada infraestrutura logística no Estado de Minas Gerais, o que acarretou imperfeita compreensão do impacto real dos investimentos rodoviários dessa magnitude, em uma região pouco desenvolvida, como é o caso do Estado do Piauí.

Cabe ressaltar, ainda, que uma metodologia não é preterida à outra. São complementares e interdependentes. Este trabalho contribui para demonstrar como que os procedimentos de avaliação de projetos de infraestrutura de transporte rodoviário podem ser melhorados por meio da conjunção de diferentes métodos de análise.

Embora esta dissertação represente importante avanço em direção à elaboração de eficientes práticas de avaliação de políticas de transporte rodoviário, alguns pontos dessa metodologia ainda são suscetíveis a aprimoramentos.

O HDM, por exemplo, não faz distribuição de tráfego em rede de rodovias, não calcula o custo de impactos ambientais como emissões e ruídos nem realiza análise de risco. Além disso, para avaliação no modelo, é necessário a obtenção de número significativo de dados, especialmente para sua calibração, o que exige considerável dispêndio de recursos e tempo.

Uma ressalva dos modelos de ECG refere-se ao fato de que os exercícios de estática comparativa não permitem que locais alterem sua condição de “vazios econômicos” em decorrência de choques exógenos. Isso, porque, se alguma variável apresentar valor nulo inicial, permanecerá com esse valor após o choque.

Além disso, é importante destacar que a aplicação dos resultados do HDM no IMAGEM-B não foi trivial. Como os choques exógenos são aplicados apenas em nível estadual e, no HDM, obtêm-se estimativas locais da redução dos custos de transporte, foi necessário projetar o impacto regional em cada estado, utilizando o procedimento disponível, o que, provavelmente, não é o mais adequado. A alternativa encontrada, frente à falta de dados que possibilitasse mensurar a importância da malha rodoviária analisada para seu respectivo

estado, foi a de estimar o quanto as rodovias analisadas em cada intervenção representa em quilometragem na malha estadual.

Por fim, a abordagem unificada do modelo de transporte *Highway Development and Management* (HDM) com o *Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model-Brazil* (IMAGEM-B) possibilitou a obtenção de resultados mais precisos do impacto de obras na área de transporte rodoviário e a análise mais acurada acerca dos benefícios de investimentos em regiões com baixa concentração de infraestrutura logística.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. S. D.; GUILHOTO, J. J. M. O custo de transporte como barreira ao comércio na integração econômica: o caso do Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 224-243, abr./jun. 2007.

ALMEIDA, E. S. **Um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial para planejamento e análise de políticas de transporte**. 2003. 242 f. Tese (Doutorado em Economia) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BANCO MUNDIAL. Departamento de Finanças, Setor Privado e Infra-estrutura, Região da América Latina e do Caribe. **Como revitalizar os investimentos em infra-estrutura no Brasil: políticas públicas para uma melhor participação do setor privado**. [S. l.: s. n.], 2007. Relatório nº 36624-BR, Volume I: Relatório Principal.

BENNETT, R. C; PATERSON, W. B. O. **A guide of calibration and adaptation**. Washington, D.C. World Bank, 2000. v.5.

BETARELLI JUNIOR, A. A. **Análise dos modais de transporte pela ótica dos blocos comerciais: uma abordagem inter-setorial de insumo-produto**. 2007. 173 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

BOARNET, M. G. **The direct and indirect economic effects of transportation infrastructure**. Irvine: The University of California Transportation Center, 1996.

BRASIL. Decreto nº 6025 de 22 de janeiro de 2007. Institui o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, o seu Comitê Gestor, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 22 jan. 2007a. Seção 1, Edição Extra, p.16.

BRASIL. Lei nº 10233 de 05 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, n. 109, 06 jun., 2001. Seção 1.

BRASIL. Lei nº 5908 de 20 de agosto de 1973. Autoriza o Poder Executivo a transformar o Grupo de Estudos para Integração da Política de Transportes em empresa pública, sob a denominação de Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 21 ago. 1973a. Seção 1.

BRASIL. Lei nº 5917 de 10 de setembro de 1973. Aprova o Plano Nacional de Viação e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 12 set. 1973b. Seção 1.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Manual de apresentação de estudos de viabilidade de projetos de grande vulto**. Brasília-DF, 2009a. Versão 2.0,

aprovada na 5ª reunião ordinária da Comissão de Monitoramento e Avaliação do Plano Plurianual 2008-2011 (CMA) – Resolução CMA/MP nº 5, de 17 de setembro de 2009.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura em Transporte. **Breve histórico sobre a evolução do planejamento nacional de transportes**. [200-]. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/historico-do-planejamento-de-transportes>>. Acesso em: 20 jun. 2010.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura em Transporte. **Instrução de Serviço/DG Nº 06**. Brasília-DF, 2007b.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura em Transporte. Portaria DNIT Nº 1.705, 14 nov. 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília DF, 20 nov. 2007c. Seção 1, p. 119.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Plano nacional de logística de transportes**. sumário executivo. [Brasília], 2007d.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Plano nacional de logística de transportes**. sumário executivo. [Brasília], 2009b.

BRASIL. Programa de Aceleração do Crescimento. **PAC transporte**. [S. l.: s. n.], [2007?]. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/pac/o-pac/pac-transportes>>. Acesso em: 29 abr. 2010.

CASTRO, N.; CARRIS, L.; RODRIGUES, B. Custos de transporte e a estrutura espacial do comércio interestadual brasileiro. **Revista Pesquisa Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 29, n.3, p.347-400, dez. 1999.

CAVALCANTI, B. S. **Reformas e políticas regulatórias na área de transportes**. [2002?]. Trabalho apresentado no Sétimo Congreso Internacional del Clad sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, realizado em Lisboa, Portugal, em 2002. Disponível em: <<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/CLAD/clad0044308.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2010.

DOMINGUES, E. P. **Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas**. 2002. 223 f. Tese (Doutorado em Economia) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

DOMINGUES, E. P. *et al.*. Redução das desigualdades regionais no Brasil: os impactos de investimentos em transporte rodoviário. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 35, 2007, Recife. **Anais ...** Belo Horizonte: ANPEC, 2007a.

DOMINGUES, E. P.; OLIVEIRA, H. C.; VIANA, F. D. F. **Investimentos em infraestrutura no nordeste: projeções de impacto e perspectivas de desenvolvimento**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2007b. (Texto para discussão, 319). 42 f.

DOMINGUES, E. P.; BETARELLI JUNIOR, A.; MAGALHÃES, A. S. **Copa do mundo 2014: impactos econômicos no Brasil, em Minas Gerais e Belo Horizonte**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2010a. (Texto para discussão, 382). 24 f.

DOMINGUES, E. P; FARIA, W. R; MAGALHÃES, A. S. Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 1, p.121 -158, abr. 2009.

DOMINGUES, E. P; MAGALHÃES, A. S; RUIZ, R. M. **Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na Região Nordeste**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2008. (Texto para discussão, 340). 25 f.

DOMINGUES, E. P. *et al.* **Cenário macroeconômico para a economia brasileira 2010-2025: repercussões no estado de Minas Gerais e seus municípios**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2010b. (Texto para discussão, 383). 28 f.

FARIA, W. R. **Efeitos regionais de investimentos em infra-estrutura de transporte rodoviário**. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FERREIRA, P. C. Investimento em infra-estrutura no Brasil: fatos estilizados e relações de longo prazo. **Revista Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 231-252, ago. 1996.

FERREIRA, P. C.; MALLIAGROS, T. G. **Investimentos, fontes de financiamento e evolução do setor de infra-estrutura no Brasil: 1950-1996**. Rio de Janeiro: FGV,EPGE, 1999. (Ensaio econômico da EPGE, 346). 40 f.

FRISCHTAK, C. R. O investimento em infra-estrutura no Brasil: histórico recente e perspectiva. **Pesquisa Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v.38, n. 2, p.307-348, ago. 2008.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA. **Plano estratégico de logística de transporte, PELT-Minas**. Belo Horizonte, 2007.

GARCIA, G. P. O financiamento à infra-estrutura e retomada do crescimento econômico sustentado. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v.16, n.3, p. 5-19. jul./set. 1996.

HADDAD, E. A. **Retornos crescentes, custos de transporte e crescimento regional**. 2004. 203 f. Tese (Livre-docência em Economia) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

HADDAD, E. A. *et al.* Avaliação dos impactos econômicos das políticas de infra-estrutura de transporte no Brasil: uma aplicação a duas rodovias federais em Minas Gerais. **Caderno BDMG**, Belo Horizonte, n. 16, p. 1-74, abr. 2008.

HORRIDGE, M. **ORANI-G: a general equilibrium model of the Australian economy**. [S. l: s. n.], 2000. (Working paper OP-93). 2000. Disponível em: <www.monash.edu.au/policy/elecpr/op93.htm>. Acesso em: 10 abr. 2010.

HORRIDGE, M.; MADDEN, J.; WITTEWER, G. The impact of the 2002-2003 drought on Australia. **Journal of Policy Modeling**, New York, v. 27, n. 3, p. 285-308, Apr. 2005.

KERALI, H.G.R. **Overview of HDM-4**. Washington, D.C.: World Bank, 2000. v. 1.

KERALI, H. G. R; MCMULLEN, D.; ODOK, J. B.: **Applications guide**. Washington, D.C.: World Bank. 2000. v. 2.

KLEIN, F. C. **Análise da influência de características geométricas de rodovias nos custos dos usuários utilizando o programa HDM-4**. 2005. 134 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

KRUGMAN, P. Geography and trade. Cambridge: MIT Press, 1991 *apud* CASTRO, N.; CARRIS, L.; RODRIGUES, B. Custos de Transporte e a Estrutura Espacial do Comércio Interestadual Brasileiro. **Revista Pesquisa Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v.29, n.3, p.347-400, dez. 1999.

LEAL, M. N.; FRANÇA, V. L. A. Reestruturação da produção agrícola e organização do espaço agrário piauiense: o agronegócio da commodity soja. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, n. 2, p. 13-28, jul./dez. 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/view/13786>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

MAGALHÃES, A. S. **O comércio por vias internas e seu papel sobre crescimento e desigualdade regional no Brasil**. 2009. 135 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P. Relações interestaduais e intersetoriais de comércio no Brasil: uma análise gravitacional e regional. **Revista da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 2, n. 1, p. 76-105, jan. /jun. 2008.

MEYER, J. R. Transport technologies for developing countries. **The American Economic Review**, Nashville, v. 56, n. 1/2, p. 83-90, Mar. 1966.

SANTOS, C. V. **Política tributária, nível de atividade econômica e bem-estar: lições de um modelo de equilíbrio inter-regional**. 2006. 139 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TORRES, C. E. G. **Transporte e desenvolvimento regional: uma análise de equilíbrio geral computável sobre os impactos na melhoria da infra-estrutura de transporte rodoviário em Minas Gerais**. 2009. 168 f. Tese (Doutorado em Economia) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

VASCONCELOS, J. R. D.; OLIVEIRA, M. A. D. **Análise da matriz por atividade econômica do comércio interestadual no Brasil - 1999**. Rio de Janeiro: IPEA, 2006. (Texto para discussão, 1159).

ANEXO A - Dados de Entrada para o Cálculo de Custo Operacional de Veículos e Tempo de Viagem (HDM-4)

DADOS DE ENTRADA PARA O CÁLCULO DE CUSTO OPERACIONAL DE VEÍCULOS E TEMPO DE VIAGEM PELO HDM

SALÁRIO MÍNIMO:

R\$ 510,00

MÊS BASE/ SICRO-2:

mai/10

TELAS DE ENTRADA		ATRIBUTOS DOS VEÍCULOS	UNIDADE	MOTOCICLETAS E AUTOMÓVIES		ÔNIBUS		CAMINHÃO			SEMI-REBOQUES			REBOQUES		
				V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	
1- DEFINIÇÃO	Nome	caracter	MOTOCICLETAS, MOTONETAS	AUTOMÓVIES E UTILITÁRIOS	ÔNIBUS TOCO	ÔNIBUS TRUCADO	CAMINHÃO 3/4	CAMINHÃO TOCO	CAMINHÃO TRUCADO	CAMINHÃO TRATOR TOCO + CARRETA 2 EIXOS	CAMINHÃO TRATOR TOCO + CARRETA 3 EIXOS	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + 2 CARRETAS (BITREM)	CAMINHÃO TRUCADO + 1 REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + 2 REBOQUES (RODOTREM)		
			Motocicleta	Carro Pequeno	Ônibus Médio - 2CB	Ônibus Pesado 3CB	Caminhão Leve 2CL	Caminhão Médio 2C	Caminhão Pesado 3C	Caminhão Semi- reboque 2S2	Caminhão Semi- reboque 2S3	Caminhão Semi- reboque 3D4	Caminhão Reboque 3D3	Caminhão Reboque 3T6		
	Método de Depreciação de Veículos	caracter	Vida Constante	Vida Constante	Vida Ótima	Vida Ótima	Vida Ótima	Vida Ótima	Vida Ótima	Vida Ótima	Vida Ótima	Vida Ótima	Vida Ótima	Vida Ótima		
2 - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	Físico	Espaço equivalente padrão de um carro de passageiros - PCSE	und	0,9	1,0	1,6	1,6	1,3	1,5	1,7	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	
		Número de rodas	und	2	4	6	8	6	6	10	14	18	26	22	34	
		Número de eixos	und	2	2	2	3	2	2	2	3	4	5	7	6	9
		Tipo de pneu	caracter	Bias-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply	Radial-ply
	Pneus	Base numero de recapagem (n.º de pneus recauchut.em uso)	und	0	0,5	2	2	2	2	3	4	5	8	7	10	
		Recauchute custo (% do custo do pneu novo)	%	100,00%	60,00%	32,00%	32,00%	32,00%	32,00%	32,00%	32,00%	32,00%	32,00%	32,00%	32,00%	
		km /ano	km/ano	14.800	24.600	84.000	84.000	48.000	60.000	84.000	96.000	96.000	96.000	96.000	96.000	
	Utilização	Horas de trabalho	hora/ano	285	475	2.044	2.450	1.576	1.970	2.450	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	
		Vida útil (média)	ano	10	8,834	9,42	9,42	8	8	8	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
		Uso privado	%	80	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Nº de Passageiros	peçoas	0	1	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Viagens de passageiro relacionadas trabalho	%	0	60	23,5	23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Capacidade	Fator de Eixo		0,0	0,0	2,7	2,0	0,7	2,7	2,0	4,4	4,3	5,3	6,0	6,9	
		Peso operacional (Tara + Carga Útil)	ton	0,2	2,0	16,0	19,5	6,5	16,0	23,0	33,0	41,5	57,0	50,0	74,0	
	3 - CUSTOS UNITÁRIOS ECONÔMICOS	Recursos dos Veículos	Veículo Novo - preço	R\$	4.301,05	16.518,00	160.039,80	194.537,10	82.410,00	157.921,34	191.962,00	233.162,90	265.142,90	311.345,80	297.122,90	343.325,80
Substituição de pneus (preço de 1 pneu)			R\$	82,55	101,40	646,75	646,75	266,50	646,75	646,75	646,75	646,75	646,75	793,00	793,00	793,00
Combustível			R\$/litro	1,20	1,20	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	
Óleo lubrificante			R\$/litro	5,99	5,99	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	
Trabalho de manutenção			R\$/hora	1,21	3,01	4,90	4,97	3,32	5,08	4,97	5,28	6,00	7,05	6,73	7,78	
Salário da Tripulação (Manual do SICRO-2, pag. 30)			R\$/hora	4,37	4,37	4,82	4,82	7,68	7,68	7,68	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	
Custo da administração anual (empresa de transporte)			R\$/ano	273,03	544,91	5.584,28	6.693,49	2.273,79	4.852,38	6.693,49	10.290,06	10.688,67	12.078,20	11.938,15	12.616,86	
Juros anuais (Privado)		%	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		
Valor do tempo		Tempo passageiro trabalhando	R\$/hora	0,00	7,53	4,52	4,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Tempo passageiro não trabalhando	R\$/hora	0,00	10,55	7,53	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Carga (dado regional)	R\$/hora														

Nota: Esses valores foram convertidos para Custo Econômico (Econômico/Financeiro). Automóveis: 0,60; Gasolina: 0,47; Diesel: 0,78; Caminhões:0,82; Ônibus: 0,83; Demais itens: 0,65.

Fonte: Carga tributária para automóveis, gasolina e geral (demais itens) - dados 2009 do Instituto Brasileiro de Planejamento Tributário. Para caminhões: Informe Econômico, julho 2009, da Confederação Nacional do Transporte. Diesel: Fecombustíveis

ANEXO B - Estimativas das Elasticidades de Comércio Regionais

Setores	Variáveis						R2	Amostra
	ln(PINV)	ln(PIBO)	ln(PIBD)	ln(DensO)	ln(DensD)	Constante		
Agropecuária	-3,887*	0,555*	-0,253*	-0,475*	0,177*	-10,89*	0.23	480
	0.424	0.077	0.070	0.072	0.056	1.052		
Metalurgia Básica	-1,541*	0,699*	-0,395*	0.05	0.02	-8,123*	0.28	352
	0.335	0.099	0.094	0.094	0.068	1.337		
Extrativa Mineral	-1,301*	0.01	0.05	0,407*	-0,254*	-6,492*	0.22	382
	0.199	0.080	0.077	0.070	0.070	0.683		
Petróleo e Gás	0.05	0,393*	-0.03	0.15	-0.05	-2,797*	0.10	217
	0.069	0.122	0.128	0.104	0.113	1.109		
Minerais Não Metálicos	-3,422*	0,702*	-0,375*	-0,166*	-0.04	-7,628*	0.34	417
	0.316	0.074	0.067	0.065	0.058	0.723		
Outros Metalúrgicos	-4,828*	0,730*	-0,315*	-0.07	0.04	-13,95*	0.20	390
	1.323	0.102	0.088	0.079	0.069	3.270		
Máquinas e Equipamentos	-29,51*	1,492*	-0,162*	-0,506*	-0.04	-81,58*	0.44	309
	5.919	0.109	0.079	0.087	0.073	16.475		
Material Elétrico	-3,035*	1,494*	-0,331*	-0,204*	-0.03	-6,244*	0.56	310
	0.530	0.100	0.071	0.077	0.061	1.093		
Equipamentos Eletrônicos	-2,044*	1,306*	-0,333*	-0.02	0.01	-5,443*	0.53	310
	0.714	0.100	0.077	0.071	0.066	1.651		
Indústria Automotiva	-5,187**	2,526*	-0.05	-0,637*	0.08	-5.18	0.70	184
	2.656	0.141	0.077	0.092	0.065	5.541		
Peças e Outros Veículos	-5,392*	1,276*	-0,201*	-0,697*	0,144*	-10,14**	0.36	343
	2.633	0.095	0.079	0.081	0.069	5.396		
Celulose, Papel e Gráfica	-7,575*	0,966*	-0,128**	0.09	-0,184*	-18,970*	0.48	355
	0.773	0.090	0.066	0.075	0.059	1.821		
Indústria da Borracha e Artigos Plásticos	-7,451*	1,377*	-0,253*	-0.07	-0.08	-17,86*	0.63	371
	0.879	0.076	0.055	0.057	0.048	2.046		
Elementos Químicos, Farmacêutica e Refino de Petróleo e Álcool	-0.35	1,070*	-0,161*	-0.02	-0.02	-1.87	0.42	398
	0.573	0.077	0.078	0.060	0.059	1.461		
Indústria Têxtil	-0.38	0,723*	-0.02	0,142**	-0.08	-3,700**	0.26	400
	0.563	0.081	0.093	0.073	0.071	1.908		
Artigos de Vestuário	0.61	0,470*	-0.03	0,382*	0.00	-2,256**	0.25	378
	0.447	0.070	0.072	0.074	0.063	1.337		
Fabricação de Calçados	-41,16*	0,787*	-0,253*	0,408*	-0,068**	-78,95*	0.46	361
	5.440	0.077	0.063	0.077	0.055	9.998		
Indústria de Alimentos, Bebidas e	-6,359*	0,594*	-0.09	-0.02	-0,141*	-17,15*	0.27	385
	0.899	0.091	0.075	0.082	0.066	2.209		
	-5,330*	0,650*	-0,290*	0.02	-0,185*	-11,44*	0.39	525
	0.447	0.058	0.057	0.046	0.049	0.842		

Fonte: MAGALHÃES, 2009, p. 132

Notas: * Valores significativos a 5% ** Valores significativos a 1%

Erros padrões robustos encontram-se abaixo das estimativas das elasticidades.

ANEXO C - Setores do IMAGEM-B

Nº	Setores	Descrição
1	Agropecuária	Agricultura, pecuária e serviços relacionados com essas atividades Silvicultura, exploração florestal e serviços relacionados a essas atividades Pesca, aquicultura e serviços relacionados com essas atividades
2	Extrativa mineral	Extração de carvão mineral Extração de minerais metálicos Extração de minerais não metálicos
3	Petróleo e gás	Extração de petróleo e serviços correlatos
4	Indústria de alimentos, bebidas e fumo	Fabricação de produtos alimentícios e bebidas Fabricação de produtos de fumo
5	Indústria têxtil	Fabricação de produtos têxteis
6	Artigos do vestuário	Confecção de artigos do vestuário e acessórios
7	Fabricação de calçados	Preparação de couro e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados
8	Celulose, papel e gráfica	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel Edição, impressão e reprodução de gravações
9	Elementos químicos, farmacêutica e veterinária	Fabricação de produtos químicos
10	Refino de petróleo e álcool	Fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool
11	Indústria da borracha e artigos plásticos	Fabricação de artigos de borracha e plástico
12	Minerais não metálicos	Fabricação de produtos de minerais não metálicos
13	Metalurgia básica	Metalurgia básica
14	Outros metalúrgicos	Fabricação de produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos
15	Máquinas e Equipamentos	Fabricação de máquinas e equipamentos Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática Fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios
16	Materiais elétricos	Fabricação de máquinas, equipamentos e materiais elétricos
17	Equipamentos eletrônicos	Fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações
18	Indústria Automotiva	Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias
19	Peças e outros veículos	Fabricação de outros equipamentos de transporte
20	Madeira, mobiliário e indústrias diversas	Fabricação de produtos de madeira Fabricação de móveis e indústrias diversas Reciclagem
21	Energia elétrica	Produção e distribuição de energia elétrica
22	Gás	Produção e distribuição de gás através de tubulações
23	Água e saneamento	Captação, tratamento e distribuição de água
24	Construção civil	Construção
25	Comércio	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas Comércio a varejo de combustíveis Comércio por atacado e intermediários do comércio Comércio varejista e reparação de objetos pessoais e domésticos
26	Transporte rodoviário	Transporte rodoviário de cargas, em geral
27	Transporte ferroviário	Transporte ferroviário
28	Transporte aéreo	Transporte aéreo
29	Transporte - Outros	Transporte aquaviário Transporte dutoviário Outros transportes terrestres
30	Comunicações	Correio e telecomunicações
31	Instituições Financeiras	Intermediação financeira, exclusive seguros e previdência privada Seguros e previdência privada Atividades auxiliares da intermediação financeira
32	Aluguel de Imóveis	Atividades imobiliárias
33	Serviços prestados à empresa	Aluguel de veículos, máquinas e equipamentos e de objetos pessoais Atividades de informática e conexas Pesquisa e desenvolvimento Serviços prestados principalmente as empresas
34	Administração pública	Administração pública, defesa e seguridade social

35	Serviços prestados à família	Alojamento e alimentação Atividades associativas, recreativas, culturais e desportivas Serviços pessoais e domésticos Educação
36	Serviços privados não mercantis	Organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais Outros - atividades que não foram classificadas pelas secretarias de fazenda das unidades federativas

Fonte: elaboração CEDEPLAR

ANEXO D - Equações comportamentais do IMAGEM-B

Esta seção foi apresentada tanto no trabalho de FARIA (2009) quanto no MAGALHÃES (2009) e trata-se das equações comportamentais subjacentes à teoria do IMAGEM-B.

Tabela 1 – Principais Conjuntos do Modelo

Índice	Conjunto	Descrição	Dimensão
s	SRC	Origem doméstica ou importada (ROW)	2
c	COM	Bens	36
m	MAR	Margens (comércio e transporte)	4
i	IND	Setores	36
d	DST	Regiões de uso (destino)	27
r	ORG	Regiões de origem	28
p	PRD	Regiões de produção de margens	27
f	FINDEM	Demandantes Finais (HOU, INV, GOV, EXP);	4
u	USER	Usuários = IND mais FINDEM	40

Fonte: Banco de Dados do Modelo IMAGEM-B

As seções 1.1 a 1.14 apresentam as equações em nível, entretanto, o modelo é codificado no GEMPACK como equações linearizadas. As seções 1.1 a 1.10, 1.13 e 1.14, são relativamente padronizadas, aplicadas a modelos na tradição ORANI (1982).

1.1. Escolha dos usuários entre produtos nacionais e importados

Este tópico inicia-se com o detalhamento do comportamento teórico do modelo para as equações que determinam a demanda composta de produtos nacionais e importados utilizados pelos produtores, famílias e investidores em determinada região (d). Cada usuário minimiza seu custo utilizando uma função CES (elasticidade de substituição constante) hierarquizada²⁰. Várias hierarquias seguem esse padrão, que abrange uma equação de quantidade e uma de preço.

A demanda intermediária dos produtores do setor i, de origem s com destino a região d, $XINT(c,s,i,d)$, é proporcional ao total de bens compostos c demandados pela setor i com destino a d, $XINT_S(c,i,d)$, e por um termo de preço elevado às elasticidades de substituição entre produtos nacionais e bens importados do bem c, $SIGMADOMIMP(c)$. O termo de preço

²⁰ Se $CES = 1$, a demanda é simplificada a uma Cobb-Douglas hierarquizada, participações no gasto permanecem constantes diante de mudanças nos preços relativos. Se $CES = 0$, a demanda segue a forma Leontief, proporções físicas constantes independentes do preço.

é relativo aos preços de compra do bem c com destino a d , $PPUR(c,s,i,d)$, e aos preços médios de compra na origem, $PPUR_S(c,i,d)$. Mudanças nos preços relativos dos produtos nacionais e importados induzem substituição em favor de bens relativamente mais baratos.

$$XINT(c,s,i,d)/XINT_S(c,i,d) = [PPUR(c,s,i,d)/PPUR_S(c,i,d)]^{-[SIGMADOMIMP(c)]} \quad (1.1)$$

Os preços médios de compra ao longo de todas as fontes, $PPUR_S(c,i,d)$, multiplicado pela quantidade composta do bem c pelo setor i em d , $XINT_S(c,i,d)$, iguala o valor da soma ao longo das fontes de $PPUR(c,s,i,d)$ multiplicada por $XINT(c,s,i,d)$.

$$PPUR_S(c,i,d)*XINT_S(c,i,d) = \sum\{s, SRC, PPUR(c,s,i,d)*XINT(c,s,i,d)\} \quad (1.2)$$

Da mesma forma, a demanda por produtos domésticos e importados das famílias na região d , $XHOU(c,s,d)$, é proporcional ao total de bens compostos c demandados pelas famílias na região d , $XHOU_S(c,d)$, e ao termo de preço elevado às elasticidades de substituição entre bens domésticos e importados, $SIGMADOMIMP(c)$. O termo de preço é o preço relativo de compra do bem c demandados pelas famílias com origem s na região de destino d , $PPUR(c,s,"Hou",d)$, e os preços do bem c ao consumidor em d é $PHOU(c,d)$.

$$XHOU(c,s,d)/XHOU_S(c,d) = [PPUR(c,s,"HOU",d)/PHOU(c,d)]^{-[SIGMADOMIMP(c)]} \quad (1.3)$$

Seguindo mesmo raciocínio, o termo de preço $PPUR_S(c,"Hou",d)$ multiplicado pela quantidade composta do bem c das famílias em d , $XHOU_S(c,d)$, é igual a soma ao longo das fontes de $PPUR(c,s,"Hou",d)$, multiplicado por $XINT(c,s,"Hou",d)$.

$$PPUR_S(c,"hou",d)*XHOU_S(c,d) = \sum\{s, SRC, PPUR(c,s,"hou",d)*XHOU(c,s,d)\} \quad (1.4)$$

A demanda por produtos domésticos e importados dos investidores na região d , $XINV(c,s,d)$, é proporcional à demanda composta de bens dos investidores totais, $XINV_S(c,d)$ e ao preço elevado às elasticidades de substituição entre produtos domésticos e importados do bem c , $SIGMADOMIMP(c)$. O termo de preço é o preço de compra por origem dos bens de investimento.

$$XINV(c,s,d)/XINV_S(c,d)=[PPUR(c,s,"INV",d)/PINVEST(c,d)]^{-SIGMADOMIMP(c)} \quad (1.5)$$

O preço agregado do bem c no setor de $PPUR_S(c, "inv", d)$, multiplicado pela quantidade de investimento composto, $XINV_S(c, d)$, é igual à soma das origens de $PPUR(c, s, "inv", d)$, multiplicado por $XINV(c, s, "inv", d)$.

$$PPUR_S(c, "inv", d) * XINV_S(c, d) = \sum \{s, SRC, PPUR(c, s, "inv", d) * XINV(c, s, d)\} \quad (1.6)$$

1.2. Composição do trabalho por tipo

Em seguida, foram considerados os tipos de trabalho para minimizar os custos desse fator. Este aninhamento é expresso pelas equações que determinam a demanda por trabalho da indústria i , empregando diferentes ocupações, $XLAB(i, o, d)$, e os salários por indústria, ocupação e região, $PLAB(i, o, d)$.

$XLAB(i, o, d)$ é proporcional ao insumo trabalho efetivo, $XLAB_O(c, i, d)$, e um termo de salário elevado às elasticidades de substituição entre o trabalho em cada indústria i , $SIGMALAB(i)$. O termo salário é composto por taxas de salário, $PLAB(i, o, d)$, em relação ao preço composto do trabalho, $PLAB_O(i, d)$. Mudanças nos preços relativos dos diferentes tipos de trabalho induzem substituição em favor de ocupações relativamente mais baratas.

$$XLAB(i, o, d) / XLAB_O(i, d) = [PLAB(i, o, d) / PLAB_O(i, d)]^{-SIGMALAB(i)} \quad (2.1)$$

Obtém-se a solução dos salários a partir da equação salarial, que representa o rendimento composto do trabalho, $PLAB_O(i, d)$.

$$PLAB_O(i, d) * XLAB_O(i, d) = \sum \{o, OCC, PLAB(i, o, d) * XLAB(i, o, d)\} \quad (2.2)$$

1.3. Demanda por fatores primários

Após calcular as demandas por trabalho aninhadas, necessita-se explicar as demandas por fatores primários baseadas na minimização de custo. Trabalho efetivo, capital, custo e terra são combinados por meio de uma função CES. $XLAB_O$ é proporcional à demanda global por fatores primários, $XPRIM(i, d)$, e ao termo de preço elevado à elasticidade de substituição

dos fatores primários, SIGMAPRIM(i). Dividiu-se também a quantidade e multiplicou-se o preço pelo termo de mudança tecnológica no trabalho, ALAB_O(i,d), para obter a demanda por trabalho efetivo. O termo de preço é composto do preço relativo do trabalho, PLAB_O(i,d), e pelo preço dos fatores compostos, PPRIM(i,d). Mudanças nos termos de preços induzem substituição em favor dos fatores relativamente mais baratos.

$$XLAB_O(i,d)/[XPRIM(i,d)*ALAB_O(i,d)]=[PLAB_O(i,d)*ALAB_O(i,d)]/PPRIM(i,d)^{-SIGMAPRIM(i)} \quad (3.1)$$

As mesmas equações de otimização se aplicam a demanda por capital XCAP(i,d) (3.2) e a demanda por terra XLND(i,d).

$$XCAP(i,d)/[XPRIM(i,d)*ACAP(i,d)] = [[PCAP(i,d)*ACAP(i,d)]/PPRIM(i,d)]^{-SIGMAPRIM(i)} \quad (3.2)$$

$$XLND(i,d)/[XPRIM(i,d)*ALND(i,d)] = [[PLND(i,d)*ALND(i,d)]/PPRIM(i,d)]^{-SIGMAPRIM(i)} \quad (3.3)$$

Os preços dos fatores primários são determinados pela soma do valor dos componentes.

$$PPRIM(i,d)*XPRIM(i,d) = PLAB_O(i,d)*XLAB_O(i,d) + PCAP(i,d)*XCAP(i,d) + PLND(i,d)*XLND(i,d) \quad (3.4)$$

1.4. Demanda por fatores primários agregados e insumos intermediários

O produto é gerado pela combinação de insumos primários XPRIM(i,d) e de bens intermédios XINT_S(c,i,d), com tecnologia Leontief (tecnologia de proporções constantes). A demanda da indústria pelos fatores primários agregados é proporcional à produção total e aos termos de mudança tecnológica [ATOT(i,d) e APRIM(i,d)].

$$XPRIM(i,d)=XTOT(i,d)*ATOT(i,d)*APRIM(i,d) \quad (4.1)$$

A demanda por bens compostos, XINT_S(c,i,d), também é proporcional à produção total e aos termos tecnológicos, multiplicada pelos preços relativos [PPUR_S(c,i,d)/PINT(i,d)]

elevado a um parâmetro CES. Reconhecem-se três diferentes termos tecnológicos: $ATOT(i,d)$, $APRIM(i,d)$ e $AINT_S(c,i,d)$. A mudança tecnológica implica variações no insumo requerido por unidade de produto. Quando os termos tecnológicos mudam (i.e., queda de magnitude), o mesmo nível de produção é obtido com a utilização menor fatores primários $XPRIM(i,d)$ ou intermediários $XINT_S(c,i,d)$.

$$XINT_S(c,i,d) = ATOT(i,d) * AINT_S(c,i,d) * XTOT(i,d) * [PPUR_S(C,I,D) * AINT_S(C,I,D) / PINT(i,d)]^{-SIGINT(i,d)} \quad (4.2)$$

A condição de equilíbrio de mercado é tal que as receitas totais (valorado ao preço de produção), $PCST(i,d)$, multiplicado pela quantidade $XTOT(i,d)$, é igual ao total do custo de produção.

$$PCST(i,d) * XTOT(i,d) = \sum \{c, COM, PPUR_S(c,i,d) * XINT_S(c,i,d)\} + \sum \{o, OCC, PLAB(i,o,d) * XLAB(i,o,d)\} + PCAP(i,d) * XCAP(i,d) + PLND(i,d) * XLND(i,d) \quad (4.3)$$

1.5. Impostos de produção

O modelo possui impostos de produção para os custos setoriais. Em (5.1), impostos diretos da produção, $PTX(i,d)$, são calculados com a alíquota $PTXRATE(i,d)$ multiplicada pelo valor da produção ($PCST(i,d) * XTOT(i,d)$).

$$PTX(i,d) = PTXRATE(i,d) * PCST(i,d) * XTOT(i,d) \quad (5.1)$$

A equação (5.2) determina os preços do produto da indústria, $PTOT(i,d)$ pela combinação de (4.3) e (5.1).

$$PTOT(i,d) * XTOT(i,d) = PCST(i,d) [1 + PTXRATE(i,d)] * XTOT(i,d) \quad (5.2)$$

1.6. A matriz multi-produtos

O modelo considera a possibilidade de que cada setor tenha capacidade multi-produto. A oferta de bens pelos setores, $XMAKE(c,i,d)$, são explicadas pela função de elasticidade de

transformação constante (CET). Os bens ofertados c do setor i na região d , $XMAKE(c,i,d)$, são proporcionais a $XTOT(i,d)$ e ao termo de preço elevado a $SIGMAOUT(i)$, multiplicado pelo termo tecnológico, $AMAKE(c,i,d)$ (2.6.1). Um termo de preço é composto pelo preço base dos bens domésticos em relação ao preço do produto da indústria. Como $SIGMAOUT(i)$ tem um sinal positivo, As indústrias são induzidas a produzir mais de um bem quando seu preço aumenta em relação ao preço composto do setor. Essa equação não é efetivamente atuante no IMAGEM-B, uma vez que cada indústria produz uma única mercadoria, resultando em uma matriz MAKE em que todos os elementos fora de diagonal principal são iguais a zero.

$$XMAKE(c,i,d) = AMAKE(c,i,d) * XTOT(i,d) * \{ [PDOM(c,d)/PTOT(i,d)]^{SIGMAOUT(i)} \}$$

(6.1)

Na segunda equação, o valor do produto de um setor em d ($PTOT(i,d) * XTO(i,d)$) é igual à soma do valor dos bens ofertados pelo setor, calculado utilizando os preços domésticos do bem c em d , $PDOM(c,d)$.

$$PTOT(i,d) * XTOT(i,d) = \sum \{ c, COM, PDOM(c,d) * XMAKE(c,i,d) \}$$
 (6.2)

1.7. Preços de importação

Assumiu-se que a oferta de importações é infinitamente elástica. Assim, o preço das importações do bem c da região de origem r , $PIMP(c,r)$, é simplesmente determinado pelos preços estrangeiros de importação, $PFIMP(c,r)$ multiplicado pela taxa de câmbio nominal PHI .

$$PIMP(c,r) = PFIMP(c,r) * PHI$$
 (7.1)