UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ESPACIAIS DO SISTEMA VIÁRIO OESTE –
BAHIA: UMA ABORDAGEM A PARTIR DE ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE E DA
MODELAGEM DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL**

Rodrigo Calabrich Campos

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

SÃO PAULO

2014

Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Adalberto Américo Fischman
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Hélio Nogueira da Cruz
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Márcio Issao Nakane
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

RODRIGO CALABRICH CAMPOS

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ESPACIAIS DO SISTEMA VIÁRIO OESTE –
BAHIA: UMA ABORDAGEM A PARTIR DE ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE E
DA MODELAGEM DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL**

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

Versão Original

SÃO PAULO

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Campos, Rodrigo Calabrich

Avaliação dos impactos espaciais do sistema viário oeste – Bahia :
uma abordagem a partir de índices de acessibilidade e da modelagem
de equilíbrio geral computável / Rodrigo Calabrich Campos. -- São Paulo,
2014.

158 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2014.
Orientador: Eduardo Amaral Haddad.

1. Economia regional 2. Política de transporte 3. Equilíbrio econômico
I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e
Contabilidade. II. Título.

CDD – 338.09

A meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a minha família, pelo carinho e apoio em todos os momentos da minha vida. Grandes apoiadores de minha formação, vocês foram fundamentais ao meu desenvolvimento acadêmico.

Agradeço ao meu orientador, Eduardo Haddad, pelo auxílio, paciência e orientação durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho. A confiança desenvolvida durante os anos foi muito importante não só para a conclusão do trabalho, como também para que o desenvolvimento deste ocorresse de forma agradável e construtiva.

Agradeço a Aline Moreno, que esteve presente em todos os momentos do desenvolvimento deste trabalho. Sua paciência foi muito importante nos momentos em que eu não pude estar presente.

Agradeço aos grandes amigos que me acompanharam e que fiz durante o período que estudei no IPE-USP. Em especial a Gabriel Barreto Corrêa, Pedro Paulo Funari e Marcos de Campos, sem os quais minha experiência no mestrado seria garantidamente menos engrandecedora.

Agradeço também a todos os professores e funcionários do Departamento de Economia. Em especial, agradeço a Pinho e a Alessandra e a todos os professores que estiveram diretamente envolvidos em minha formação acadêmica: Prof. Gabriel Madeira, Prof. Heleno Pioner, Prof. José Raymundo Chiappin, Prof. Mauro Rodrigues, Prof. Bruno Giovannetti, Prof. Rafael Coutinho, Prof. André Chagas, Prof^a. Vera Lúcia Fava, Prof. Carlos Azzoni.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Economia da FEA-USP pelo apoio institucional necessário a minha formação acadêmica e ao Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NEREUS-USP) pelo prazeroso ambiente de pesquisa, pela oportunidade de interação com outros pesquisadores e pelos amigos que lá fiz.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro prestado durante o mestrado.

RESUMO

O objetivo desta dissertação é avaliar os impactos do Sistema Viário Oeste, importante intervenção no sistema rodoviário da Bahia, sobre a distribuição espacial da atividade econômica e da acessibilidade. Objetivando avaliar os impactos do projeto sobre a atividade econômica, integramos um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável especialmente desenvolvido para análises de impacto no Estado da Bahia a rede rodoviária do Plano Nacional de Logística e Transportes. A partir de simulações na rede rodoviária e de uma função de custo de frete rodoviário estimamos a redução percentual do custo inter-regional de transporte, variável relevante para integração da rede ao modelo de equilíbrio geral. Podemos destacar três resultados desta análise. Primeiro, as variações na atividade são sensivelmente mais intensas no Estado da Bahia. Segundo, dentre as regiões do Estado da Bahia, àquelas contidas nas regiões Sul, Centro-Sul e a Mesorregião Metropolitana de Salvador são as mais beneficiadas pelo Sistema Viário Oeste. Estes ganhos ocorrem em detrimento das regiões localizadas na porção setentrional do estado, que apresentam acréscimos menos expressivos ou até decréscimo da atividade econômica. Terceiro, o projeto apresenta efeitos de *spillover* relevantes, tendo em vista que, em todas as situações modeladas, ao menos 30% do aumento do produto real decorrente da operação do projeto beneficia regiões fora do Estado da Bahia. Objetivando avaliar os impactos do Sistema Viário Oeste sobre a acessibilidade, calculamos quatro indicadores de acessibilidade: o índice de acessibilidade locacional e três índices de acessibilidade potencial. Empreendemos então três análises sobre os índices calculados. Em um primeiro momento, avaliamos os impactos da redução dos tempos de deslocamentos decorrentes da construção do Sistema Viário Oeste sobre a distribuição espacial da acessibilidade. Como resultado desta análise, constatamos que os mesmos se concentram intensamente no Estado da Bahia. No estado, os municípios mais fortemente impactados são aqueles localizados nas regiões do Sul e Centro-Sul Baiano, com claro destaque para os municípios do Recôncavo. Em um segundo momento, analisamos os impactos do Sistema Viário Oeste sobre a desigualdade na distribuição de acessibilidade. Esta análise evidencia, em linhas gerais, o aumento da desigualdade regional na distribuição de acessibilidade entre os municípios baianos, sinalizando a intensificação da desigualdade na distribuição espacial das vantagens locacionais decorrentes das possibilidades de interação. Em um terceiro momento, empreendemos uma análise raramente efetuada em estudos desta natureza. Recalculamos os índices de acessibilidade utilizando as estimativas da variação do produto interno bruto proveniente das simulações no modelo de equilíbrio geral. Nesta análise, procuramos avaliar as consequências de se considerar às variações na atividade decorrentes do Sistema Viário Oeste sobre os índices de acessibilidade. Nesta perspectiva, observamos que a variação da atividade é relevante para explicar o comportamento da acessibilidade apenas em regiões pouco impactadas pela redução no tempo de deslocamento. Ainda, observamos que esta não impacta significativamente a análise empreendida sobre os índices de desigualdade.

ABSTRACT

The objective of this dissertation is to evaluate the impacts of the Sistema Viário Oeste, an important intervention in the road network of Bahia (Brazil), on the spatial distribution of economic activity and accessibility. In order to evaluate the project's impacts on economic activity, we integrated an interregional computable general equilibrium model specially designed for impact analysis in the State of Bahia to the road network of the National Plan of Logistics and Transport. We then estimated the percentage reduction in inter-regional transport costs, the relevant variable for integrating the road network to the general equilibrium model, based on simulations on the road network and a freight cost function. Three results from this analysis can be highlighted. First, variations in economic activity are significantly more intense in the State of Bahia. Second, within the State of Bahia the South, South-Central mesorregions and Metropolitan Mesoregion of Salvador are the ones that most benefit from the Sistema Viário Oeste. This expansion occurs at the expense of regions located in the northern part of the State. The aforementioned regions accrue less significant positive gains or even losses in economic activity. Third, the project has significant spillover effects, given that at least 30% of the increase in real output due to the operation of the project benefits regions outside the State of Bahia. Aiming at evaluating the impact of the Sistema Viário Oeste on accessibility, we calculated four accessibility indexes: the locational accessibility index and three potential accessibility measures. We then performed three distinct analyzes over the calculated indexes. First, we evaluated the impact of travel time reductions on the spatial distribution of accessibility. As a result of this analysis, we found that the benefits generated by the Sistema Viário Oeste accrue mostly to regions in the State of Bahia. Within the state, the most heavily impacted municipalities are those located in the South-Central and South Bahia. Second, we analyzed the impacts of the Sistema Viário Oeste on accessibility inequality. This analysis shows, in general terms, the increase in regional inequality in the distribution of accessibility, signaling the increased inequality in the spatial distribution of location advantages arising from the possibilities of interaction. Third, we undertook an analysis rarely made in studies of this nature. We recalculated the accessibility indices using the estimates of the impacts on gross domestic product derived from general equilibrium simulations. In this analysis, we evaluated the impacts of activity changes resulting from the Sistema Viário Oeste over the accessibility indices. In this perspective, we observe that change in economic activity is relevant for the explanation of accessibility growth only in regions mildly affected by the decrease in travel time. Furthermore we found that changes in activity have no impact on the inequality analysis undertaken.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objeto de estudo: o Sistema Viário Oeste	10
2. ACESSIBILIDADE E MODELOS INTER-REGIONAIS DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL	13
2.1. Acessibilidade.....	13
2.1.1. Conceito e caracterização	13
2.1.2. Classificação e literatura	18
2.1.2.1. Medidas de acessibilidade baseadas na infraestrutura	18
2.1.2.2. Medidas de acessibilidade baseadas na atividade	20
2.2. Modelos inter-regionais de equilíbrio geral computável	24
2.2.1. Aspectos teóricos e operacionais	26
2.2.2. Literatura.....	29
2.2.2.1. Transporte como um custo do tipo Iceberg.....	29
2.2.2.2. Transporte como setor otimizador.....	32
2.3. Acessibilidade e modelos IEGC: uma análise das abordagens metodológicas	34
3. METODOLOGIA	39
3.1. Índices de acessibilidade	39
3.1.1. Índice de acessibilidade locacional.....	39
3.1.2. Índice de acessibilidade potencial.....	41
3.2. Índices de desigualdade	44
3.2.1. Coeficiente de variação.....	45
3.2.2. Índice de Gini.....	45
3.2.3. Índice de Theil	46
3.2.4. Índice de Atkinson	47
3.3. O modelo B-MARIA-BA	48
3.3.1. Núcleo do Modelo B-MARIA-BA	50
3.3.1.1. Produtores.....	50
3.3.1.2. Investidores	52
3.3.1.3. Demanda das famílias.....	54
3.3.1.4. Demanda Externa	55
3.3.1.5. Consumo do Governo.....	55
3.3.2. Módulo de investimento.....	55
3.3.3. Módulo de mercado de trabalho e migração regional.....	56
3.3.4. Fechamentos	56
3.3.5. Modelagem dos custos de transporte no modelo B-MARIA-BA	57

3.3.5.1.	Margens de Transporte.....	58
3.3.5.2.	Estratégia de modelagem de alterações nos custos de transporte	60
4.	RESULTADOS: ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE	63
4.1.	Base de dados	63
4.2.	Estratégia de simulação	67
4.3.	Resultados gerais	69
4.4.	Resultados regionais	71
4.4.1.	Índice de acessibilidade locacional	71
4.4.2.	Índice de acessibilidade potencial nacional	73
4.4.3.	Índice de acessibilidade potencial regional.....	75
4.4.4.	Índice de acessibilidade potencial local.....	77
4.5.	Impactos sobre a desigualdade na distribuição de acessibilidade	79
5.	RESULTADOS: MODELO INTER-REGIONAL DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL.....	83
5.1.	Relações causais dos impactos da simulação	83
5.2.	Resultados.....	88
5.2.1.	Resultados agregados: Brasil, Bahia e Resto do Brasil	88
5.2.2.	Resultados Regionais	95
5.3.	Análise da produtividade marginal do investimento	104
6.	RESULTADOS: ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE RECALCULADOS	111
6.1.	Estratégia de simulação	111
6.2.	Resultados.....	113
6.2.1.	Resultados gerais	114
6.2.2.	Resultados regionais	116
6.2.3.	Variação na desigualdade da distribuição de acessibilidade.....	120
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
	APÊNDICE A. Estrutura do banco de dados do Modelo B-MARIA-BA.....	131
	APÊNDICE B. MAPAS AUXILIÁRES	135
	APÊNDICE C. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE SISTÊMICA	137
	ANEXO 1. BALANCEAMENTO DAS MARGENS DE TRANSPORTE (cf. Haddad, 2004)	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Correspondência entre os setores do modelo B-MARIA-BA e os setores do Sistema de Contas Nacionais.....	49
Tabela 2 – Correspondência entre os produtos do modelo B-MARIA-BA e os produtos do Sistema de Contas Nacionais.....	50
Tabela 3 – Velocidade e quantidade de segmentos homogêneos por tipologia do PNV.....	65
Tabela 4 – Estatísticas descritivas dos índices de acessibilidade.....	70
Tabela 5 – Variação percentual dos índices de desigualdade dos índices de acessibilidade das microrregiões brasileiras e dos municípios do Estado da Bahia.....	80
Tabela 6 – Resultados da simulação de curto prazo: Brasil, Bahia e Resto do Brasil (em variação percentual).....	89
Tabela 7 – Resultados da simulação de longo prazo: Brasil, Bahia e Resto do Brasil (em variação percentual).....	92
Tabela 8 – Valor presente líquido e participação regional no fluxo de produto descontado - Sistema Viário Oeste.....	107
Tabela 9 – Produtividade marginal do investimento – Sistema Viário Oeste.....	108
Tabela 10 – Índices de acessibilidade e variações percentuais nos índices de acessibilidade nos cenários I, II e III para as microrregiões do Estado da Bahia.....	114
Tabela 11 – Variação percentual dos índices de desigualdade dos índices de acessibilidade das microrregiões do Estado da Bahia.....	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Viário Oeste.....	11
Figura 2 – Redução percentual estimada no tempo de deslocamento a Salvador.....	12
Figura 3 – Fluxograma de modelagem.....	38
Figura 4 – Correlação linear entre vetores de acessibilidade potencial.....	43
Figura 5 – Curva de Lorenz e reta de igualdade.....	46
Figura 6 – Representação esquemática do processo de otimização dos produtores.....	51
Figura 7 – Representação esquemática do processo de otimização dos investidores.....	53
Figura 8 – Representação esquemática do processo de otimização dos consumidores.....	54
Figura 9 – Rede rodoviária do Plano Nacional de Logística e Transportes.....	64
Figura 10 – Regionalização adotada para o cálculo da acessibilidade.....	68
Figura 11 – Índice de acessibilidade locacional - Brasil e Bahia.....	72
Figura 12 – Variação percentual no índice de acessibilidade locacional - Bahia.....	73
Figura 13 – Índice de acessibilidade potencial nacional - Brasil e Bahia.....	74
Figura 14 – Variação percentual no índice de acessibilidade potencial nacional – Bahia.....	75
Figura 15 – Índice de acessibilidade potencial regional - Brasil e Bahia.....	76
Figura 16 – Variação percentual no índice de acessibilidade potencial regional – Bahia.....	77
Figura 17 – Índice de acessibilidade potencial local - Brasil e Bahia.....	78
Figura 18 – Variação percentual no índice de acessibilidade potencial local – Bahia.....	79
Figura 19 – Principais relações causais da simulação.....	84
Figura 20 – Variações percentuais no custo de aquisição de insumos e no valor da venda de produtos decorrentes da implantação do Sistema Viário Oeste Variação.....	87
Figura 21 – Variação percentual nas exportações inter-regionais e internacionais e nos índices de preços básicos e ao consumidor na simulação de curto prazo.....	96
Figura 22 – Variação percentual na renda nominal disponível e no consumo real agregado na simulação de curto prazo.....	97
Figura 23 – Variação equivalente relativa e variação percentual no produto regional bruto real na simulação de curto prazo.....	98
Figura 24 – Variação percentual no índice de preços básicos e no índice de preços ao consumidor na simulação de longo prazo.....	99
Figura 25 – Variação percentual na população e nos salários nominais na simulação de longo prazo.....	101
Figura 26 – Variação percentual no índice de preços ao investidor e no estoque de capital na simulação de longo prazo.....	102
Figura 27 – Variação percentual na remuneração agregada do trabalho e no consumo real agregado na simulação de longo prazo.....	103
Figura 28 – Variação percentual no produto regional bruto real na simulação de longo prazo.....	104
Figura 29 – Trajetória de controle e trajetória alternativa hipotéticas do produto interno bruto real.....	106
Figura 30 – Variação percentual e contribuição do tempo de deslocamento e da atividade para a variação do índice de acessibilidade locacional nos cenários II e III.....	117
Figura 31 – Variação percentual e contribuição do tempo de deslocamento e da atividade para a variação dos índices de acessibilidade potencial nos cenários II e III.....	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP: Administração Pública
 AGE: Agricultura, Pecuária e Indústria Extrativa
 B-MARIA: *Brazilian Multisectoral Regional/Inter-regional Analysis Model*
 CES: *Constant Elasticity of Substitution*
 CET: *Constant Elasticity of Transformation*
 CME: Comércio
 CNT: Construção Civil
 CRIA: *Constant Relative Inequality Aversion*
 EGC: Equilíbrio Geral Computável
 IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 IED: Investimento Estrangeiro Direto
 IEGC: Inter-regional de Equilíbrio Geral Computável
 IND: Indústria de Transformação
 MMS: Mesorregião Metropolitana de Salvador
 NGE: Nova Geografia Econômica
 PELT-MG: Plano Estadual de Logística de Transporte do Estado de Minas Gerais
 PELT-PA: Plano Estadual de Logística de Transporte do Estado do Pará
 PMI: Produtividade Marginal do Investimento
 PIB: Produto Interno Bruto
 PNLT: Plano Nacional de Logística e Transportes
 PNV: Plano Nacional de Viação
 PRB: Produto Regional Bruto
 PROCESSO: Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos a Municípios
 SASI: *Spatial and Socio-economic Impacts of Transport Investments and Transport System Improvements*
 SCN: Sistema de Contas Nacionais
 SER: Outros Serviços
 SIUP: Serviços Industriais de Utilidade Pública
 SVO: Sistema Viário Oeste
 TEN-T: *Trans-European Transport Network*
 TINA: *Transportation Infrastructure Needs Assessment*
 TRP: Transporte

1. INTRODUÇÃO

Observamos, ao longo dos últimos séculos, um declínio substancial e constante dos custos de transporte (Rietveld; Vickerman, 2004). No entanto, a referida redução não nos permite concluir que os custos de transporte se tornaram irrelevantes para as decisões de localização dos agentes. McCann e Shaffer (2004) retratam este fenômeno em detalhes, apresentando evidências de que a dinâmica das tarifas de transporte não deve servir de subsídio para que as fricções relacionadas à distância deixem de ser consideradas na análise econômica. Segundo os autores, este fato se deve a uma mudança no nível de exigência dos agentes econômicos, que passaram a demandar níveis de serviço superiores aos fornecidos em um passado recente. Ainda, os autores pontuam que a alteração na qualidade do serviço de transporte proporcionou modificações significativas na estrutura produtiva das firmas, que objetivando minimizar custos de produção, reduziram substancialmente os estoques. Neste novo arcabouço produtivo, a proximidade a um sistema de transporte confiável e ágil se tornou central na escolha de localização das firmas. Além disso, é possível destacar a influência do sistema de transporte sobre a eficiência de uma ampla gama de mercados, tais como o mercado de trabalho e o mercado de bens finais. A justificativa é a mesma em ambos os casos exemplificados. Um sistema de transporte mais eficiente proporciona aos agentes interessados um melhor acesso a insumos produtivos, fatores primários ou bens de interesse, reduzindo os custos de transação e impactando positivamente a qualidade do *matching* nos mercados. Assim, observamos que o sistema de transportes pode ter impactos substantivos sobre a distribuição da atividade econômica, a produtividade dos fatores e o bem-estar dos agentes. Desta forma, estudos investigativos sobre como o sistema de transporte proporciona aos agentes econômicos localizados em distintas regiões a possibilidade de interação são de primordial importância para o entendimento de como este contribui para a moldagem do espaço econômico.

A relevância de estudos desta natureza se torna ainda mais clara na medida em que consideramos que as estruturas de transportes apresentam custo elevado de construção e manutenção e longa vida útil. Como consequência, equívocos no processo de escolha entre alternativas de investimento geram impactos de difícil correção. Desta forma, estudos devem ser realizados antes da tomada de decisão acerca da implantação de uma nova estrutura, sob pena de que a mesma gere impactos indesejados ou se torne pouco utilizada em curto período de tempo.

Tendo em vista os possíveis impactos e a importância da análise *ex-ante* de estruturas de transporte, o presente estudo tem por objetivo analisar os impactos do Sistema Viário Oeste (SVO), importante projeto de intervenção no sistema rodoviário baiano, sobre a acessibilidade e sobre a atividade econômica. Com este objetivo em mente, estudaremos o problema apresentado sob duas abordagens metodológicas amplamente utilizadas na literatura. Analisaremos, em um primeiro momento, a acessibilidade dos municípios baianos a partir de índices de acessibilidade selecionados. Este estudo nos permitirá analisar o grau de acesso a mercados com que cada município baiano se defronta e subsidiará a análise dos impactos espaciais do Sistema Viário Oeste sobre a acessibilidade. Em um segundo momento, procederemos com a análise dos impactos econômicos do projeto. Utilizaremos, nesta análise, um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) especialmente construído para estudos preocupados com a economia baiana. Os resultados desta modelagem serão ainda utilizados para reestimar os vetores de acessibilidade, tendo por fim estudar os impactos da redistribuição espacial da atividade sobre os índices de acessibilidade estimados.

1.1. Objeto de estudo: o Sistema Viário Oeste

O Sistema Viário Oeste é um projeto de intervenção no sistema rodoviário baiano que visa conectar Salvador a BA-001, BR-101, BR-116 e BR-242, importantes rodovias no Estado da Bahia. Seu principal elemento é a Ponte Salvador-Itaparica que ligará a capital baiana ao município de Vera Cruz na Ilha de Itaparica. Esta nova ligação rodoviária propiciará uma saída a oeste de Salvador, região na qual se localiza a Baía de Todos os Santos. Caso construído, o empreendimento se configurará como importante eixo de acesso aos mercados a sul e a oeste da capital do Estado, reduzindo em cerca de cem quilômetros o percurso entre estas regiões e a capital.¹ O restante do SVO consiste em melhoramentos da estrutura viária e na construção de um novo trecho que tem por fim, respectivamente, a adequação da malha viária ao aumento esperado no fluxo de veículos e a conexão da BR-101 à BR-116. Conforme apresentado no Procedimento de Manifestação de Interesse (BAHIA, 2010) e em apresentações recentes do Governo do Estado, o Sistema Viário Oeste pode ser dividido em cinco trechos distintos, apresentados na figura abaixo:

¹ Atualmente, os veículos provenientes destas regiões devem se deslocar até a BR-324, a norte de Salvador, antes de se dirigirem à capital baiana. Em comparação ao trajeto possível após a construção do SVO, o percurso atual é cerca de cem quilômetros mais extenso.

Trecho	Descrição
1	Construção da Ponte Salvador – Ilha de Itaparica (preto).
2	Duplicação da BA-001 entre os municípios de Vera Cruz e Nazaré (vermelho).
3	Duplicação da BA-028 trecho Nazaré – Santo Antônio de Jesus (azul).
4	Construção da ligação rodoviária entre Santo Antônio de Jesus e Castro Alves (verde).
5	Requalificação do trecho da ligação viária entre Castro Alves e a BR-116 (marrom).

Figura 1 - Sistema Viário Oeste

A expectativa do governo baiano é que o projeto seja capaz de redirecionar o vetor de investimento em prol das regiões do Recôncavo e do Sul Baiano. Assim, o governo espera fomentar o desenvolvimento destas regiões, que apresentam baixas taxas de crescimento há ao menos meio século. Ainda, é válido ressaltar que o SVO proporcionará fácil acesso destas regiões aos dois maiores portos do estado, o Porto de Aratu, localizado na Região Metropolitana de Salvador e o Porto de Salvador.

Apesar de a redução da distância a Salvador ser mais intensa para as regiões do Estado da Bahia, o impacto na redução da distância gerado pelo SVO extrapola em muito este contexto geográfico. Neste sentido, observamos uma redução substancial da distância entre Salvador e os principais mercados do país. Assim, percebemos que além dos impactos regionais, o Sistema Viário Oeste poderá apresentar impactos em âmbito nacional, reduzindo a distância entre determinadas regiões do estado e os mercados da Região Sudeste. Tendo em vista

ilustrar este fato, apresentamos na figura abaixo nossa estimativa da redução percentual no tempo de deslocamento a Salvador em virtude da implantação do SVO²:

Figura 2 - Redução percentual estimada no tempo de deslocamento a Salvador

Apesar dos benefícios aparentes, é de extrema relevância salientar que o projeto demandará amplos recursos financeiros. O custo de construção estimado do SVO é de R\$ 5,5 bilhões e o projeto encontra-se em fase de estudo. A estimativa oficial do governo é de publicar o edital de construção e concessão da Ponte Salvador-Itaparica ao final de 2014.

Após esta breve introdução, na qual apresentamos o objetivo do trabalho e o objeto de estudo, discutiremos, no próximo capítulo, as características gerais das metodologias utilizadas. Aproveitaremos a oportunidade para discutir também trabalhos relevantes desenvolvidos a partir destas metodologias. Ao fim desta exposição apresentaremos o roteiro da modelagem e do trabalho desenvolvido ao longo dos capítulos subsequentes.

² A variação percentual no tempo de deslocamento inter-regional é estimada com base em variações nas matrizes de tempos mínimos de deslocamento, calculadas a partir da rede rodoviária do Plano Nacional de Logística e Transporte 2010. O método utilizado para efetuar este cálculo será apresentado em detalhes no Capítulo 4.

2. ACESSIBILIDADE E MODELOS INTER-REGIONAIS DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o arcabouço teórico e alguns dos desenvolvimentos na literatura de acessibilidade e de modelos de equilíbrio geral computável. O enfoque da discussão será os trabalhos acadêmicos preocupados com a avaliação de projetos de infraestrutura de transporte. Com este intuito, discutiremos inicialmente questões relativas à acessibilidade, abordando: o conceito, a relação que esta variável guarda com as variáveis do sistema econômico e a literatura pertinente. Após a discussão acerca da acessibilidade, exporemos brevemente o arcabouço teórico da modelagem de equilíbrio geral computável, discutindo, em seguida, o seu emprego na análise de políticas de transporte. Discutiremos ainda, na última seção, os pontos fortes de cada abordagem apresentada e a possibilidade de integração entre as mesmas. Vale destacar que a apresentação das medidas de acessibilidade e do modelo inter-regional de equilíbrio geral computável (IEGC) utilizados no presente trabalho será objeto do próximo capítulo.

2.1. Acessibilidade

Na presente seção, discutiremos aspectos conceituais e estudos acadêmicos preocupados com a acessibilidade. Tendo em vista tornar a apresentação didática, exporemos inicialmente o conceito de acessibilidade, seus principais componentes e a relação que a acessibilidade guarda com as variáveis do sistema econômico. Após esta discussão, apresentaremos uma possível classificação dos índices de acessibilidade, discutindo, a partir desta classificação, estudos voltados para a análise de projetos de transporte.

2.1.1. Conceito e caracterização

O conceito de acessibilidade e a discussão acerca de formas alternativas de medi-la inspiram amplo debate acadêmico há ao menos meio século. De acordo com César (2010), podemos encontrar, apenas em estudos recentes, múltiplas definições para o conceito (SCHÜRMANN

et al, 1997; MILLER, 1999; WEGENER *et al*, 2001; GEURS; VAN ECK, 2001; GEURS; VAN WEE, 2004; HOLL, 2007). Notamos, no entanto, grande similaridade entre as distintas definições e percebemos que a acessibilidade é retratada como uma característica de uma região que reflete a potencialidade que os indivíduos e/ou firmas localizados nesta têm em acessar atividades ou bens localizados em outras regiões. Nesta perspectiva, a definição apresentada por Hansen (1959, p.75), na qual a “[...] acessibilidade é definida como o potencial de oportunidades de interação.”³, sintetiza com propriedade o conceito, e assim entenderemos a acessibilidade no presente trabalho.

Geurs e van Eck (2001) identificam quatro elementos que compõem a acessibilidade, a saber: o componente de transporte, o componente espacial, o componente temporal e o componente individual. Desta forma, os índices elaborados com intuito de medir a acessibilidade devem procurar, em alguma medida, avaliar estes elementos.⁴

O componente de transporte reflete as características dos sistemas de transporte disponíveis (oferta) para atender aos desejos de deslocamento das pessoas e/ou bens (demanda). Como produto da contraposição da oferta de infraestrutura de transporte com a demanda por deslocamento, tem-se definida as características gerais do sistema. De especial importância para o cálculo da acessibilidade, os tempos e custos associados aos deslocamentos são então determinados. Em resumo, este componente reflete o grau de dificuldade de, a partir de uma região, se acessar atividades ou bens localizados em outras regiões.

O componente espacial reflete a dispersão espacial da atividade ou bem ao qual se deseja medir a acessibilidade. Este elemento é de primaz importância ao conceito de acessibilidade, pois através deste admite-se a possibilidade de que a variável de interesse a qual se deseja medir o nível de acesso não se encontre homogeneamente distribuída no espaço. Ainda, a dispersão espacial da demanda por acesso a determinado bem ou atividade deve ser considerada. Este fato decorre da natureza rival de parte relevante dos bens ou atividades. Assim, é possível que o acesso de um indivíduo ou firma a determinado bem impossibilite o acesso dos demais agentes econômicos. Desta forma, ao se calcular a acessibilidade, é

³ “[...] *Accessibility is defined as the potential of opportunities for interaction*”.

⁴ Vale destacar que os índices de acessibilidade são, em sua maioria, incapazes de avaliar todos os componentes enumerados. Assim, a decisão de qual medida de acessibilidade utilizar dependerá do objetivo do estudo e da disponibilidade de dados. Tendo em vista mitigar o viés introduzido na análise em virtude da seleção dos indicadores, a prática corrente nos trabalhos acadêmicos é calcular múltiplos índices de acessibilidade.

interessante ponderar o acesso a uma determinada localidade pela massa de oportunidades nela encontrada e pela demanda já atendida por esta.

O componente temporal reconhece a diferença na disponibilidade de atividades ou bens em diferentes horas do dia ou diferentes épocas do ano. Tal elemento deve ser considerado principalmente em análises de atividades sazonais ou análises de acessibilidade em meios urbanos, onde há diferença substancial entre os custos de deslocamento nos horários de pico e nos demais horários.

O quarto elemento da acessibilidade, chamado pelos autores de componente individual, reconhece que as idiossincrasias dos agentes e dos mercados analisados devem ser levadas em consideração na análise empreendida, pois estas refletem tanto as necessidades como as oportunidades de interação disponíveis. Consoante a isto, não se deve compreender que firmas que negociam produtos perecíveis gozam da mesma acessibilidade a mercados distantes que firmas que produzem bens duráveis. Desta forma, a análise da acessibilidade para estes dois mercados distintos deve reconhecer este fato.

Tendo explorado o conceito e os elementos da acessibilidade, devemos analisar a relação que esta variável guarda com o sistema econômico. Nesta perspectiva, a acessibilidade deve ser compreendida como uma vantagem locacional de determinada região (SCHÜRMANN; TALAAT, 2000; PAEZ, 2004; LÓPEZ-SUAREZ, 2008; RIBEIRO *et al*, 2010; CESAR, 2010).⁵ Este fato, que decorre da maior facilidade que os indivíduos e firmas têm em aproveitar oportunidades e atuar em mercados em outras regiões, encontra respaldo tanto em abordagens teóricas quanto em estudos empíricos.

De uma perspectiva teórica, percebemos que o acesso a mercados ocupa um lugar central nas teorias de localização. Este é um fato marcante no modelo de Von Thünen (1826), no qual o acesso à cidade mercado, refletido nos custos de transporte, determina a disposição espacial da atividade. A noção de acessibilidade também se encontra presente no modelo de Alonso (1964), no qual um centro de negócios concentra as atividades de interesse da população e os custos de transporte a aquele centro são responsáveis pela determinação dos aluguéis. Em

⁵ Segundo Dubois *et al apud* Cesar (2010): “uma vantagem locacional ocorre quando um lugar pode alegar ser de localização mais favorável para uma dada gama de atividades industriais ou comerciais, em decorrência da minimização dos custos de acesso a fontes de insumos e a mercados de seus produtos.”

uma abordagem contemporânea percebemos que o conceito de acessibilidade a mercados se encontra presente também nos modelos da Nova Geografia Econômica (NGE). Os modelos da NGE utilizam-se do arcabouço teórico da concorrência monopolística associado aos retornos crescentes à escala para explicar a dispersão espacial da atividade. A acessibilidade a mercados é de especial importância neste caso, pois determina a escala das firmas localizadas em determinada região, impactando diretamente a distribuição da atividade entre as regiões do modelo.

De uma perspectiva empírica é possível encontrar evidências que reafirmam a acessibilidade como uma vantagem locacional. Há uma ampla literatura que investiga a relação entre a localização de firmas e a acessibilidade (HOLL, 2004a; 2004b; DE BOK; SANDERS, 2005; PARDO; ARAUZO-CAROD, 2012). Esta literatura aponta evidências de que aumentos na acessibilidade contribuem para atração de firmas e que a intensidade deste resultado depende do setor analisado. Encontramos também evidências de que a acessibilidade tem impactos positivos sobre a oferta de trabalho (OZBAY *et al*, 2001, BERECHMAN; PAASWELL, 2006), o nível de emprego regional (HEUVEL, 2014) e a produtividade dos fatores. No tocante ao último ponto, Haddad *et al* (2013) estimam os impactos da acessibilidade sobre a produtividade do trabalho na cidade de São Paulo. Esta estimativa é realizada com o objetivo de integrar um módulo de acessibilidade a um modelo de equilíbrio geral computável e assim estimar impactos econômicos da extração do metrô. Martin-Barroso *et al* (2013), por sua vez, estimam a contribuição da acessibilidade para a produtividade das firmas industriais espanholas. Os autores encontram um efeito positivo sobre a produtividade dos fatores proveniente tanto de uma maior acessibilidade ao mercado de trabalho quanto de uma maior acessibilidade ao mercado do produto de cada setor.

Observamos também na literatura um grande interesse em discutir os impactos da variação da acessibilidade sobre o desenvolvimento de uma região específica. No entanto, os resultados encontrados por estes estudos não são conclusivos e apontam para a possibilidade de que o aumento da acessibilidade possa tanto ser nocivo como benéfico para o desenvolvimento de uma região (OLSSON, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2010; RIBEIRO; SILVA, 2011). Neste contexto, Koopmans *et al* (2012) estudam os impactos da acessibilidade sobre a população municipal holandesa entre os anos de 1840 e 1930, encontrando evidências de que a

acessibilidade é um dos determinantes do crescimento da população municipal.⁶ Yamaguchi (2012) estuda os impactos da acessibilidade aeroportuária sobre o desempenho macroeconômico de 47 regiões japonesas. O autor encontra evidências de que a acessibilidade impactou positivamente o crescimento econômico no período em análise (1995-2000). Spiekermann e Wegener (2006), por sua vez, utilizam a acessibilidade como variável explicativa do Produto Regional Bruto no contexto do modelo SASI - *Spatial and Socio-economic Impacts of Transport Investments and Transport System Improvements*. Este modelo foi utilizado para estimar os impactos econômicos dos investimentos de transporte na União Europeia.

A concepção da acessibilidade como uma vantagem locacional estimulou uma extensa literatura preocupada com a aferição e com a análise da distribuição espacial da acessibilidade (SCHÜRMANN E TALAAT, 2000; LÓPEZ-SUÁREZ, 2007; CESAR, 2010). De especial importância para a análise desenvolvida no presente estudo, observamos a existência de uma ampla gama de trabalhos preocupados em avaliar os impactos de novas estruturas de transporte sobre a distribuição espacial da acessibilidade. Identificamos nestes trabalhos uma preocupação nítida de detectar quais as regiões que mais se beneficiam no tocante a acessibilidade. Desta forma, os estudos supracitados procuram avaliar quais regiões mais se beneficiam da construção de nova(s) estrutura(s) no tocante a possibilidade de interação proporcionada a seus agentes. Ainda, identificamos em alguns trabalhos a preocupação em avaliar os impactos de novas estruturas sobre a desigualdade na distribuição da acessibilidade. Esta preocupação surge também da concepção de que a acessibilidade é uma vantagem locacional. Nesta perspectiva, distribuições concentradas da acessibilidade seriam indicadoras de desigualdade nas oportunidades de interação. Neste contexto, as vantagens de localização relacionadas à acessibilidade estariam restritas a poucas regiões do sistema econômico, fato que sinalizaria um ambiente espacialmente desigual. Tendo em vista que objetivo do presente trabalho é semelhante aos objetivos dos estudos supracitados, discuti-los-emos na próxima seção, na qual apresentamos também formas alternativas de se mensurar a acessibilidade.

⁶ Em virtude da falta de dados relativos ao crescimento econômico para o período de análise do estudo, o crescimento populacional foi utilizado como *proxy* do crescimento econômico.

2.1.2. Classificação e literatura

Wegener *et al* (2001, p. 6) afirmam que: “As medidas de acessibilidade descrevem a localização de uma área em relação às oportunidades, as atividades ou recursos existentes em outras áreas ou nela própria”. Em consonância com esta definição, encontramos na literatura uma ampla gama de medidas disponíveis para se aferir este conceito. Nesta perspectiva, a escolha da medida específica a ser utilizada em determinado estudo dependerá da compreensão que se tem do conceito (JONES, 1981), dos objetivos específicos do estudo (GEURS e VAN WEE, 2004) e da disponibilidade de dados. Ainda, em virtude da multiplicidade de medidas, torna-se proveitoso apresentá-las de forma abrangente através de uma categorização que ressalte as características em comum entre estas. Com este objetivo, apresentaremos as medidas de acessibilidade seguindo de forma próxima a classificação apresentada por Geurs e van Eck (2001), subdividindo-as entre aquelas baseadas na infraestrutura e aquelas baseadas na atividade.⁷ Discutiremos ainda, dentro desta classificação, trabalhos acadêmicos preocupados com a avaliação dos impactos de intervenções no sistema de transporte sobre a distribuição de acessibilidade.

2.1.2.1. Medidas de acessibilidade baseadas na infraestrutura

As medidas de acessibilidade baseadas na infraestrutura são aquelas que consideram apenas aspectos relacionados aos sistemas de transporte como relevantes para o cálculo da acessibilidade. Estas medidas são usualmente utilizadas em estudos de planejamento de transporte e refletem a qualidade do sistema em determinada região. Exemplos típicos destas variáveis são: velocidade média de deslocamento, densidade da malha em determinada região e tempo de deslocamento entre localidades. Apesar da facilidade na interpretação dos resultados provenientes da análise deste tipo de indicador, principal benefício do uso destas medidas, as mesmas não consideram a atratividade de determinada região como relevante na

⁷ Geurs e van Eck (2001) apresentam ainda outra categoria de medida de acessibilidade, as medidas baseadas no conceito de utilidade. Apesar de estas medidas apresentarem um arcabouço teórico mais robusto que as demais, estando fundamentadas em princípios microeconômicos, a sua utilização tem se mostrado factível em apenas um pequeno número de aplicações. Ademais, é válido notar que estas medidas usualmente estão associadas a estudos preocupados com a acessibilidade ao nível do indivíduo, analisando o impacto de novas estruturas no bem-estar dos mesmos. Como o presente estudo não se assemelha aos estudos que utilizam estas medidas neste aspecto, optamos por não apresentá-las.

análise. Desta forma, o componente espacial se encontra ausente em indicadores desta natureza.

Geurs e van Wee (2004) relatam que medidas de acessibilidade baseadas na infraestrutura ocupam um espaço relevante na análise de políticas de transportes. Os autores destacam a utilização destas medidas em planos nacionais de transportes, tais como o Plano Nacional de Políticas de Transporte Holandês, que utiliza a velocidade média como indicador de acessibilidade, e o Plano de Transporte 2010 do Reino Unido, que utiliza os níveis de congestionamento e o tempo perdido em congestionamentos como determinantes da acessibilidade.

Encontramos também uma variedade de estudos acadêmicos que utilizam medidas baseadas na infraestrutura. Li e Shum (2001) utilizam o tempo de deslocamento entre regiões para avaliar os impactos gerados pela construção do Sistema Nacional de Rodovias de Alta Capacidade na China sobre a distribuição espacial da acessibilidade. Grubestic e Zook (2007) estudam o panorama da acessibilidade aérea nos Estados Unidos a partir do tempo de deslocamento entre 156 regiões. Wang *et al* (2009) empregam um índice de acessibilidade relativa baseado na distância inter-regional para calcular a distribuição espacial da acessibilidade ferroviária na China em quatro períodos distintos da expansão do sistema, a saber: 1911, 1949, 1965 e 2000. Ainda, Hou e Li (2011) utilizam o tempo médio de deslocamento entre cidades da Região do Delta do Rio das Pérolas (China) para avaliar os ganhos de acessibilidade provenientes dos melhoramentos na rede rodoviária e ferroviária da região no período de 1990-2020. Weber (2012), por sua vez, utiliza a distância mínima de deslocamento para averiguar os impactos causados pelo desenvolvimento do Sistema de Rodovias Interestaduais entre os anos de 1947 e 2000 sobre a acessibilidade das áreas metropolitanas dos Estados Unidos.

Apesar dos estudos apresentados, observamos em trabalhos mais recentes a predominância da utilização de medidas baseadas na atividade. Esta mudança de paradigma na literatura de planejamento de transporte se deve às limitações dos indicadores baseados na infraestrutura, que não reconhecem a distribuição espacial da atividade (componente espacial) como elemento relevante para a análise de acessibilidade (GEURS E VAN ECK, 2001; CEVERO, 2005; LÓPEZ-SUÁREZ, 2007).

2.1.2.2. Medidas de acessibilidade baseadas na atividade

De forma semelhante à Geurs e van Eck (2001), discutiremos na presente seção cinco grupos de medidas baseadas na atividade comumente utilizadas em trabalhos empíricos: os índices baseados na distância, o índice locacional, as medidas de contorno, as medidas de acessibilidade potencial e os índices baseados nos termos de balanceamento dos modelos de interação espacial.⁸ Em comum a todas estas medidas, observamos a preocupação de se considerar o efeito da atração das localidades analisadas. Ao longo da exposição, discutiremos mais detalhadamente as medidas de acessibilidade potencial, de grande importância para o presente estudo, apresentando trabalhos que utilizam indicadores desta natureza.

As medidas de acessibilidade derivadas da distância são as mais simples desta categoria e procuram medir a acessibilidade relativa a determinado ponto. Desta forma, estas consideram apenas a distância ou o custo associado ao deslocamento a algum local específico. Exemplos de índices que podem ser assim classificados incluem o cálculo da distância a determinada zona comercial ou da distância ao ponto de ônibus mais próximo. Deve-se enfatizar, no entanto, que as medidas classificadas nesta categoria avaliam a acessibilidade em relação a algum ponto específico e não podem ser utilizadas quando mais de um destino é avaliado. Desta forma, as medidas desta categoria não são úteis ao presente trabalho, tendo em vista que pretendemos estudar o acesso que o sistema de transporte proporciona a todas as regiões do sistema econômico.

Tendo por fim admitir mais de uma região de destino, é possível considerar a média ponderada das distâncias inter-regionais a partir de determinada região como um indicador de acessibilidade. Nesta perspectiva, podemos ponderar a distância observada para cada região pela atratividade da mesma. Neste contexto, quanto mais distante estivermos das demais regiões do sistema, maior será o índice analisado e menor será a acessibilidade. A este indicador dá-se o nome de índice locacional.⁹

⁸ Geurs e van Eck (2001) discutem ainda outra classe de indicadores contida na classificação de medidas baseadas na atividade, as de medidas de acessibilidade derivadas da *time-space geography*. Não abordaremos esta categoria no presente trabalho, pois os estudos realizados com este arcabouço teórico se preocupam com a acessibilidade ao nível do indivíduo e, portanto apresentam uma preocupação distinta do presente trabalho. Os autores também não discutem o índice locacional, que foi introduzido na análise por ser utilizado no presente trabalho.

⁹ Apresentaremos este indicador em detalhes na seção 3.1.1.

As medidas de contorno refletem o número de oportunidades que podem ser alcançadas a um dado custo ou tempo de viagem.¹⁰ Medidas desta categoria têm como benefício a sua fácil interpretação, mas apresentam duas características indesejáveis. Primeiro, as oportunidades não são ponderadas pela dificuldade em acessá-las. Segundo, consideram-se oportunidades de interação relevantes àquelas que preenchem determinada condição (i.e. podem ser acessadas em determinado número de horas ou determinado número de quilômetros). No entanto, oportunidades marginalmente diferentes das definidas na condição estipulada não são consideradas na análise.¹¹ Esta dicotomia no tratamento das oportunidades não é interessante para o cálculo da acessibilidade, tendo em vista que as interações entre agentes localizados em distintas regiões não seguem este comportamento.

Ainda, conforme ressaltam Geurs e van Eck (2001), o inverso dos fatores de balanceamento de um modelo gravitacional duplamente restrito também pode ser utilizado como um indicador de acessibilidade. Conforme afirmam os autores, a principal vantagem deste indicador é que ele introduz um efeito competitivo entre demandantes e ofertantes, sendo, portanto bastante útil quando se deseja avaliar a acessibilidade a oportunidades que enfrentam competição tanto dos demandantes quanto dos ofertantes. Exemplo típico de mercado que sofre este efeito competitivo é o mercado de trabalho, já que trabalhadores competem por postos de trabalhos e as empresas competem por trabalhadores. Tendo em vista que o presente estudo não ambiciona avaliar a acessibilidade a serviço ou atividade específica que sofra este efeito competitivo, os indicadores desta natureza não são adequados. Ainda, deve-se ressaltar que a dificuldade na interpretação deste indicador tem levado a sua pouca utilização na literatura.

As medidas de acessibilidade potencial, por sua vez, reconhecem que oportunidades localizadas em regiões distantes da região de análise são menos relevantes que as

¹⁰ Outra possibilidade é considerar o inverso desta grandeza, ou seja, o custo necessário para se alcançar um dado número de oportunidades.

¹¹ Este problema pode ser mais bem discutido a partir de um exemplo. Imagine que definamos como medida de acessibilidade o número pessoas que possam ser alcançadas a partir de determinada região em um período de cinco horas. Ainda, imagine que em nossa região hipotética de estudo existam três municípios: A, B e C. Além disso, observamos que o Município B se encontra a 4 horas e 59 minutos de distância do Município A, enquanto que o Município C está localizado a 5 horas e 1 minuto deste. Neste contexto, ao calcularmos o índice de acessibilidade nestes municípios, perceberemos que a população do Município A será relevante para o cálculo do índice do Município B, mas não o será para o do Município C. Como não esperamos que as relações entre os Municípios A e B sejam significativamente diferentes das observadas entre os Municípios A e C em virtude da distância, não é desejável que o índice de acessibilidade assim avalie. Ainda, nos índices desta natureza, devemos definir um limiar de forma *ad hoc*, o que pode impactar sensivelmente a análise.

oportunidades localizadas na proximidade da mesma. Desta forma, no cálculo do índice de acessibilidade potencial, as variáveis utilizadas como *proxy* da massa de oportunidade em regiões distintas são reponderadas por um fator de escalonamento inversamente proporcional à distância. Este fator de escalonamento é constituído com o auxílio de funções limitadas ao intervalo $[0, 1]$ para o domínio relevante, tal como a função inversa ou uma função exponencial com expoente negativo. Desta forma, evita-se o tratamento dicotômico da variável de interesse presente nas medidas de contorno ao se adotar uma função contínua sobre a distância inter-regional. Ainda, quando observadas às condições supracitadas, a acessibilidade potencial pode ser descrita de forma genérica por:

$$ACC_i = \sum_j g(W_j) * f(I_{ij}) \quad (2.1)$$

onde ACC_i é a acessibilidade potencial da região i , W_j é a *proxy* da massa de oportunidades, a função $g(\cdot)$ é uma função de ponderação da massa de oportunidade que introduz a possibilidade de uma especificação não linear sobre esta, I_{ij} é a impedância ao deslocamento da região i à região j , e a função $f(\cdot)$ é a função de escalonamento discutida no parágrafo anterior. Assim, tendo em vista a operacionalização deste indicador, é necessário seleccionar as variáveis W_j e I_{ij} e as funções $g(\cdot)$ e $f(\cdot)$ relevantes para o estudo.¹² Ainda, deve-se ressaltar que as medidas de acessibilidade potencial encontram ampla utilização na literatura (GUTIERREZ, 2001; HOLL, 2007; LÓPEZ-SUÁREZ, 2008; CESAR, 2010; CHANDRA; VADALI, 2014).

Gutierrez (2001) utiliza um índice de acessibilidade potencial, índices de contorno e o índice locacional para avaliar o impacto da construção de uma linha de trem de alta velocidade entre Madrid e a divisa da Espanha com a França, passando por Barcelona. Como principal resultado, o autor aponta que os impactos são amplamente assimétricos entre as regiões analisadas, beneficiando mais intensamente as regiões do nordeste da Espanha e do sul da França. No trabalho, o autor estuda também os impactos do projeto sobre a desigualdade na distribuição de acessibilidade. Nesta perspectiva, observa que o projeto reduz a desigualdade no território europeu, tendo em vista que impacta mais intensamente as regiões da Península Ibérica, que apresentam baixa acessibilidade. No entanto, quando o autor analisa apenas as

¹² Conforme exposto, utilizaremos índices de acessibilidade potencial no presente trabalho. Nesta perspectiva, a discussão acerca das variáveis e funções descritas será objeto de análise do próximo capítulo.

cidades espanholas, observa que os impactos ocorrem com maior intensidade em cidades que apresentam inicialmente maiores níveis de acessibilidade, reforçando assim as disparidades existentes.

Holl (2007) analisa os impactos da construção de um sistema de autoestradas na Espanha entre os anos de 1980-2000 a partir de índices de acesso a rede e de acessibilidade potencial.¹³ Como principais resultados da análise, a autora conclui que, no período, houve uma melhora significativa no acesso à rede de autoestradas na Espanha. Este movimento foi acompanhado, no entanto, pelo aumento da desigualdade na distribuição deste indicador. Em relação ao índice de acessibilidade potencial, a autora pontua que no período há um aumento da acessibilidade potencial das regiões espanholas, movimento este que é acompanhado por uma leve redução na desigualdade na distribuição do indicador.

López-Suárez (2008) utiliza metodologia semelhante para analisar os impactos dos investimentos no setor de transporte rodoviário e ferroviário na Espanha entre os anos de 1992-2004 sobre a desigualdade na distribuição de acessibilidade. Como principal resultado da análise, a autora conclui que os investimentos em modais rodoviários contribuíram para a redução da desigualdade na distribuição de acessibilidade por rodovias, enquanto que os investimentos realizados no modal ferroviário contribuíram para o aumento da desigualdade na distribuição da acessibilidade ferroviária.

Chandra e Vadali (2014) estudam os impactos de uma linha ferroviária de alta velocidade sobre a distribuição espacial da acessibilidade em 23 condados da região das Montanhas Apalaches. Com este objetivo em mente, os autores analisam dois cenários alternativos para o ano de 2035. No primeiro cenário são supostas duas modificações em relação ao ano-base (2002): o aumento na demanda por viagens e as expansões programadas na malha rodoviária. Já no segundo cenário, é suposto que, além dos eventos supracitados, ocorre a construção de uma ferrovia de alta velocidade na região. Como principal resultado da análise, os autores afirmam que, mesmo com a construção da linha férrea e das intervenções rodoviárias, haverá redução da acessibilidade em relação ao ano-base em parte relevante dos condados analisados. Nesta perspectiva, os autores afirmam a necessidade de uma maior atuação do governo para atender o aumento na demanda por transporte na região.

¹³ O índice de acesso à rede corresponde a menor distância em linha reta a rede de autoestradas.

César (2010), por sua vez, utiliza arcabouço metodológico semelhante ao empregado por López-Suárez (2008) para avaliar o Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos a Municípios (PROACESSO) em Minas Gerais. O programa analisado é composto pela construção de um amplo número de ligações pavimentadas das sedes municipais à rede principal de transporte do Estado de Minas Gerais. A principal constatação do trabalho é que o PROACESSO contribui para a redução na concentração da acessibilidade no estado. O autor ainda emprega técnicas de análise exploratória de dados espaciais para testar a dependência espacial da acessibilidade e encontrar os *clusters* de acessibilidade. Os impactos espaciais do PROACESSO também são calculados e é rejeitada a hipótese de aleatoriedade espacial do impacto.¹⁴

Tendo apresentado o conceito, a caracterização, a classificação e trabalhos voltados à análise do impacto de estruturas de transporte sobre os índices de acessibilidade, nos voltaremos à análise de aspectos relacionados à modelagem de equilíbrio geral computável. Ainda, discutiremos ao final deste capítulo a análise que será realizada a partir dos índices de acessibilidade e voltaremos a discutir os índices específicos utilizados no presente trabalho no próximo capítulo.

2.2. Modelos inter-regionais de equilíbrio geral computável

A utilização da modelagem de equilíbrio geral computável (EGC) se inicia na década de 1960 com a criação de um modelo de EGC para a economia norueguesa (Johansen, 1960). Esta estratégia de modelagem, no entanto, passa a ser aplicada em larga escala apenas a partir da década de 1980 em virtude dos desenvolvimentos na área de computação que possibilitaram a implementação de modelos com elevado número de equações. Em especial, a tradição de modelagem utilizada no presente trabalho tem origem na Austrália na década de 1970, com o Projeto *Impact*, que teve como um de seus objetivos a criação de um modelo de equilíbrio geral computável para a economia australiana. Fruto deste projeto e de posteriores trabalhos houve a proliferação de uma diversidade de modelos de equilíbrio geral voltados para o tratamento de questões distintas, tais como o modelo ORANI (1982), o modelo MONASH (1996), o MONASH-MRF (1996) e o MONASH-GREEN (2002).

¹⁴ Vale ressaltar que, enquanto a análise da acessibilidade é bastante comum na análise de projetos na literatura europeia, o trabalho desenvolvido por Cesar (2010) é um dos poucos encontrados na literatura nacional.

Em conexão direta com esta tradição de modelagem desenvolvida na Austrália, observamos o surgimento de modelos de equilíbrio geral computável na literatura acadêmica brasileira. Tomando como base o modelo ORANI, Guilhoto (1995) elabora o modelo PAPA, voltado para a análise de políticas agrícolas. Haddad (1999) desenvolve um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável (IEGC), o B-MARIA – *Brazilian Multisectoral And Regional/Inter-regional Analysis Model*, e o utiliza para a análise de desigualdades regionais e mudanças estruturais na economia brasileira. Este trabalho foi responsável por um profícuo desenvolvimento na literatura de equilíbrio geral nacional. A partir do Modelo B-MARIA observamos o surgimento de uma diversidade de modelos voltados para a análise de políticas distintas. Neste contexto, podemos destacar: o modelo SPARTA (Domingues, 2002), utilizado para simular os impactos da ALCA sobre a economia brasileira, o modelo B-MARIA-RS (PORSSE, 2005), utilizado para a análise da competição tributária interestadual, os modelos B-MARIA-27 (HADDAD, 2004) e B-MARIA-MG (HADDAD *et al*, 2008), utilizados para a análise de melhoramentos na estrutura viária, o modelo B-MARIA-PORT (HADDAD *et al*, 2010), voltado para análise dos impactos de variações na eficiência portuária, o modelo ENERGY-BR (SANTOS, 2010), utilizado na análise de política tarifária no setor elétrico e o modelo BLUE (FARIA, 2012), voltado para a análise de políticas que impactam o uso da terra.

Uma característica em comum a todos estes modelos é que eles estão equipados para realizar análises contrafactuais. Com isso, através da utilização dos mesmos, é possível avaliar impactos de alterações em variáveis exógenas sobre as variáveis endógenas ao modelo econômico. Exemplos típicos destas análises envolvem estudos sobre alterações nas produtividades setoriais, nas tarifas de importação de produtos e no custo inter-regional de transporte. Neste contexto, o presente trabalho presta a sua contribuição ao analisar os impactos da redução dos custos de transporte em virtude da implantação do Sistema Viário Oeste. O modelo de equilíbrio geral desenvolvido no presente estudo é uma contribuição para a família de modelagem B-MARIA, voltado para a análise de melhoramentos viários no Estado da Bahia. A estrutura teórica deste modelo será apresentada em detalhes no próximo capítulo. No presente capítulo nos preocuparemos em apresentar aspectos teóricos e operacionais associados à modelagem de equilíbrio geral computável e a literatura acadêmica preocupada com problemas semelhantes aos tratados no presente trabalho.

2.2.1. Aspectos teóricos e operacionais

Um modelo de EGC é uma representação da economia real (SANTOS, 2010) que sistematiza as interdependências entre os distintos mercados observados nesta economia (PORSSE, 2005). A partir de um equilíbrio inicial (*benchmark*), esta estrutura de modelagem permite simular suposições alternativas sobre variáveis exógenas ao modelo. Tendo em vista apresentar o processo de modelagem, é proveitoso iniciar a nossa discussão a partir de uma representação compacta de um modelo de EGC:

$$F(\mathbf{v}, \mathbf{a}) = 0 \quad (2.2)$$

Na expressão acima, observamos dois vetores distintos: o vetor $\mathbf{v}$, que representa as variáveis exógenas e o vetor $\mathbf{a}$, que representa as variáveis endógenas ao modelo. Ainda, $F(\cdot)$ é uma função-vetor não linear que representa a estrutura do modelo econômico. Desta forma, nesta representação simplificada, a função-vetor $F(\cdot)$ especifica as regras de interação entre as variáveis endógenas e exógenas ao modelo que geram uma situação de equilíbrio, ou seja, que anulam os excessos de oferta em todos os mercados.

A especificação de um modelo econômico que seja capaz de refletir as relações relevantes de uma economia é um passo de extrema relevância ao processo de modelagem.¹⁵ No entanto, tendo em vista realizar análises contrafactuais com modelos de equilíbrio geral computável, é necessário ainda calibrar o modelo. Dentro deste arcabouço simplificado, a calibragem do modelo consiste em determinar os valores iniciais dos vetores $\mathbf{v}$ e $\mathbf{a}$ de sorte a que os mesmos, quando inseridos no sistema de equações simultâneas, repliquem o equilíbrio inicial do sistema. Nesta etapa da modelagem, como principal fonte de dados temos os dados de insumo-produto inter-regional,

¹⁵ Discutiremos a especificação do modelo utilizado no presente trabalho no próximo capítulo. No entanto, ao leitor que não se encontra familiarizado com a modelagem de equilíbrio geral computável, uma nota a respeito da especificação de modelos IEGC faz-se necessária para compreensão deste arcabouço de modelagem. Apesar da diversidade na especificação de modelos de equilíbrio geral computável, encontramos similaridades entre especificações distintas. É comum na modelagem de EGC, observarmos a discriminação de distintos agentes, tais como: consumidores, investidores, firmas e governos, além de agentes externos à economia modelada. Ainda, a especificação dos modelos reflete, em larga medida, as hipóteses comportamentais associadas aos agentes. Desta forma, dentre as equações especificadas no modelo, é comum observarmos: equações de demanda dos consumidores derivadas das hipóteses de maximização de utilidade, equações de demanda por insumos e de oferta de produto derivadas da maximização de lucro dos investidores e das firmas e equações que modelam o comportamento do governo. Além das equações supracitadas, é comum observarmos também equações de *market-clearing* para os mercados explicitados na modelagem. Estas equações são de especial importância para garantir o equilíbrio do sistema após as simulações.

empregados na calibragem dos coeficientes estruturais do modelo.¹⁶

Após a calibragem, o modelo está apto à realização de simulações. Dentro do arcabouço metodológico da modelagem de equilíbrio geral computável, a simulação consiste em realizar alterações em variáveis exógenas ao sistema e analisar os impactos destas alterações sobre as variáveis endógenas ao mesmo. Matematicamente, o processo de ajustamento do sistema pode ser descrito a partir da diferenciação total da equação (2.2), apresentada abaixo:

$$F_v(v, a) dv + F_a(v, a) da = 0 \quad (2.3)$$

Onde $F_v(v, a)$ é a matriz de derivadas de $F(\cdot)$ em relação às variáveis exógenas calculadas no ponto de equilíbrio inicial e $F_a(v, a)$ é a matriz de derivadas de $F(\cdot)$ em relação às variáveis endógenas calculada no ponto de equilíbrio inicial, dv é o vetor de variação das variáveis exógenas e da é o vetor de variação das variáveis endógenas. Ainda, a equação (2.3) pode ser reescrita como abaixo:

$$da = F_a(v, a)^{-1} F_v(v, a) dv \quad (2.4)$$

Supondo a existência de $F_a(v, a)^{-1}$, a solução das alterações nas variáveis endógenas em função das variáveis exógenas ao sistema pode ser computada a partir da multiplicação matricial exposta acima.¹⁷

Os novos vetores de variáveis endógenas e exógenas ao sistema de equações constituem uma solução na qual a equação (2.2) é respeitada, ou seja, levam a um novo equilíbrio em nosso sistema econômico. Desta forma, é possível realizar uma análise contrafactual com um modelo de EGC, comparando os resultados alcançados no novo equilíbrio com o *benchmark*. O exercício de simulação desenvolvido no presente trabalho tem essa natureza e os resultados observados são a contraposição do equilíbrio observado em uma simulação na qual

¹⁶ Ver Dixon *et al* (1992) para uma discussão mais aprofundada a respeito do processo de calibragem.

¹⁷ A derivação aqui apresentada para simulações em modelos de EGC considera uma variação exógena infinitesimal. No entanto, este não é comumente o interesse das análises efetuadas em modelos de EGC. Desta forma, é interessante utilizar estratégias para simular, de forma acurada, variações de distintas magnitudes. De forma genérica, os métodos de solução empregados subdividem a variação exógena simulada em partes e empreendem cálculos em múltiplos passos, recalculando a matriz de derivadas a partir dos resultados obtidos a cada passo. Dixon *et al* (1992) afirmam que um número pequeno de passos (menor ou igual a quatro) com extrapolação é normalmente suficiente para a uma solução bastante acurada.

consideramos a existência do Sistema Viário Oeste na rede rodoviária e o banco de dados de referência.

Tendo em vista a proposta do presente trabalho, ainda torna-se necessário discutir a dimensão regional em modelos de EGC. Existem duas estratégias possíveis para modelar economias regionais, a abordagem *top-down* e a abordagem *bottom-up*. Na abordagem *top-down*, os agentes são modelados a nível nacional. As grandezas determinadas pelo modelo são então desagregadas entre regiões do modelo através do uso de técnicas de desagregação. Na abordagem *bottom-up*, os agentes são modelados a nível regional e o resultado nacional é uma agregação dos resultados regionais. A abordagem *bottom-up* tem como principal vantagem considerar explicitamente as ligações inter-regionais, sendo, portanto, mais adequada para medir os efeitos espaciais de choques exógenos ao modelo. A sua principal desvantagem é a maior necessidade de dados, já que as atividades devem ser modeladas a nível regional.

O modelo de equilíbrio geral desenvolvido no contexto do presente trabalho é um modelo *bottom-up*. Em decorrência disto, devemos especificar os agentes relevantes para cada uma das regiões de análise e as regras de decisão que guiam o comportamento destes. Nesta perspectiva, é necessário modelar a forma a qual os agentes (i.e. consumidores, firmas, governos) de determinada região decidem sobre a origem dos insumos produtivos e dos produtos adquiridos. Como consequência, neste arcabouço de modelagem, os fluxos de comércio inter-regional decorrerão das decisões otimizadoras dos agentes regionais. Ainda, deve se ressaltar que o fluxo de bens não ocorre sem a utilização da infraestrutura de transporte disponível nas regiões de análise e esta utilização não ocorre sem custos. Desta forma, a estratégia de modelagem dos custos associados à transferência inter-regional de bens é de primordial importância para estudos preocupados em avaliar os impactos de intervenções no sistema de transporte.

Em uma acepção ampla, as estratégias comumente utilizadas para incorporar custos de transporte a modelos de equilíbrio geral se baseiam em reconhecer diferenças entre os preços dos produtos utilizados dentro da região produtora e o preço ao consumidor dos produtos que necessitam ser transportados para a utilização em outras regiões. No entanto, o método utilizado para incluir este elemento em modelos de IEGC não é o mesmo em todos os modelos. Apesar disto, é possível identificar duas abordagens metodológicas dominantes para a modelagem deste problema. Tendo em vista a importância do tratamento do setor de transporte na análise de impactos econômicos de

projetos de infraestrutura viária, apresentaremos a revisão da bibliografia seguindo esta divisão metodológica.¹⁸

2.2.2. Literatura

Nesta seção apresentamos estudos voltados à análise de impacto de infraestruturas de transporte que utilizam como arcabouço metodológico a modelagem de equilíbrio geral computável. Discutiremos inicialmente os trabalhos que modelam os custos de transporte como um custo do tipo iceberg e posteriormente os que modelam o transporte como um serviço produzido por um agente maximizador de lucro.

2.2.2.1. Transporte como um custo do tipo Iceberg

Custos de transporte do tipo iceberg é uma simplificação teórica introduzida por Samuelson (1954) na qual se supõe que parte dos produtos embarcados deixa de existir no deslocamento inter-regional. Desta forma, é possível modelar as fricções impostas pela distância ao transporte de bens sem a modelagem específica de um setor de transporte. O fato de apenas parte dos produtos encontrar seu destino final tem impacto direto sobre o preço unitário pago pelo demandante, já que o fornecedor ambiciona receber pelo total de produto embarcado. Desta forma, o preço pago pelo consumidor final deve incluir o custo das unidades perdidas no transporte. Encontramos na literatura uma diversidade de modelos desenvolvidos com esta especificação teórica (BRÖCKER, 1998; 2002; ALMEIDA, 2003; OOSTERHAVEN; KNAPP, 2003; BRÖCKER; SCHNEEKLOTH, 2005; BRÖCKER *et al*, 2010).

¹⁸ Almeida (2003) identifica, ainda, uma terceira abordagem metodológica para modelagem do setor de transporte em modelos IEGC. Segundo o autor, o setor de transporte pode ser modelado a partir de um módulo satélite, sendo posteriormente integrado ao modelo IEGC a partir da associação entre algum produto daquele módulo e uma variável do modelo de equilíbrio geral, geralmente presente na função de produção. Exemplo de uma aplicação deste arcabouço de modelagem, Kim *et al* (2004) utilizam um modelo de equilíbrio geral computável para estudar os impactos da construção de um sistema rodoviário na Coreia do Sul. Neste trabalho, os autores constroem um módulo satélite de transporte no qual é calculada a acessibilidade para cada uma das regiões do modelo. A integração do módulo de transporte ao modelo de equilíbrio geral computável ocorre através de uma relação estabelecida entre a produtividade dos fatores primários e os índices de acessibilidade. Assim, neste trabalho, alterações na rede de transporte impactam os índices de acessibilidade, que, por consequência, alteram a produtividade das firmas. Esta alteração gera impactos sobre as demais variáveis do sistema econômico. Vale destacar que esta abordagem metodológica é encontrada com menor frequência na literatura. Ainda, ao longo do desenvolvimento do presente trabalho foi feita uma tentativa para estimar econometricamente os impactos da acessibilidade sobre a produtividade dos fatores. Este estudo, no entanto, não foi possível em virtude da indisponibilidade de dados.

Bröcker (1998) utiliza um modelo de EGC para analisar os impactos de distintos projetos de infraestrutura rodoviária propostos no contexto da *Trans-European Transport Network* (TEN-T) sobre o bem-estar econômico. O modelo, que é baseado na modelagem da Nova Geografia Econômica, apresenta dois setores, um de *tradables* e outro de *non-tradables*. O setor de *tradables* opera sob concorrência monopolística, enquanto o setor de *non-tradables* opera sob concorrência perfeita. O modelo reconhece ainda 800 regiões do território europeu e dois tipos distintos de custos de transporte, um associado à distância e outro associado à transposição de fronteiras nacionais. Tendo em vista estudar os impactos das alterações na rede de transporte, duas matrizes de custos de transporte foram calculadas, uma associada à situação inicial e outra associada à rede viária após a implantação dos projetos. As variações nos custos de transporte são então simuladas e uma análise comparativa é empreendida tendo por fim avaliar os impactos das novas ligações de transporte sobre o bem-estar econômico.

Almeida (2003) elabora um modelo de Equilíbrio Geral Computável para análise de políticas de transporte no Estado de Minas Gerais, o Minas-Space. O modelo reconhece as doze mesorregiões do estado e três regiões externas, englobando o resto do Brasil e do mundo. O autor realiza dois exercícios de estática comparativa, considerando dois fechamentos distintos: um com o salário real fixo, associado ao curto prazo, e outro com o salário flexível, associado ao longo prazo. No primeiro experimento são consideradas as reduções dos custos de transporte decorrentes do encurtamento das distâncias inter-regionais, ao passo que no segundo experimento o autor analisa os impactos econômicos da redução dos custos de frete. Os resultados básicos dos experimentos são semelhantes e apontam um aumento no bem-estar social, uma redução no nível de preços e uma diminuição do índice de Gini da renda. De uma perspectiva espacial, observamos que os impactos são mais intensos na Região Norte do estado e no Triângulo Mineiro.

Oosterhaven e Knapp (2003) analisam os impactos econômicos de seis projetos ferroviários na Holanda. O modelo utilizado pelos autores reconhece 548 municipalidades holandesas e 14 setores, que são modelados sob a hipótese de concorrência monopolística. Como principais resultados das simulações, os autores apontam um leve crescimento do PIB e relevante redistribuição do emprego. Na análise dos resultados, um ponto interessante é levantando sobre a utilização de custos de transporte do tipo iceberg na modelagem IEGC. Nesta perspectiva, os autores apontam que a utilização desta abordagem pode introduzir um

problema de especificação nos modelos, induzindo a subestimação dos efeitos dos empreendimentos sobre a atividade setorial. Argumenta-se que, como parte dos bens deixa de existir no deslocamento inter-regional, uma redução nos custos de transporte implica na liberação de bens. Assim, bens que na situação inicial eram utilizados na atividade de transporte passam a ser utilizados como bens de consumo ou como insumos produtivos. Como consequência, uma parcela da demanda da economia pode ser atendida por estas mercadorias, reduzindo, desta forma, os impactos dos projetos analisados sobre a produção setorial.

Bröcker e Schneekloth (2005) utilizam um modelo de EGC bastante semelhante à Bröcker (1998) para analisar os impactos econômicos e os efeitos pró-coesão dos projetos definidos como prioritários no TEN-T e TINA – *Transportation Infrastructure Needs Assessment* – sobre distintas regiões da União Europeia. Os autores estudam ainda os impactos distributivos de um aumento no custo de transporte, procurando modelar a taxação ótima sobre os deslocamentos. Objetivando analisar os impactos dos projetos sobre a coesão, os autores utilizam o índice de desigualdade de Atkinson sobre a distribuição do bem-estar regional antes e após a construção dos projetos. Como principais resultados da análise, concluem que os projetos de infraestrutura apresentam efeitos pró-coesão, enquanto a política de precificação apresenta efeitos nocivos à coesão.

Bröcker *et al* (2010), por sua vez, utilizam um modelo IEGC para calcular os impactos econômicos de 22 projetos de infraestrutura rodoviária e ferroviária contidos TEN-T. O modelo de equilíbrio geral utilizado reconhece 260 regiões europeias e uma região externa. Neste trabalho, uma rede de transporte é utilizada para calcular os tempos de viagem entre as distintas regiões, variável relevante para o cálculo dos custos de transporte. Os autores efetuam então uma análise de custo-benefício, utilizando estimativas dos custos dos projetos e do aumento no bem-estar econômico. Como principal conclusão do trabalho, apontam que parte substancial dos projetos analisados não se mostra rentável em uma análise de custo-benefício. Ainda, dos projetos que se mostram rentáveis, metade necessitaria de um sistema de financiamento que escapasse as fronteiras nacionais dos países nos quais os projetos seriam implantados, tendo em vista os fortes *spillovers* para as demais regiões da União Europeia.

2.2.2.2. Transporte como setor otimizador

O serviço de transporte de mercadorias também pode ser modelado como um bem produzido por um setor otimizador da economia. Dentro desta estratégia de modelagem, um setor específico responsável pela produção desta mercadoria deve ser modelado. Ainda, a demanda por este bem surge da necessidade de se realizar o transporte de mercadorias. Tendo em vista que o transporte de bens ocorre através da utilização do bem transporte, os gastos com este devem ser considerados no preço ao consumidor dos bens da economia. É válido ressaltar que esta abordagem segue de forma mais próxima à realidade econômica e evita o problema de especificação descrito por Oosterhaven e Knapp (2003). Tendo em vista que esta será a estratégia de modelagem utilizada no presente trabalho, apresentá-la-emos de forma detalhada no próximo capítulo. Diversos trabalhos acadêmicos preocupados com a avaliação dos impactos de estruturas de transporte foram desenvolvidos com base nesta especificação teórica (HADDAD, 2004; HADDAD e HEWINGS, 2005; DOMINGUES *et al*, 2008; HADDAD *et al*, 2011).

A utilização de modelos da família B-MARIA para a análise de impacto de investimentos em infraestrutura de transporte se inicia com Haddad (2004). Neste trabalho, o autor apresenta dois desenvolvimentos metodológicos em relação ao modelo B-MARIA originalmente apresentado em Haddad (1999). Estes desenvolvimentos foram de primordial importância para a simulação de alterações na rede de transporte e dizem respeito a dois temas de grande relevância à Nova Geografia Econômica, o tratamento adequado dos custos de transporte e a introdução de economias de escala na modelagem econômica. De especial interesse ao presente estudo, o autor apresenta uma metodologia para integrar um modelo de transporte a um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável.¹⁹ No âmbito do estudo, o autor realiza ainda três exercícios de simulação. No primeiro exercício, simula os impactos da redução de 1% nos custos de transportes entre todas as regiões do modelo. No segundo exercício, o autor avalia as ligações de transporte analiticamente relevantes, baseando-se na metodologia de campos de influência. Já no terceiro, que guarda grande semelhança com o exercício de simulação que será desenvolvido no presente trabalho, o autor apresenta a análise de impacto econômico da 2ª fase de duplicação da Rodovia Fernão Dias no trecho São Paulo – Belo Horizonte. Neste caso, as evidências apontam para um impacto concentrado nos

¹⁹ No presente trabalho, seguiremos de forma próxima a metodologia introduzida por este estudo. Esta será objeto de discussão do Capítulo 3.

estados de São Paulo e Minas Gerais no curto prazo, enquanto que, no longo prazo, os impactos se mostram mais dispersos em virtude da possibilidade de migração dos fatores.

Domingues *et al* (2008), por sua vez, investigam os impactos econômicos de 44 projetos rodoviários previstos no Programa de Aceleração do Crescimento a partir da integração de um modelo de transporte ao modelo TERM-CEDEPLAR. Como contribuição metodológica deste trabalho, podemos destacar a inclusão de um módulo que possibilita a substituição entre margens de transporte associadas a distintos modais de transporte.²⁰ Ainda, como principal conclusão do trabalho, os autores apontam que os projetos analisados podem contribuir, no longo prazo, para a redução da desigualdade regional.

Haddad *et al* (2011) utilizam o modelo B-MARIA-MG com o objetivo de analisar os impactos econômicos de melhorias rodoviárias no estado. Os projetos de infraestrutura analisados neste trabalho são a duplicação e construção de terceira faixa ao longo da BR-262 no trecho Betim - Araxá e a duplicação da BR-381 ao longo do trecho Belo Horizonte - Governador Valadares. O modelo reconhece oito setores e 109 regiões, apresentando desagregação mais fina para o Estado de Minas Gerais e regiões com as quais o estado apresenta maior relação comercial. Ainda, um modelo de transporte é utilizado para calcular os diferenciais nos custos de transporte decorrentes da implantação dos projetos e assim gerar as estimativas de redução nos custos inter-regionais de transporte necessárias a simulação. Os autores concluem que, para ambos os projetos, há um aumento do PIB nacional, impulsionado pela expansão da exportação no curto prazo. No longo prazo, no entanto, os resultados não se mostram homogêneos. Neste caso, as obras na BR-262 apresentam um impacto positivo sobre a produção, enquanto a duplicação da BR-381 impacta negativamente a mesma. Este resultado não esperado, como sugerem os autores, está associado à competição inter-regional entre o Nordeste e Sudeste do país. Neste contexto, a migração de fatores, decorrente da duplicação da rodovia, impacta positivamente a produção na Região Nordeste em detrimento da Região Sul, tendo como saldo líquido uma queda no PIB nacional.

É importante destacar ainda três grandes investigações no setor de transportes ao longo da última década, uma de âmbito federal e duas de âmbito estadual, desenvolvidas a partir da metodologia descrita. O PNLT - Plano Nacional de Logística e Transportes (BRASIL, 2010)

²⁰ Neste trabalho são considerados quatro modais de transporte: o rodoviário, o ferroviário, o aeroviário e o agregado dos demais modais.

– desenvolvido inicialmente em 2007, marcou a retomada do planejamento no setor de transporte na esfera federal. Com este objetivo, foram elaborados cenários para os períodos coincidentes com a vigência dos Planos Plurianuais, considerando o horizonte de duas décadas. Através destes e a partir de um modelo de transportes, foi possível identificar os futuros gargalos na rede de transporte nacional, propiciando a proposição de projetos. Ademais, para avaliar projetos predefinidos, um modelo de transporte foi integrado a um modelo de equilíbrio geral computável derivado do modelo proposto por Haddad (1999). Desta forma, foi possível avaliar os projetos de acordo com uma ampla gama de indicadores provenientes do modelo de IEGC.²¹ Em âmbito estadual podemos destacar duas investigações do setor de transporte desenvolvidas também com a modelagem discutida: o PELT-MG - Plano Estadual de Logística de Transporte do Estado de Minas Gerais (MINAS-GERAIS, 2007) - e o PELT-PA – Plano Estadual de Logística de Transporte do Estado do Pará (PARÁ, 2010). Ambos os estudos utilizaram uma metodologia semelhante ao PNLT de sorte a subsidiar o planejamento do investimento no setor de transportes nos estados.

2.3. Acessibilidade e modelos IEGC: uma análise das abordagens metodológicas

Após apresentarmos as principais características e estudos selecionados desenvolvidos a partir da utilização de índices de acessibilidade e de modelos de IEGC, torna-se proveitoso fazer uma análise crítica das duas metodologias, delineando os pontos fortes e fracos das mesmas. Nesta análise, identificamos quatro pontos que podem influenciar na escolha da abordagem metodológica utilizada em determinado estudo.

O primeiro ponto se refere à própria análise desejada. A utilização de índices de acessibilidade permite que empreendamos um estudo das vantagens locais proporcionadas pelo sistema de transporte e pela distribuição espacial da atividade. Ainda, dentro deste arcabouço, é possível avaliar como novas estruturas de transporte impactam a distribuição espacial desta vantagem local, bem como estudar o impacto destas novas estruturas sobre a desigualdade regional na distribuição de acessibilidade, procurando assim averiguar como os novos empreendimentos irão contribuir para a equidade na distribuição

²¹ Estes indicadores refletem de forma ampla os impactos socioeconômicos dos projetos em questão e podem ser elencados como: indicadores de atividade (PIB, arrecadação tributária e emprego), taxa interna de retorno, competitividade internacional e sistêmica, desigualdade regional, bem-estar da população, desempenho regional e desempenho setorial.

desta vantagem locacional no espaço. Estas são análises que não podem ser realizadas em um modelo de IEGC. No entanto, apesar da importância da análise das vantagens locacionais para o desenvolvimento econômico, estas usualmente não figuram entre as variáveis prioritariamente ponderadas no processo de tomada de decisão. Variáveis como: produto interno bruto, desempenho setorial, emprego, inflação e arrecadação tributária são as que usualmente interessam aos agentes tomadores de decisão. No entanto, *a priori*, o cálculo de indicadores de acessibilidade é incapaz de responder a perguntas referentes aos impactos de experimentos contrafactuais sobre estas variáveis. Não obstante, este fato pode ser modelado em um modelo IEGC, sendo fator de grande atratividade para esta abordagem metodológica.

O segundo ponto diz respeito à facilidade de implementação do método. O entendimento do conceito de acessibilidade é mais fácil e acessível a uma ampla gama de áreas de estudo que a modelagem de IEGC. Ademais, a compreensão do conceito e a implementação do método estão disponíveis aos interessados. A modelagem de IEGC necessita de uma ampla bagagem de teoria econômica, além do estudo detalhado de metodologia e *software* específico. Ainda, a construção de um modelo de IEGC demanda um elevado gasto de tempo, além de *expertise* técnica.

O terceiro ponto diz respeito à necessidade de dados para a implementação das metodologias. O cálculo de índices de acessibilidade necessita apenas de uma quantidade limitada de dados. Em muitos casos, estes índices podem ser elaborados utilizando apenas uma matriz de distâncias inter-regionais. A modelagem de equilíbrio geral computável demanda um banco de dados extenso, tendo em vista a necessidade de modelar uma ampla gama de relações entre os agentes econômicos. Como consequência da necessidade de dados, destacamos que os índices de acessibilidade podem ser calculados para agregações espaciais mais finas que as comumente utilizadas em modelos de IEGC, tendo em vista que parte dos dados necessários à operacionalização do modelo não se encontra disponível para estas agregações espaciais.

O quarto ponto diz respeito à fundamentação teórica da metodologia. A modelagem de equilíbrio geral computável apresenta fundamentação microeconômica sólida, enquanto que os índices de acessibilidade refletem apenas padrões comportamentais esperados dos agentes. Este fato é de primordial importância e pesa fortemente a favor da modelagem de IEGC, tendo em vista que a fundamentação teórica confere maior confiabilidade a esta abordagem metodológica.

É válido ainda destacar outro ponto relevante e pouco explorado em estudos desta natureza, a possibilidade de integração entre os índices de acessibilidade e a modelagem de equilíbrio geral computável. Conforme apresentado, uma das variáveis relevantes para o cômputo da acessibilidade é a distribuição espacial da atividade. Ainda, espera-se que alterações na rede de transporte modifiquem esta distribuição, impactando a atividade nas regiões de forma heterogênea. Como consequência, a criação de uma nova estrutura de transporte impacta a acessibilidade, não só através da redução dos tempos de deslocamento, mas também através dos impactos da nova estrutura sobre a distribuição espacial da atividade. Este efeito, que não é comumente avaliado em trabalhos preocupados com a acessibilidade, pode ser estimado através da integração da modelagem de IEGC à modelagem da acessibilidade. Neste sentido, pode-se utilizar a variação no produto interno bruto regional, estimada pelo modelo de IEGC, para calcular os índices de acessibilidade após a introdução de uma nova estrutura.

Tendo em vista os pontos levantados acerca das abordagens metodológicas discutidas e a possibilidade de integração destas, o presente estudo ambiciona, através da utilização combinada de índices de acessibilidade e da modelagem de equilíbrio geral computável, avaliar os impactos do Sistema Viário Oeste, em sua fase de operação, sobre o acesso a mercados e sobre a atividade regional.²² Com intuito de alcançar os objetivos delineados pretendemos ao longo do trabalho:

- Estudar o atual padrão de dispersão espacial da acessibilidade no Brasil e, em especial, na Bahia.
- Avaliar como o Sistema Viário Oeste contribuirá para a alteração da distribuição supracitada e como este impactará a desigualdade na distribuição da acessibilidade.
- Avaliar os impactos do Sistema Viário Oeste sobre variáveis econômicas relevantes, em especial a distribuição espacial do produto interno bruto.

²² Não analisaremos os impactos econômicos gerados pela construção do Sistema Viário Oeste. Como consequência, os resultados observados na análise dos impactos econômicos do SVO não refletem as elevações ou alterações na composição do investimento público ou privado necessárias a construção do projeto, mas tão somente os impactos gerados pela redução dos custos inter-regionais de transporte na fase de operação do projeto. A avaliação dos impactos da construção demandaria informações sobre o financiamento do projeto que, por hora, não se encontram disponíveis.

- Avaliar como as alterações na distribuição espacial da atividade impactam os índices de acessibilidade estimados.

Tendo por fim alcançar os objetivos traçados e abordar os pontos delineados, seguiremos, ao longo do presente trabalho, o processo de modelagem definido na Figura 3. Nesta perspectiva, apresentaremos, no próximo capítulo, os índices de acessibilidade e de desigualdade utilizados no presente trabalho. Estes índices, no ano-base, serão calculados a partir do produto interno bruto municipal e da rede rodoviária do PNLT. Ainda, no Capítulo 3, exporemos a estrutura do modelo de equilíbrio geral computável utilizado no presente estudo, o Modelo B-MARIA-BA. Este terá sua solução inicial calculada a partir de dados de insumo-produto inter-regional de 2007 (utilizados na calibragem dos coeficientes estruturais do modelo), parâmetros comportamentais e da já mencionada rede rodoviária do PNLT.²³ Reservamos ao Capítulo 4 a apresentação da estratégia utilizada para simular alterações na rede de transporte. Neste capítulo, exporemos também os resultados do cálculo dos índices de acessibilidade e da análise dos impactos do Sistema Viário Oeste sobre acessibilidade regional e sobre a desigualdade na distribuição da acessibilidade. A partir de simulações na rede rodoviária, estimaremos também a redução do custo inter-regional de transporte gerada pelo SVO, utilizando esta estimativa para simular os impactos do Sistema Viário Oeste sobre a economia brasileira. Apresentaremos os resultados desta simulação no Capítulo 5, no qual discutiremos também os resultados da análise da produtividade marginal do investimento. A partir dos resultados apresentados no Capítulo 5, recalcularemos os índices de acessibilidade, considerando os impactos do Sistema Viário Oeste sobre o produto regional bruto. Os resultados destes cálculos serão apresentados no Capítulo 6, no qual analisaremos ainda a contribuição da redução do tempo de deslocamento e da variação na atividade para a variação dos índices de acessibilidade e os impactos da variação da atividade sobre a análise de desigualdade sobre os índices de acessibilidade. Reservamos ao Capítulo 7 as considerações finais do trabalho.

²³ Ver Apêndice A para a descrição dos dados necessários à calibragem do Modelo B-MARIA-BA.

Figura 3 – Fluxograma de modelagem

3. METODOLOGIA

O presente capítulo ambiciona apresentar o arcabouço metodológico utilizado ao longo do trabalho. Tendo em vista apresentar a metodologia empregada de forma clara, o capítulo foi organizado de sorte a abordar em cada uma de suas seções a metodologia utilizada para responder a um dos pontos delineados na Seção 2.3. Desta forma, na primeira seção apresentamos os índices de acessibilidade selecionados. Na segunda seção, discutimos os indicadores empregados na análise da desigualdade na distribuição de acessibilidade. Já na terceira e última seção do capítulo, apresentamos a especificação do modelo B-MARIA-BA e a estratégia utilizada para simular reduções no custo de transporte. O método utilizado para avaliar a forma a qual alterações na distribuição espacial da atividade impactam os índices de acessibilidade estimados será apresentado no Capítulo 6, conjuntamente aos resultados desta análise.

3.1. Índices de acessibilidade

Tendo por fim estudar o atual padrão de dispersão espacial da acessibilidade no Brasil e em especial na Bahia, selecionamos dois indicadores de acessibilidade: o índice de acessibilidade locacional e o índice de acessibilidade potencial. Ainda, em virtude de distintas especificações paramétricas utilizadas para o índice de acessibilidade potencial, este se desdobra em três indicadores distintos. Na presente seção, discutiremos os índices selecionados apresentando suas fórmulas de cálculo e seus pontos fortes e fracos para a análise da acessibilidade.

3.1.1. Índice de acessibilidade locacional

O índice de acessibilidade locacional possui uma formulação simples e é computado como a média ponderada das impedâncias inter-regionais. Ademais, são necessárias ao cômputo do índice apenas informações referentes à massa de oportunidade regional e às impedâncias inter-regionais. No presente estudo, adotamos como massa de oportunidade o produto regional bruto e como medida de impedância inter-regional o tempo mínimo de deslocamento

entre as regiões brasileiras.^{24,25} Sendo assim, o indicador de acessibilidade locacional pode ser calculado a partir da fórmula abaixo²⁶:

$$LOC_i = \frac{\sum_j T_{ij} * PIB_j}{\sum_j PIB_j} \quad (3.1)$$

onde LOC_i é o índice de acessibilidade locacional da região i , T_{ij} é o tempo mínimo de deslocamento entre a região i e a região j e PIB_j é o produto interno bruto a preços de mercado da região j .

Da análise da fórmula acima é possível perceber que quanto maior for o valor do índice de acessibilidade locacional, maior será a média ponderada dos tempos de deslocamentos inter-regionais a partir de determinada região e, portanto, menor será a acessibilidade desta. Desta forma, variações positivas no índice de acessibilidade locacional refletem uma queda na acessibilidade da região em análise.

A simplicidade do indicador apresentado também implica em limitações relevantes para a análise da acessibilidade. Apenas dois dos quatro componentes da acessibilidade apresentados no capítulo anterior são avaliados pelo indicador, o componente espacial e o componente de transporte. Ainda, o índice de acessibilidade locacional considera mercados localizados em regiões distantes e mercados próximos a região analisada como igualmente relevantes para o cômputo da acessibilidade. Este não é o comportamento observado nas interações espaciais,

²⁴ A população regional e produto regional bruto são as medidas de massa de oportunidades tradicionalmente utilizadas em estudos semelhantes ao aqui desenvolvido. Observamos, no entanto, que, exceto quando se deseja medir de forma específica o acesso a pessoas (CESAR, 2010) ou quando a variável que reflete o produto regional bruto não está disponível para o agregado regional (HOLL, 2007) ou para o período temporal analisado (KOOPMANS *et al.*, 2012), os índices de acessibilidade potencial utilizam como medida de massa de oportunidade o produto interno bruto. Ademais, esta variável avalia de forma mais adequada às vantagens locais geradas pela facilidade de acesso proporcionada pelo sistema de transporte, tendo em vista que estas são comumente associadas ao tamanho do mercado.

²⁵ A modelagem da impedância inter-regional inspira amplo debate na literatura e encontramos diferentes estratégias, variantes em complexidade, para a modelagem desta. Em uma perspectiva mais simples que a aqui adotada, poderíamos considerar a impedância como a distância rodoviária mínima entre as distintas regiões do modelo. Esta abordagem, no entanto, desconsidera as características das rodovias, tais como tipo e condições do pavimento e o relevo da região. Uma abordagem mais complexa do que a aqui adotada envolve a utilização de um modelo de transporte. A partir da utilização de um modelo desta natureza é possível calcular os custos totais de deslocamento entre regiões. Infelizmente, a elaboração de um modelo de transporte demanda uma *expertise* técnica que não está disponível ao autor. Assim, como dispomos de informações sobre a velocidade de deslocamento por trecho, adotamos o tempo mínimo de deslocamento entre as regiões como a impedância ao deslocamento.

²⁶ O *software Matlab 7.10* foi utilizado para o cálculo da acessibilidade. As rotinas e as bases de dados utilizadas nos cálculos estão disponíveis no CD-ROM que acompanha esta dissertação.

que, em via de regra, variam negativamente com a distância. Assim, é interessante que nosso índice de acessibilidade reconheça esta característica.

3.1.2. Índice de acessibilidade potencial

Os índices de acessibilidade potencial procuram medir o grau de acesso que o sistema de transporte proporciona a mercados localizados nas distintas regiões do sistema econômico. A formulação genérica destes indicadores já foi apresentada no capítulo anterior. A formulação específica utilizada no presente estudo segue a fórmula abaixo:

$$POT_i = \sum_j PIB_j \exp(-\beta T_{ij}), \text{ onde } \beta > 0 \quad (3.2)$$

onde POT_i é o índice de acessibilidade potencial da região i , β é um parâmetro de penalização da função de escalonamento, T_{ij} é o tempo de deslocamento entre a região i e a região j e PIB_j é o produto interno bruto a preços de mercado da região j .

Comparando as equações (2.1) e (3.2), percebemos que selecionamos como a impedância entre as regiões o tempo de deslocamento inter-regional, como função de escalonamento a função exponencial e como variável de massa de oportunidade o produto interno bruto, além de termos adotado sobre o mesmo uma especificação linear. As escolhas do tempo de deslocamento inter-regional como impedância e do PIB como variável de massa de oportunidade já foram abordadas na seção anterior. A adoção da função linear sobre o produto interno bruto decorre da falta de informações sobre a forma funcional e sobre os parâmetros necessários a tal modelagem. Ademais, tal tratamento encontra-se em linha com a literatura. Resta-nos, portanto, discutir a seleção da função de impedância.

A seleção da função de impedância adequada para a elaboração do índice de acessibilidade potencial demanda uma base de dados de deslocamentos inter-regionais.²⁷ A título de exemplo, Geurs e van Eck (2001) utilizam uma pesquisa de viagens de 1995 para a Holanda, a fim de avaliar, dentre quatro formulações tipicamente utilizadas para a função de impedância, qual a que melhor se adéqua aos dados. O banco de dados dos autores inclui

²⁷ Vale destacar que, apesar da importância da seleção adequada da função de impedância, o tratamento usual nos trabalhos analisados é selecionar, de forma *ad hoc*, uma forma funcional específica.

700.000 informações sobre viagens com dados sobre tempo e distância de deslocamento, além de informações sobre o motivo da viagem e o modal de transporte utilizado. A partir destas informações, os autores constroem a função de probabilidade das viagens no tempo e selecionam a forma funcional que apresenta a maior correlação com esta. Tendo em vista que não possuímos um banco de dados desta natureza, adotamos de forma *ad hoc* a função de exponencial. Ainda, de acordo com Geurs e van Wee (2004), esta é a forma funcional mais utilizada na literatura.

Além disso, da análise da fórmula de cálculo, percebemos que para o cômputo do índice, é necessário adotar um valor para o parâmetro β . Este parâmetro impacta diretamente o comportamento da função utilizada para ponderar as massas econômicas e, assim, tem impacto direto sobre a acessibilidade de determinada região. Tendo em vista que não dispomos dos dados necessários à estimação, adotaremos uma abordagem distinta, que, no entanto, se mostra promissora.

A abordagem utilizada no presente trabalho foi adotar, de forma *ad hoc*, três valores distintos para o parâmetro β de sorte a simular o acesso a três tipos distintos de mercados, denominados no presente trabalho de: mercados locais, mercados regionais e mercados nacionais. No primeiro caso (mercados locais) o parâmetro β foi selecionado de sorte que o produto interno bruto localizado a duas horas de distância da região de origem obtivesse ponderação no valor de 0,5 no cálculo do índice. Este indicador de acessibilidade está associado a mercados nos quais os bens usualmente se deslocam por pequenas distâncias entre local de produção e local de consumo, tais como os bens de natureza perecível. No segundo caso (mercados regionais) o parâmetro β foi definido de tal sorte que o produto regional bruto localizado a cinco horas de distância da região de origem obtivesse ponderação no valor de 0,5 no cálculo do índice. Já no terceiro caso (mercados nacionais), o valor do β foi estabelecido de sorte que a mercados localizados a 20 horas de distância fossem atribuídos ponderação no valor de 0,5 no cálculo do indicador.

Apesar da natureza *ad hoc* da determinação dos parâmetros da função exponencial, os parâmetros selecionados explicam parte relevante da possível variação no vetor de acessibilidade. Este fato pode ser evidenciado a partir da análise da Figura 4. Nesta figura, apresentamos a correlação linear entre distintos vetores de acessibilidade calculados para o Brasil. Para a elaboração da mesma, construímos 30 vetores de acessibilidade, calibrando o

parâmetro β em cada caso para que a função exponencial assumisse o valor 0,5 para a unidade horária correspondente à posição do vetor na figura (hora de meia vida).²⁸ Após a construção dos trinta vetores supracitados, calculamos a correlação linear entre estes.

Figura 4 - Correlação linear entre vetores de acessibilidade potencial

A partir da análise da figura, percebemos que vetores próximos são altamente correlacionados. Além disso, quanto menor o valor do parâmetro β (quanto mais à direita e a baixo na figura), maior é a correlação entre vetores adjacentes. Em virtude do exposto, acreditamos ser possível captar de forma satisfatória as possíveis variações entre os candidatos a vetores de acessibilidade potencial, calculando apenas os vetores selecionados.

A principal vantagem do índice de acessibilidade potencial é que o mesmo propicia a estimativa do tamanho do mercado relevante para cada região de análise. Tendo em vista que as vantagens locacionais estão usualmente associadas ao tamanho do mercado, o cálculo deste indicador é muito importante em estudos investigativos desta natureza. As principais

²⁸ Desta forma, para o n ésimo vetor construído, o parâmetro β foi calibrado de sorte que a função exponencial assumisse valor 0,5 quando o tempo de deslocamento fosse igual à n horas.

desvantagens estão associadas à necessidade de se adotar uma forma funcional para a função de impedância e de se atribuir um valor para o parâmetro β . Estas demandas tornam o cálculo deste indicador mais complexo que o cálculo do índice de acessibilidade locacional.

Apesar de reconhecermos que o índice de acessibilidade potencial é mais adequado que o índice de acessibilidade locacional para a análise das possibilidades de interação proporcionadas aos agentes, a utilização deste indicador no presente trabalho tem um papel importante por dois motivos. Primeiro, o índice locacional oferece um indicador de acessibilidade livre de suposições paramétricas, o que é de especial importância para o presente estudo, tendo em vista que adotamos de forma *ad hoc* a função de impedância e os valores do parâmetro de penalização de distância. Segundo, a prática corrente adotada na literatura especializada preconiza que seja utilizado mais de um índice de acessibilidade, tendo por fim evitar o viés que pode ser introduzido na análise pela utilização de um único indicador. Em virtude do exposto, selecionamos o índice de acessibilidade potencial e o índice locacional para avaliar a acessibilidade no presente estudo.

3.2. Índices de desigualdade

O segundo objetivo proposto pelo presente trabalho é o de avaliar como o Sistema Viário Oeste contribuirá para a alteração da distribuição de acessibilidade. Em especial, procuraremos avaliar se o mesmo contribuirá para uma distribuição mais equânime ou mais desigual da mesma. Com este objetivo em mente, calcularemos índices de desigualdade para as distribuições de acessibilidade antes e depois da introdução do Sistema Viário Oeste na rede de transporte. A partir de um exercício de estática comparativa, avaliaremos como o SVO afetará a desigualdade na distribuição da acessibilidade.²⁹

Índices de desigualdade são medidas resumo que procuram sintetizar em um único número a desigualdade entre os indivíduos ou regiões no tocante a uma variável de interesse. No entanto, ao avaliarmos políticas que alterem a distribuição da variável de interesse, é possível que indicadores de desigualdade distintos apresentem variações em sentidos opostos, sinalizando movimentos dissonantes na distribuição dos dados. Neste contexto, a

²⁹ Os cálculos dos índices de desigualdade apresentados foram efetuados no *software Stata 11*.

recomendação da literatura é adotar uma gama de indicadores de desigualdade e analisá-los conjuntamente. Tendo em vista a operacionalização desta metodologia, utilizaremos quatro índices de desigualdade bastante empregados na literatura: o coeficiente de variação, o índice de Gini, o índice de Theil e o índice de Atkinson. No que segue, apresentamos uma breve descrição destes.

3.2.1. Coeficiente de variação.

O desvio-padrão de uma distribuição estatística indica a variabilidade das observações nesta distribuição. No entanto, esta medida varia com a média. Sendo assim, caso comparássemos dois conjuntos de dados que se distinguissem apenas por um fator multiplicativo, o desvio-padrão das distribuições seria diferente, tornando este indicador inadequado para análise da desigualdade em uma distribuição de dados. Este problema pode ser corrigido dividindo o desvio-padrão da distribuição por sua média. Dá-se a esta grandeza o nome de coeficiente de variação. Nesta perspectiva, caso observássemos uma distribuição perfeitamente equânime, a variância da distribuição seria nula e, conseqüentemente, o coeficiente de variação também. Ainda caso observássemos um aumento na dispersão da distribuição ao redor da média, observaríamos um aumento da variância e um conseqüente aumento do coeficiente de variação. Assim, interpretaremos que um aumento no coeficiente de variação é um indicativo do aumento da desigualdade na distribuição.

3.2.2. Índice de Gini

O índice de Gini é um índice de desigualdade calculado com base na Curva de Lorenz. A Curva de Lorenz é o mapeamento da distribuição acumulada da variável de interesse (no caso específico a acessibilidade) na distribuição acumulada dos indivíduos aos quais se atribui a variável de interesse (no caso específico as regiões), ordenados de forma crescente no tocante a variável de interesse. No caso específico analisado, a Curva de Lorenz da distribuição de acessibilidade responde, para todo intervalo relevante, qual o percentual da acessibilidade global que está associado ao n-percentil das regiões com pior acessibilidade. Caso a acessibilidade se distribuisse de forma perfeitamente equânime entre as regiões, cada n-percentil das regiões com pior acessibilidade teria associado a si n por cento da variável de

interesse acumulada. Neste caso, a Curva de Lorenz seria uma reta de 45° (reta de igualdade). O índice de Gini mede a distância entre a Curva de Lorenz e a reta de igualdade e é calculado como o dobro da área delimitada por estas (Área I na Figura 4). Para facilitar a visualização, mapeamos ambas as curvas na figura abaixo:

Figura 5 - Curva de Lorenz e reta de igualdade

Da análise da figura acima percebemos que caso a distribuição de dados fosse perfeitamente equânime o índice de Gini seria zero. Já um índice de Gini no valor de um indica uma situação de perfeita desigualdade. Utilizaremos para o cálculo do índice de Gini a fórmula abaixo, apresentada em López-Suárez (2007) e Cesar (2010):

$$Gini_{Acc} = 1 + \left(\frac{1}{N}\right) - \left[\frac{2}{\overline{ACC} * N^2}\right] * \sum_i (N - i + 1) ACC_i \quad (3.3)$$

onde $Gini_{Acc}$ é o índice de gini de um indicador de acessibilidade, N é o número de regiões, $\overline{ACC}$ é a média do índice de acessibilidade em questão e ACC_i é i-ésima maior observação do índice de acessibilidade em questão.

3.2.3. Índice de Theil

O índice de Theil tem como base a Teoria da Informação e utiliza para o cálculo da desigualdade o conceito de entropia. A entropia de uma distribuição pode ser compreendida

como o grau de desordem de um sistema de informação (COWELL, 2009). Neste contexto, a maior entropia estaria associada a um sistema equiprovável, enquanto a entropia teria valor nulo no caso de um evento que apresentasse probabilidade um. Theil (1967) apresenta um índice de desigualdade fazendo um paralelo entre a probabilidade do evento e a distribuição da variável de interesse entre os agentes observados. O Índice de Theil é a diferença entre a entropia máxima, associada à situação em que todos os indivíduos possuam uma dotação idêntica, e a entropia da distribuição observada da variável de interesse. Este índice pode ser calculado através da fórmula:

$$Theil_{Acc} = \sum_i \frac{ACC_i}{\overline{ACC}} \ln \left(\frac{\frac{ACC_i}{\overline{ACC}}}{\frac{1}{N}} \right) \quad (3.4)$$

onde $Theil_{Acc}$ é o índice de Theil de um índice de acessibilidade, N é o número de regiões, $\overline{ACC}$ é a média do índice de acessibilidade em questão e ACC_i é a acessibilidade da região i . Vale ressaltar que o indicador varia entre zero, situação na qual a entropia associada à distribuição é idêntica a entropia da distribuição igualitária, e o logaritmo neperiano do número de observações, situação na qual a entropia associada à distribuição é nula.³⁰

3.2.4. Índice de Atkinson

O índice de Atkinson (1970) utiliza uma função de bem-estar social para calcular a utilidade associada à distribuição de uma variável de interesse.³¹ Tendo por fim operacionalizar o cálculo do índice, o autor propõe a utilização de uma função de bem-estar social CRIA

³⁰ Apesar da complexidade do indicador, Conceição e Ferreira (2000) apresentam uma derivação alternativa, oferecendo uma explicação intuitiva, mesmo que não fundamentada na teoria. Os autores inicialmente afirmam que índices de desigualdade utilizam distintos critérios para comparar a distribuição da variável de interesse com a distribuição da população. Este fato se encontra presente no Índice de Theil. Note que o argumento da função logarítmica nada mais é do que razão da parcela da acessibilidade associada à região i ($\frac{ACC_i}{\overline{ACC}}$) pela parcela da acessibilidade que caberia a esta região caso a distribuição fosse equânime ($\frac{1}{N}$).

³¹ Atkinson (1970) apresenta uma crítica aos índices de desigualdade apresentados anteriormente. A premissa básica adotada pelo autor é que, utilizando uma função de utilidade côncava e crescente, os índices de desigualdade deveriam apresentar um ordenamento idêntico ao da função de bem-estar social para distribuições de mesma média. No entanto, o autor prova que no caso específico de duas distribuições com mesma média, caso as curvas de Lorenz apresentem intercessão, existe ao menos uma função de bem-estar social que apresenta utilidades individuais crescentes e côncavas e que atribui a uma distribuição de maior Gini (mais desigual) um valor superior de bem-estar quando comparada a uma distribuição de menor Gini.

(*Constant Relative Inequality Aversion*). A partir desta função é possível calcular o valor da variável de interesse que devemos fornecer a cada indivíduo, no contexto de uma distribuição perfeitamente equânime, para gerar o mesmo nível de bem-estar social da distribuição observada. A este valor dá-se o nome de equivalente equitativamente distribuído da acessibilidade. Em virtude das propriedades da função de bem-estar social, este valor é sempre menor ou igual à média da variável de interesse observada na distribuição. De forma genérica, o índice de Atkinson pode ser calculado a partir da fórmula abaixo:

$$Atkinson_{ACC} = 1 - \frac{ACC_{eed}}{\overline{ACC}} \quad (3.5)$$

onde $Atkinson_{ACC}$ é o índice de Atkinson de um indicador de acessibilidade, $\overline{ACC}$ é a média da acessibilidade observada na distribuição e ACC_{eed} é o equivalente equitativamente distribuído da acessibilidade. Utilizando a função de bem-estar social CRIA, obtemos uma fórmula para o cálculo do índice:

$$Atkinson_{ACC}(\varepsilon) = 1 - \sum_i \left[\left(\frac{ACC_i}{\overline{ACC}} \right)^{1-\varepsilon} \frac{1}{N} \right]^{\frac{1}{(1-\varepsilon)}} \quad (3.6)$$

onde, além da notação já apresentada, ε é o parâmetro de aversão a desigualdade. Vale destacar que o parâmetro ε pode variar de zero a infinito, e que quanto maior for o parâmetro ε maior será a aversão à desigualdade no indicador. Ainda, o índice de Atkinson varia entre zero e um e é crescente na desigualdade.³²

3.3. O modelo B-MARIA-BA

A terceira questão proposta pelo presente trabalho é a de avaliar os impactos do Sistema Viário Oeste dentro do arcabouço da modelagem de equilíbrio geral computável. Tendo em vista cumprir este objetivo em um capítulo subsequente, apresentaremos na presente seção o modelo de equilíbrio geral a ser utilizado. Discutiremos inicialmente a divisão regional e

³² O principal problema para a operacionalização do índice de Atkinson é a definição do parâmetro aversão à desigualdade (ε). Neste trabalho adotaremos $\varepsilon = 0,5$, valor utilizado em César (2010).

setorial do modelo. Após esta discussão preliminar, apresentaremos a especificação do modelo. Ainda, ao final do capítulo discutiremos as hipóteses adotadas nos fechamentos utilizados, a modelagem dos custos de transporte e a estratégia utilizada para simular alterações na rede de transporte.

O modelo B-MARIA-BA é um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável equipado para a realização de simulações de estática comparativa na economia brasileira.³³ O modelo apresenta desagregação espacial mais fina para o Estado da Bahia, o que o torna adequado para simulações que impactem de forma diferenciada as distintas regiões do estado. Ainda, o modelo reconhece 58 regiões domésticas e uma região externa. As regiões domésticas são compostas pelas 32 microrregiões do Estado da Bahia e os 26 estados brasileiros. As transações com o exterior são modeladas a partir de transações com uma única região externa. A atividade produtiva foi dividida em oito setores e oito produtos. Nas tabelas abaixo apresentamos os setores e os produtos do modelo e a correspondência que estes guardam com o Sistema de Contas Nacionais (56 setores e 110 produtos) do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística:

Tabela 1 - Correspondência entre os setores do modelo B-MARIA-BA e os setores do Sistema de Contas Nacionais

Setor	Descrição	Correspondência SCN
AGE	Agricultura, Pecuária e Indústria Extrativa	Setores 1-5
IND	Indústria de Transformação	Setores 6-39
SIUP	Serviços Industriais de Utilidade Pública	Setor 40
CNT	Construção Civil	Setor 41
CME	Comércio	Setor 42
TRP	Transporte	Setor 43
SER	Outros Serviços	Setores 44-53
ADP	Administração Pública	Setores 54-56

³³ A família de modelos oriundos do modelo B-MARIA (Haddad, 1999) encontra-se documentada em diversos estudos. Informações adicionais sobre os modelos da família B-MARIA podem ser encontrados em Haddad e Hewings (2001), Haddad (2004) e Haddad *et al* (2008).

Tabela 2 - Correspondência entre os produtos do modelo B-MARIA-BA e os produtos do Sistema de Contas Nacionais

Produto	Descrição	Correspondência SCN
AGE	Agricultura, Pecuária e Indústria Extrativa	Produtos 1-23
IND	Indústria de Transformação	Produtos 24-89
SIUP	Serviços Industriais de Utilidade Pública	Produto 90
CNT	Construção Civil	Produto 91
CME	Comércio	Produto 92
TRP	Transporte	Produtos 93 e 94
SER	Outros Serviços	Produtos 95-107
ADP	Administração Pública	Produtos 108-110

O modelo reconhece ainda dois insumos primários utilizados na atividade produtiva, capital e trabalho, e sete categorias de uso: consumo intermediário, demanda por investimento, consumo das famílias, exportação, consumo dos governos regionais, consumo do Governo Federal e as variações de estoque. Além disso, os bens comércio e transporte são tratados como bens-margem. Adota-se ainda a hipótese de concorrência perfeita em todos os mercados.

3.3.1. Núcleo do Modelo B-MARIA-BA.

O núcleo do modelo descreve o comportamento dos produtores, dos investidores, dos consumidores, do agente externo, dos governos regionais e do Governo Federal. No que segue, discorreremos sobre a modelagem do comportamento de cada um destes agentes.³⁴

3.3.1.1. Produtores

A produção no modelo B-MARIA-BA é modelada através de uma estrutura aninhada CES (*Constant Elasticity of Substitution*) /Leontief/CET (*Constant Elasticity of Transformation*) em

³⁴ A especificação completa do modelo B-MARIA-BA, assim como o banco de dados, os fechamentos e o choque utilizado para simular o Sistema Viário Oeste estão disponíveis no CD-ROM que acompanha esta dissertação.

quatro estágios. É suposto que em cada região opera um produtor representativo para cada setor do modelo. Ademais, é permitida a produção de múltiplos produtos por setor. A figura abaixo apresenta a estrutura aninhada de produção para um setor genérico, ela servirá de guia para a discussão do processo otimizador dos produtores:

Figura 6 - Representação esquemática do processo de otimização dos produtores

A fim de realizar uma apresentação didática do processo otimizador da produção de bens, apresentaremos inicialmente o processo de escolha dos insumos produtivos e posteriormente o processo de escolha dos bens produzidos (Estágio 1).

O processo de escolha dos insumos produtivos segue a lógica da minimização dos custos de produção associados a um determinado nível de produto. Em um primeiro momento (Estágio 2), o produtor deve escolher entre bens compostos de insumos intermediários e um composto de fatores primários, sujeito a uma função de produção de proporções fixas (Leontief). Em um segundo momento (Estágio 3), o mesmo deve selecionar a procedência dos insumos intermediários dos bens compostos e dos insumos intermediários utilizados no estágio anterior. Neste estágio o produtor minimiza os custos da aquisição dos bens compostos escolhendo entre um produto composto de origem doméstica ou o produto de origem importada. Há também a necessidade de determinar a composição do composto de fatores primários utilizado no estágio anterior, escolhendo entre os fatores primários disponíveis, capital e trabalho. Neste processo, supõe-se que o produtor minimiza os custos de aquisição dos bens ou insumos sujeito a uma função CES. Já em um terceiro momento (Estágio 4), o produtor deve selecionar a região de origem dos insumos domésticos. Aqui o processo de otimização é o mesmo adotado no Estágio 3, ou seja, o produtor minimiza custos de aquisição de bens escolhendo entre bens de diferentes origens no território nacional, sujeito a uma função CES.

Além disto, o produtor deve selecionar a cesta de produtos fabricada (Estágio 1). Neste estágio o produtor otimiza uma função de produção CET selecionando a composição de produtos que maximize o seu lucro.

3.3.1.2. Investidores

Tendo por fim concretizar certo nível de investimento, é necessária a produção de bens de capital.³⁵ A produção de bens de capital é modelada através de uma estrutura produtiva aninhada CES/Leontief. É suposto que em cada região exista um produtor de capital representativo para cada setor. Ademais, cada produtor é responsável pela produção de bens de capital para uma indústria específica. A representação esquemática abaixo representa a função de produção em três estágios utilizada na modelagem da produção de bens de capital:

³⁵ O nível de investimento em cada região é determinado pelo módulo de investimento, que será discutido mais a frente. A presente seção apresenta apenas como os produtores de unidades de capital escolhem os seus insumos produtivos.

Figura 7 - Representação esquemática do processo de otimização dos investidores

No primeiro estágio, o produtor de bens de capital minimiza os custos de aquisição de bens compostos, sujeito à função de produção de proporções fixas (Leontief). No segundo estágio, o produtor deve escolher entre um composto doméstico de produtos e um produto de origem externa. Assim, este deve minimizar os custos de aquisição, restrito a uma função CES. Em um terceiro estágio, o produtor deve escolher a origem regional do produto doméstico, sujeito novamente a uma função CES.

3.3.1.3. Demanda das famílias

O processo de escolha dos bens consumidos é modelado através de uma função de utilidade aninhada Stone-Geary/CES. Adota-se ainda a hipótese de existência de um consumidor representativo em cada região do modelo. A figura abaixo foi elaborada de sorte a auxiliar a discussão acerca do processo otimizador dos consumidores.³⁶

Figura 8 - Representação esquemática do processo de otimização dos consumidores

No primeiro estágio do processo, o consumidor representativo maximiza uma função de utilidade Stone-Geary escolhendo entre os distintos bens compostos disponíveis para consumo. No segundo estágio, o consumidor representativo minimiza o custo de aquisição da

³⁶ No modelo B-MARIA-BA uma função de consumo é utilizada na determinação do nível do consumo regional. Em cada região, o consumo nominal regional segue a renda nominal do fator trabalho. Desta forma, a modelagem exposta na presente seção apresenta como os consumidores escolhem entre distintos bens de distintas origens.

cesta escolhendo entre o composto doméstico ou o bem de origem importada, sujeito a uma função CES. A determinação da origem regional dos bens consumidos é feita no terceiro estágio, no qual o consumidor escolhe entre bens provenientes das distintas regiões nacionais, restrito a uma função CES.

3.3.1.4. Demanda Externa

No modelo B-MARIA-BA a demanda externa é modelada de forma distinta para dois grupos de bens, os bens tradicionais de exportação e os bens não tradicionais de exportação. Nesta perspectiva, os bens agropecuários e extrativos e industriais são considerados como bens tradicionais de exportação, enquanto os demais são considerados bens não tradicionais pela modelagem.³⁷ No tocante a demanda externa, os bens tradicionais são modelados individualmente, de sorte que a demanda externa por determinado bem de produção nacional apresenta inclinação negativa no preço deste no mercado internacional. Os demais bens, considerados não tradicionais, são agrupados em um bem composto que se defronta com uma curva negativamente inclinada no preço deste composto no mercado internacional.

3.3.1.5. Consumo do Governo

Em cada região do modelo é suposta a existência de dois agentes distintos que caracterizam o consumo do governo, o Governo Federal e o Governo Regional.³⁸ No modelo B-MARIA-BA os gastos nominais do Governo Regional seguem a arrecadação tributária regional, enquanto os gastos do Governo Federal seguem a arrecadação tributária federal. Ambiciona-se, desta forma, modelar o comportamento equilibrado do governo no tocante ao seu orçamento.

3.3.2. Módulo de investimento

O módulo de investimento contém as equações que determinam o nível de investimento em cada setor de cada região. Este módulo pode funcionar, ao menos, de duas formas distintas, fixando o

³⁷ A exportação de bens tradicionais responde por 85% das exportações nacionais no ano de 2007.

³⁸ O agente Governo Regional engloba o consumo das esferas estaduais e municipais.

capital por setor e por região ou permitindo alterações nos estoques de capital em função de alterações nas taxas de retorno. Explicaremos melhor estes modos de funcionamento quando abordarmos os distintos fechamentos do modelo.

3.3.3. Módulo de mercado de trabalho e migração regional

O módulo de mercado de trabalho e migração regional define, a partir de variáveis populacionais, importantes componentes do mercado de trabalho. Neste contexto, no presente módulo observamos a determinação da oferta de trabalho regional e da taxa de desemprego regional. Ademais, a presença deste módulo permite maior flexibilidade no tratamento do mercado de trabalho, sendo possível a adoção de uma gama de fechamentos distintos. Conforme ressalta Haddad (2004) e Santos (2010), é possível ter a população regional exógena com o desemprego regional, a taxa de participação regional ou o salário regional relativo sendo determinado endogenamente, ou ainda, ter todas estas variáveis exógenas, sendo neste caso, a população regional determinada endogenamente. Há ainda outra formulação possível para este módulo. Discuti-la-emos na seção seguinte ao abordarmos os distintos fechamentos utilizados no presente estudo.

3.3.4. Fechamentos

O modelo utilizado no presente trabalho possui 109.264 equações e 220.332 variáveis. Desta forma, torna-se necessário para a solução do mesmo determinar 111.068 variáveis exogenamente. A escolha das variáveis que devem ser determinadas exogenamente tem, no entanto, impacto direto sobre os resultados da simulação. Desta forma, a seleção destas variáveis deve ser cuidadosamente realizada de sorte a mimetizar os ambientes econômicos desejados. No presente trabalho, realizaremos simulações tendo por fim analisar o impacto do Sistema Viário Oeste em dois ambientes econômicos distintos. O primeiro, que chamaremos de curto prazo, mimetiza de forma mais aproximada o ajustamento da economia nos anos seguintes a finalização do projeto. Já o segundo fechamento, que chamaremos de longo prazo, mimetiza o ajustamento da economia após um período mais dilatado de tempo. Ainda, a principal diferença entre os dois fechamentos utilizados é a mobilidade intersetorial e inter-regional da mão de obra e do capital e, em virtude do exposto, discutiremos o funcionamento destes mercados mais detalhadamente.

No fechamento de curto prazo é suposto que a população regional encontra-se fixa, assim, adota-se a hipótese de que a migração é uma decisão de longo prazo. Ademais, variações no emprego impactam apenas o desemprego regional, não tendo impacto nos salários reais regionais que são supostos constantes neste fechamento.³⁹ Com esta configuração, a curva de oferta de trabalho se torna perfeitamente elástica no curto prazo, sendo os salários determinados pelo nível de preços ao consumidor nacional. Desta forma, alterações na demanda por trabalho tem impacto direto sobre o desemprego em cada região. Ainda, é suposto no fechamento de curto prazo que o investimento e os estoques de capital são fixos por setor e por indústria, refletindo a hipótese de que os agentes são incapazes de alterar suas decisões de investimento no curto prazo.

No fechamento de longo prazo é suposto que a mão de obra pode se movimentar entre as regiões do modelo. Ademais, adota-se a hipótese que os agentes decidem se realocar para regiões que apresentam maiores aumentos no bem-estar individual, fazendo com que, em equilíbrio, todas as regiões apresentem a mesma variação na utilidade do agente individual. Assim, os salários nominais serão ajustados de sorte a equilibrar a oferta e a demanda em cada região, gerando alterações nos salários reais regionais. Em relação ao mercado de capitais, é suposto que o investimento setorial em cada região é determinado pela taxa de retorno do investimento em bens de capital. Neste contexto, os investidores percebem como benefício da produção de bens de capital o valor recebido pelo aluguel do capital, enquanto que o custo associado ao mesmo é o custo da produção de unidades de capital. Assim sendo, o retorno da produção de bens de capital é a razão entre o aluguel recebido por unidade de capital e o custo de sua produção. Em virtude do exposto, o investimento em determinado setor aumenta com a elevação no valor do aluguel naquele setor ou com a redução nos custos de produção de unidades de capital.

3.3.5. Modelagem dos custos de transporte no modelo B-MARIA-BA

Tendo exposto a estrutura teórica do modelo B-MARIA-BA, apresentaremos agora a estratégia utilizada para simular os impactos do Sistema Viário Oeste em sua fase de operação. Em linhas gerais, a estratégia consiste em integrar uma rede de transporte a um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável. No entanto, para entendermos como isto pode ser feito, é necessário

³⁹ Segundo Haddad (2004) e Santos (2010), este tratamento do mercado de trabalho capta de forma mais próxima o funcionamento do mercado de trabalho brasileiro em virtude do desemprego disfarçado na economia.

compreender primeiro o que são bens-margens e o papel que estes bens desempenham na modelagem dos custos de transporte no modelo B-MARIA-BA.

3.3.5.1. Margens de Transporte

Bens-margens ou margens são bens necessários à transferência de bens entre produtores e usuários dos mesmos. Estas transferências ocorrem de forma onerosa e o custo associado às mesmas reflete os custos de transferência. Ainda, por ser onerosa, a atividade de transferência de bens entre produtores e usuários implica em custos que devem ser reconhecidos no preço pago por determinado bem.⁴⁰ No modelo B-MARIA-BA, o ônus desta transferência retrata os custos provenientes da utilização de serviços de transporte e de comércio. Ademais, estes custos são reconhecidos pelo modelo através da utilização dos bens comércio e transporte na transferência de bens entre os agentes econômicos. Ainda, supõe-se que a atividade de transferência não gera lucros. Desta forma, os gastos com margens são iguais aos custos de produção dos bens necessários às transferências realizadas.

Analizamos em seções anteriores a atividade produtiva dos bens no modelo B-MARIA-BA. Tendo em vista compreender o funcionamento do mercado de margens de transporte, resta-nos compreender o funcionamento da demanda por margens no modelo.⁴¹ A demanda por margens de transporte no modelo B-MARIA-BA origina-se da necessidade de transferir bens entre os distintos agentes do modelo. Ademais, é válido salientar que as margens de transporte não apresentam substitutos, sendo a demanda pelas mesmas proporcionais aos fluxos observados. Desta forma, havendo a necessidade de transferir bens entre os distintos agentes do modelo, há a necessidade de se incorrer em gastos com margens. Ainda, a demanda por margens de transporte no modelo B-MARIA-BA segue a equação abaixo⁴²:

⁴⁰ É importante destacar aqui a diferença entre dois conceitos utilizados ao longo do trabalho, o preço básico e o preço ao consumidor. O preço ao consumidor é o preço pago pelo usuário do bem, enquanto que o preço básico é o preço ao consumidor subtraído dos gastos com margens e dos impostos líquidos de subsídios. Desta forma, se por algum motivo ocorre à redução nos gastos com margens de transporte em um modelo onde se observa a concorrência perfeita, percebemos uma redução em igual montante no preço ao consumidor. O preço básico do bem, no entanto, não se altera.

⁴¹ A demanda por margens de comércio é modelada de forma idêntica a demanda por margens de transporte. A escolha da apresentação da demanda por margens a partir das margens de transporte tem caráter meramente didático e reflete o objetivo do presente estudo.

⁴² No código do modelo há ainda um parâmetro que introduz a possibilidade de economias de escala no serviço de transporte. Como este parâmetro foi calibrado de sorte a não afetar os resultados da simulação no presente estudo, o mesmo foi excluído da análise aqui realizada.

$$Transmarg(i, s, q) = AMARG(i, s, q) * \eta(i, s, q) * X(i, s, q) \quad (3.10)$$

onde $Transmarg(i, s, q)$ é o quantum de margem relacionada ao fluxo da mercadoria i , produzida na região s e consumida na região q , $AMARG(i, s, q)$ é uma variável de tecnologia relativa a fluxos de origem-destino específicos para uma determinada mercadoria, $\eta(i, s, q)$ é coeficiente de margem sobre os fluxos básicos específicos e $X(i, s, q)$ é o fluxo da mercadoria i , produzida na região s e consumida na região q . É válido ressaltar ainda que, em um momento inicial, as variáveis $Transmarg(i, s, q)$ e $X(i, s, q)$ fazem parte do banco de dados, enquanto $\eta(i, s, q)$ é um coeficiente que deve ser calibrado e $AMARG(i, s, q)$ é uma variável exógena.⁴³ Ainda, uma simples transformação algébrica nos permite escrever:

$$\frac{Transmarg(i, s, q)}{X(i, s, q)} = AMARG(i, s, q) * \eta(i, s, q) \quad (3.11)$$

Percebemos que do lado esquerdo da equação temos a quantidade de margem necessária para o transporte de uma unidade do bem i transportado entre as regiões s e q , enquanto do lado direito encontramos as matrizes $AMARG(i, s, q)$ e $\eta(i, s, q)$. Escrita desta forma, percebemos facilmente como ocorre o processo de calibragem da matriz $\eta(i, s, q)$. Notamos também que esta matriz guarda a informação relevante sobre o uso de margem por unidade de fluxo para cada par de origem e destino. Além disto, é possível perceber que a matriz $AMARG(i, s, q)$, por ser exógena, pode ser utilizada para simular reduções no coeficiente de margens no modelo inter-regional de equilíbrio geral.

Tendo em vista o exposto acima, para simular os impactos de melhorias no sistema de transporte, necessitamos de uma estimativa da redução dos custos de transporte inter-regional gerada por esta nova estrutura. Com esta estimativa em mãos, é possível utilizar a matriz $AMARG(i, s, q)$ para simular a redução na tarifa de transporte.

⁴³ Os valores de $Transmarg(i, s, q)$ são gerados a partir do procedimento apresentado em Haddad (2004), transcrito no Anexo I.

3.3.5.2. Estratégia de modelagem de alterações nos custos de transporte

Discorremos nas seções anteriores sobre as características gerais do modelo B-MARIA-BA. Nesta apresentação discutimos o processo de produção, demanda por bens e a demanda por margens. Vimos também que do processo otimizador dos agentes surge o fluxo inter-regional de mercadorias, que incorre em gastos com bens-margem. No entanto, subjacente à formação dos custos de transferências regionais, existe uma rede física de transporte que possibilita o fluxo de bens. Esta rede física, apesar de não estar presente no modelo, tem impacto direto sobre as variáveis deste, sendo determinante na definição dos custos de transferência. Desta forma, tendo em vista analisar o impacto de alterações na rede de transportes sobre as diversas regiões do modelo, torna-se primordial desenvolver estratégias para incorporar ao modelo de equilíbrio geral as alterações na rede de transporte. A estratégia utilizada no presente trabalho é a de modelar as alterações na rede de transporte fora do modelo de equilíbrio geral e incorporá-las ao modelo através da alteração em uma variável exógena, que no caso específico da simulação é a variável $AMARG(i, s, q)$. Apresentaremos de forma detalhada a rede de transporte utilizada e a estratégia de modelagem do Sistema Viário Oeste no próximo capítulo. No presente capítulo exporemos apenas algumas características da rede, tendo em vista explicitar como foi construída a estimativa da redução dos custos de transporte inter-regionais decorrentes da construção do SVO.

No presente trabalho utilizamos a rede rodoviária nacional apresentada no Plano Nacional de Logística e Transportes 2010. Nesta rede, que está atualizada para o ano de 2007, encontramos a disposição espacial e as características gerais das principais rodovias nacionais. De especial importância para o trabalho, a base do PNLT apresenta uma estimativa da velocidade por trecho de rodovia. Assim, a partir dos dados de velocidade e extensão de cada trecho é possível obter o tempo gasto para percorrer cada ligação rodoviária. Com este dado em mãos, utilizamos o procedimento abaixo para gerar a estimativa da redução dos custos de transporte inter-regionais e integrar a rede de transporte ao modelo de IEGC:

1. Calculamos, a partir da rede rodoviária nacional, uma matriz de tempos mínimos de deslocamento entre as regiões do modelo.⁴⁴ Desta forma, obtemos para cada par de origem e destino do Modelo B-MARIA-BA o tempo de deslocamento mínimo estimado.

⁴⁴ O software *Transcad 5.0* foi utilizado para gerar as matrizes de tempos mínimos de deslocamento inter-regional.

2. Tendo por fim modelar o Sistema Viário Oeste, introduzimos segmentos rodoviários fictícios e alteramos as velocidades de segmentos rodoviários existentes na rede de transporte.⁴⁵ Após este procedimento, calculamos uma nova matriz de tempos mínimos de deslocamento entre as regiões do modelo, obtendo os tempos mínimos de deslocamento inter-regionais na situação contrafactual em que o Sistema Viário Oeste se encontra representado na rede rodoviária nacional.
3. Utilizamos uma função de custo de transporte estimada por Castro *et al* (1999), $frete = 0,25 * dist^{0,73}$, onde *frete* é a tarifa cobrada e *dist* é a distância em quilômetros, para computar os custos inter-regionais de deslocamento para a situação inicial (Passo 1) e para a situação em que se considera o Sistema Viário Oeste implantado (Passo 2).^{46,47}
4. Tendo em mãos as matrizes de custo de transporte para malha rodoviária antes e depois da introdução do Sistema Viário Oeste, calculamos a variação percentual no custo de transporte gerada pelo empreendimento para cada par de origem e destino.

O procedimento utilizado para integrar a rede de transporte ao modelo de IEGC é o de mapear na matriz $AMARG(i, s, q)$ a redução percentual dos custos de transporte. Desta forma, o modelo de equilíbrio geral reconhece o fato de que as taxas de margens no transporte inter-regional de bens foram reduzidas no montante dado pela matriz em questão. Conforme delineado no Capítulo 2, após a alteração em uma variável exógena, um novo equilíbrio é alcançado no modelo. Assim, ao compararmos este novo equilíbrio com a situação inicial, é possível avaliar os impactos gerados pela nova estrutura rodoviária. Estes resultados são o objeto de análise do Capítulo 5.

⁴⁵ O procedimento utilizado para introduzir o Sistema Viário Oeste na rede de transporte é discutido na Seção 4.2.

⁴⁶ A função de custo de transporte estimada por Castro (1999) foi estimada utilizando dados de 1994. Apesar disto, a inflação vigente no período de 1994 a 2007 não é, *a priori*, um problema para a utilização da mesma. Um problema surgiria, apenas, caso o parâmetro de economias de curso (potência da variável *dist*) se alterasse sensivelmente ao longo dos anos. Nesta perspectiva, Castro (1999) reestima uma função custo com dados do SIFRECA para o ano de 1997, e encontra um parâmetro de economias de curso igual a 0,736. Ainda, Almeida (2003) utilizando dados do SIFRECA para o ano de 2002, reestima a função de custo de transporte apresentada em Castro, encontrando o valor de 0,7 para o parâmetro de economia de curso para produtos agrícolas. Para produtos industriais o autor encontra um valor de 0,5 para o parâmetro de curso, mas esta estimativa é realizada com uma amostra sensivelmente menor. Em virtude do exposto, acreditamos que a utilização da função custo apresentada não será uma fonte relevante de erro.

⁴⁷ Para transformar o tempo de deslocamento mínimo calculado pelo *Transcad* em distância utilizamos a velocidade de 50 km/h.

4. RESULTADOS: ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE

Apresentaremos neste capítulo a estratégia de simulação do Sistema Viário Oeste na rede de transporte e os resultados do cálculo dos índices de acessibilidade. Tendo por fim realizar a exposição de forma completa, apresentaremos na primeira seção as características gerais da base de dados. Na segunda seção, discutiremos a estratégia utilizada para o cálculo dos índices selecionados e a estratégia de simulação do Sistema Viário Oeste na rede de transporte. Na terceira seção, apresentaremos as estatísticas descritivas da distribuição da acessibilidade para as regiões do Estado da Bahia e do restante do Brasil. Na quarta seção, apresentaremos os resultados regionais do cálculo dos índices de acessibilidade e os impactos do Sistema Viário Oeste sobre estes indicadores. Finalizaremos o capítulo discutindo os impactos do SVO sobre a desigualdade na distribuição de acessibilidade.

4.1. Base de dados

A principal base utilizada para o cálculo da acessibilidade é base rodoviária do Plano Nacional de Logística e Transportes (BRASIL, 2010). Nesta, encontramos a disposição espacial e as características gerais das principais rodovias nacionais.⁴⁸ O georreferenciamento da malha viária nacional é feito através da utilização de segmentos rodoviários homogêneos. Segmentos homogêneos são seções rodoviárias que apresentam características semelhantes e que, portanto, podem ser consideradas como idênticas no contexto da modelagem. Ainda, a base do PNLT reconhece aproximadamente 300.000 quilômetros de rodovias, divididos em cerca de 18.000 segmentos homogêneos.⁴⁹ A rede está atualizada para o ano de 2009. Os

⁴⁸ Encontramos informações referentes ao: relevo, velocidade, existência de pedágio no trecho, capacidade, carregamentos e nível de serviço de cada trecho rodoviário.

⁴⁹ Segundo Brasil (2010), a malha rodoviária nacional em 2009 era composta por 1.585.434 quilômetros de rodovias. No entanto, as rodovias pavimentadas correspondiam a apenas 217.883 quilômetros, dos quais 61.919 km estavam sob jurisdição federal, 128.571 km sob jurisdição estadual e 27.341 km sob jurisdição municipal. Considerando que as rodovias pavimentadas georreferenciadas no PNLT são majoritariamente de administração estadual e federal, conforme informado pelo Ministério dos Transportes, observamos que a rede rodoviária pavimentada do PNLT representa parte relevante da malha rodoviária pavimentada. Adotando-se a hipótese de que rodovias sob jurisdição municipal não se encontram representadas na base, teríamos que a base de rodovias representa, aproximadamente, 88% da malha rodoviária nacional pavimentada sob jurisdição estadual ou federal. A representatividade da rede rodoviária não pavimentada, no entanto, é bastante inferior e não alcança o patamar de 10% da malha rodoviária nacional.

dados de velocidade por segmento homogêneo, no entanto, fazem referência ao ano de 2007.⁵⁰

Na figura abaixo apresentamos a distribuição espacial da rede do PNLT. Após a figura apresentamos, em formato de tabela, a velocidade nos segmentos rodoviários por tipologia definida no Plano Nacional de Viação (PNV) ⁵¹:

Figura 9 - Rede rodoviária do Plano Nacional de Logística e Transportes

⁵⁰ Adotaremos o ano de 2007 como o ano base para o cálculo da acessibilidade. Desta forma, tornamos compatíveis o módulo de acessibilidade e a modelagem de equilíbrio geral computável.

⁵¹ A base de dados do PNLT é pública e está disponível para download no site do Ministério dos Transportes: <http://www.transportes.gov.br/index/conteudo/id/36604>.

Tabela 3 – Velocidade e quantidade de segmentos homogêneos por tipologia do PNV

Tipologia do Segmento Segundo o PNV	Velocidade (Km/h)	Número de Segmentos Homogêneos	Extensão (Km)
	Sem Velocidade	1.109	19.083,0
Sem Tipologia PNV	40	5	75,9
	65	2	24,5
	75	3	30,4
Travessia: trechos de transposição de rios em que não há ponte.	30	44	160,5
	40	1	1,5
	65	1	20,5
Leito Natural: Rodovia construída em primeira abertura, em terreno natural, sem atendimento às normas, podendo eventualmente receber revestimento primário.	Sem Velocidade	54	1.290,4
	30	2.124	43.295,8
	40	8	323,4
	50	1	3,9
	65	12	188,5
	75	1	4,5
Em Obras de Implantação	Sem Velocidade	1	6,8
	40	17	516,9
Implantada: Rodovias construídas de acordo com as normas rodoviárias de projeto geométrico e que se enquadram em determinada classe estabelecida pelo DNIT. Apresentam superfície de rolamento sem pavimentação.	Sem Velocidade	66	1.839,3
	10	2	100,2
	30	32	1.039,7
	40	2.407	51.598,1
	65	45	1.066,5
	75	1	1,8
Em Obras de Pavimentação	Sem Velocidade	33	749,3
	10	1	20,3
	30	39	1.215,0
	40	42	1.111,7
	65	279	6.695,4
Pavimentada: Rodovias implantadas que apresentam sua superfície com pavimento asfáltico, de concreto, cimento ou de alvenaria poliédrica.	Sem Velocidade	808	11.729,9
	10	7	269,3
	30	51	1.124,3
	40	104	2.747,4
	45	1	75,6
	50	13	378,6
	55	38	1.083,1
	60	121	4.179,8
	65	9.012	131.749,3
	70	99	2.320,5
	75	25	244,0

(Continuação)

Tipologia do Segmento Segundo o PNV	Velocidade (Km/h)	Número de Segmentos Homogêneos	Extensão (Km)
Em Obras de Duplicação	Sem Velocidade	11	132,7
	65	73	838,6
	70	3	30,5
	75	14	138,1
Duplicadas: Rodovias	Sem Velocidade	350	3.149,2
formadas por duas pistas com	30	2	35,3
duas ou mais faixas para cada	40	1	1,1
sentido, separadas por canteiro	60	1	9,4
central, por separador rígido ou	65	98	887,3
ainda com traçados separados	70	54	425,6
muitas vezes contornando	75	714	5.607,3
obstáculos.			

Conforme percebemos da análise da tabela acima, existe um número relevante de segmentos na base de dados para os quais não há informação sobre a velocidade. Desta forma, foi necessário atribuir valores para a velocidade nos segmentos que não apresentavam este dado. O critério aqui utilizado foi o de atribuir a velocidade média ponderada pela extensão de cada tipo PNV para estes segmentos homogêneos.^{52,53} Foi feita uma exceção para os segmentos classificados como sem tipologia PNV, para os quais foi atribuída a velocidade de 30 km/h.

Tendo por fim calcular os índices de acessibilidade é necessário ainda utilizar uma *proxy* de massa de oportunidades. Conforme discutido anteriormente, no presente estudo optamos pela utilização do produto regional bruto. Neste contexto, no cálculo dos índices de acessibilidade foi utilizado o produto interno bruto municipal a preço de mercado para o ano de 2007,

⁵² Em virtude de imperfeições em algumas rodovias na base do PNLT, houve a necessidade de introduzir segmentos homogêneos fictícios para calcular o tempo de deslocamento inter-regional. O problema surge porque a base do PNLT apresenta segmentos desconectados para uma mesma rodovia. Desta forma, estes segmentos não são compreendidos como contínuos pelo *software* Transcad. Em virtude disto, tornou-se necessário conectar manualmente os segmentos homogêneos que apresentavam problemas. O procedimento adotado foi a inspeção visual com o auxílio de algumas ferramentas do Transcad. Apesar do cuidado e do tempo depreendido no tratamento da base de dados, reconhecemos que a técnica utilizada não soluciona todos os problemas. Aos segmentos homogêneos fictícios introduzidos atribuímos uma velocidade genérica de 30 km/h.

⁵³ Houve a necessidade de conectar os centroides de três microrregiões do Pará e quatro microrregiões do Amazonas à rede de transporte nacional. Para estas ligações, supusemos que as conexões entre os municípios eram feitas por hidrovias, às quais foram atribuídas velocidade de 10 km/h. Além disso, em quatro municípios baianos houve a necessidade de introduzir segmentos homogêneos fictícios para ligar o município à rede rodoviária. Cuidado especial foi tomado para averiguar se a ligação realmente existia e a velocidade de 30 km/h foi atribuída a estes segmentos.

computado pelo IBGE. Os dados municipais foram posteriormente agregados para a regionalização escolhida para o estudo, que será objeto de análise da seção seguinte.

4.2. Estratégia de simulação

A fim de operacionalizar o cálculo dos índices de acessibilidade, é necessário selecionar de forma adequada a regionalização para o estudo. É válido ressaltar que quanto maior o número subdivisões regionais, melhor é a análise que podemos fazer da distribuição espacial da acessibilidade em uma região. No entanto, ao adotarmos uma regionalização mais fina, aumentamos as exigências sobre a qualidade de nossa base de dados.

No presente estudo optamos por estudar a Bahia a partir dos municípios e o restante do Brasil a partir das microrregiões. *A priori*, não há motivo para não se adotar a regionalização municipal para todo o território nacional, entretanto alguns problemas surgem ao se optar por esta divisão. O primeiro deles é consequência do nível de detalhamento da base rodoviária. Como a base rodoviária não inclui todas as ligações rodoviárias nacionais, em muitas ocasiões, ligações rodoviárias que conectam municípios de menor relevância econômica não se encontram georreferenciadas na rede. Desta forma, caso adotássemos uma regionalização mais fina, seria necessário incluir um número considerável de segmentos fictícios para conectar os municípios a rede, introduzindo uma possível fonte de erro nos cálculos. Como resultado, pouca confiabilidade poderia ser atribuída ao cálculo da acessibilidade em municípios que foram artificialmente conectados a rede, já que não saberíamos quão próxima àquela conexão fictícia estaria da realidade. O segundo problema surge da própria malha rodoviária nacional. Existe ainda no Brasil um número considerável de municípios que não possuem ligações rodoviárias com a rede, principalmente na Região Norte. Assim, haveria a necessidade de se incluir ligações fictícias a estes municípios, simulando eventuais ligações hidroviárias. Em virtude disto, acreditamos que a regionalização adotada consegue apresentar um panorama satisfatório da distribuição espacial da acessibilidade, sem incorrer em custos elevados de correção da rede e em suposições adicionais para o cálculo. Desta forma, no presente estudo, o território nacional encontra-se dividido em 942 regiões, sendo 417 no

Estado da Bahia e 525 no restante do território nacional.⁵⁴ O mapa abaixo apresenta a regionalização adotada⁵⁵:

Figura 10 – Regionalização adotada para o cálculo da acessibilidade

Apresentamos até aqui as características da base dados e a regionalização adotada. Estas informações são suficientes para proceder com o cálculo da acessibilidade para o ano de 2007. Resta-nos, no entanto, discutir a estratégia utilizada para introduzir o Sistema Viário Oeste na rede rodoviária nacional, tendo por objetivo calcular a acessibilidade após a construção do SVO. Neste contexto, é válido relembrar inicialmente a composição do Sistema Viário Oeste. Conforme apresentado na introdução do trabalho, o Sistema Viário Oeste pode ser dividido em cinco trechos:

- Trecho 1: Construção da Ponte Salvador – Ilha de Itaparica.
- Trecho 2: Duplicação da BA-001 entre os municípios de Vera Cruz e Nazaré.

⁵⁴ A microrregião de Fernando de Noronha foi excluída da análise.

⁵⁵ Foi necessário adotar um ponto em cada região tendo por fim operacionalizar o cálculo das distâncias inter-regionais. Neste sentido, selecionamos a sede do município de maior produto interno bruto em 2007.

- Trecho 3: Duplicação da BA-028 trecho Nazaré – Santo Antônio de Jesus.
- Trecho 4: Construção da ligação rodoviária entre Santo Antônio de Jesus e Castro Alves.
- Trecho 5: Requalificação do trecho da ligação viária entre Castro Alves e a BR-116.

A inclusão do Sistema Viário Oeste na base rodoviária foi feita de acordo com as características de cada um dos trechos propostos. Objetivando modelar o Trecho 1, construímos um novo segmento homogêneo entre os municípios de Salvador e Vera-Cruz, simulando, assim, a Ponte Salvador-Itaparica. Com o intuito de modelar os trechos 2 e 3, foi necessário apenas alterar as velocidades vigentes nos segmentos que compunham as rodovias correspondentes, tendo em vista que as ligações viárias que caracterizam estes trechos já se encontravam presentes na base. No tratamento das velocidades, optamos por atribuir a cada segmento a velocidade que ocorre com maior frequência na tipologia do PNV correspondente. Assim, como os trechos 1, 2 e 3 serão construídos em pista dupla, atribuímos a estes trechos a velocidade de 75 km/h. Na modelagem do Trecho 4 foi introduzido um novo segmento, em linha reta, entre os municípios de Santo Antônio de Jesus e Castro Alves. Atribuímos a velocidade de 65 km/h para este trecho, já que esta é a velocidade de maior ocorrência nas rodovias pavimentadas de pista simples. Nenhuma alteração foi feita no caso do Trecho 5, já que o segmento já existia na base do PNLT e a velocidade atribuída ao mesmo na rede já era de 65 km/h.

4.3. Resultados gerais

Apresentamos na Tabela 4 as estatísticas descritivas dos quatro índices de acessibilidade calculados para os municípios do Estado da Bahia e para as microrregiões do restante do Brasil. No caso da média da distribuição, apresentamos ainda o resultado da simulação para o Cenário Ano-base, no qual consideramos a rede rodoviária nacional existente no ano de 2007, e para o Cenário I, no qual consideramos que o Sistema Viário Oeste foi implantado na rede de transporte.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas dos índices de acessibilidade

	Locacional		Potencial Nacional		Potencial Regional		Potencial Local	
	Bahia	Resto do Brasil	Bahia	Resto do Brasil	Bahia	Resto do Brasil	Bahia	Resto do Brasil
Média (Ano-base)	28,25	30,76	1079,4	1149,9	142,6	318,8	22,81	93,19
Média (Cenário I)	28,22	30,74	1080,5	1150,3	144,0	318,9	23,96	93,19
Média (Var. %)	-0,08	-0,04	0,10	0,03	0,97	0,03	5,02	0,01
Mínimo	22,58	13,58	766,4	6,1	49,3	0,1	2,25	0,05
1a Quartil	25,86	17,67	1012,3	734,7	126,6	75,9	11,37	13,20
Mediana	28,18	25,74	1078,3	1238,3	145,3	228,7	18,89	38,48
3a Quartil	30,20	40,77	1152,0	1584,6	158,8	532,8	31,43	119,68
Máximo	38,60	183,79	1294,4	1862,5	226,3	1105,5	65,05	705,79
Desvio Padrão	2,88	17,87	94,0	464,8	25,2	291,3	14,27	129,88

Da análise da tabela acima, percebemos que, exceto pelo índice locacional, todos os índices de acessibilidade apontam para o fato de que a acessibilidade média nos municípios baianos é inferior à média da acessibilidade observada para as microrregiões brasileiras. Esta discrepância é maior quando analisamos os índices de acessibilidade potencial regional e local, para os quais a média na Bahia é respectivamente 55,3% e 75,5% menor do que a média observada para o restante do Brasil.

É possível especular que a média da distribuição nacional é fortemente influenciada pela existência de *outliers* positivos nas regiões mais ricas do país ou *outliers* negativos nas regiões menos desenvolvidas, impactando assim o panorama apresentado. A análise da mediana da distribuição, no entanto, indica que este fato é apenas em parte verdadeiro. Notamos que para todos os índices calculados, as medianas das distribuições refletem condições inferiores de acessibilidade para a Bahia, quando comparado à mediana das demais regiões brasileiras. Ainda, a mediana da distribuição indica maior aproximação entre a acessibilidade observada na Bahia e a observada nas demais regiões brasileiras para os índices de acessibilidade potencial regional e local. Vale destacar que estes indicadores apresentaram as maiores discrepâncias quando a comparação entre a acessibilidade nas regiões baianas e nas regiões brasileiras é efetuada através da média da distribuição.

Comparando a média dos índices de acessibilidade antes e depois da construção do SVO, percebemos que a construção do mesmo é responsável por uma mudança marginal na acessibilidade rodoviária para as regiões fora do Estado da Bahia. Este resultado é de fato esperado, já que parte relevante das microrregiões brasileiras é pouco impactada pela redução no tempo de deslocamento. Analisando o resultado apenas para os municípios baianos, percebemos que a contribuição do SVO é substancialmente maior, principalmente para o caso da acessibilidade potencial regional e local.

Após esta breve análise dos resultados observados para os agregados Bahia e Resto do Brasil, discutiremos os resultados regionais por índice de acessibilidade.⁵⁶

4.4. Resultados regionais

No que segue apresentamos a distribuição espacial da acessibilidade no Brasil e na Bahia e a variação percentual nos índices de acessibilidade para o Estado da Bahia.⁵⁷ Os resultados da acessibilidade tanto para o Brasil quanto para Bahia serão apresentados através de mapas de decís, sendo assim colorida cada região de acordo com a cor correspondente ao decil que ocupa na distribuição do índice analisado. No caso dos mapas que apresentam a variação percentual no índice de acessibilidade, utilizamos uma escala fixa com os seguintes limites superiores: 0,1%, 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, 25% e 100%.⁵⁸

4.4.1. Índice de acessibilidade locacional

No mapa abaixo, apresentamos o índice de acessibilidade locacional para o Brasil e para a Bahia.⁵⁹ É possível observar, a partir da análise do mapa para o Brasil, uma configuração

⁵⁶ No Apêndice B apresentamos mapas das principais rodovias do Estado da Bahia, da disposição espacial dos municípios próximos ao Sistema Viário Oeste e das microrregiões e mesorregiões baianas. Estes mapas servem de auxílio ao leitor pouco ambientado com as rodovias e as regiões baianas.

⁵⁷ Não apresentaremos a variação percentual da acessibilidade para o Brasil, pois observamos mudanças apenas marginais da acessibilidade nas regiões fora do Estado da Bahia.

⁵⁸ Exceção é feita para o índice de acessibilidade locacional, para o qual se adotou uma escala fixa em que os opostos dos valores apresentados são os limites inferiores dos intervalos.

⁵⁹ Os mapas apresentam escalas distintas e por isto não são comparáveis. É válido destacar que a apresentação em escala idêntica tornaria as diferenças de acessibilidade na Bahia pouco perceptíveis.

concêntrica na distribuição espacial da acessibilidade. Esta apresenta como polo de alta acessibilidade a região formada pelos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Além disso, observamos que toda Região Norte e a parte setentrional da Região Nordeste são caracterizadas por acessibilidade abaixo da mediana nacional. Analisando ainda o mapa do Brasil, percebemos que a parte meridional do Estado da Bahia apresenta acessibilidade acima da mediana nacional, enquanto a parcela setentrional do estado se assemelha as demais regiões do nordeste, apresentando assim, acessibilidade abaixo da mediana. Este decréscimo da acessibilidade no sentido sul-norte pode ser mais bem observado a partir da análise do mapa da Bahia. Nesta perspectiva, observamos que as regiões do Sul, Centro-Sul e Extremo Oeste apresentam acessibilidade acima da mediana, enquanto que as regiões da porção setentrional do estado exibem acessibilidade abaixo da mediana estadual. Ademais, através da análise de ambos os mapas, é possível perceber a forte influência dos mercados localizados na Região Sudeste do país na determinação das condições de acessibilidade.

Figura 11 – Índice de acessibilidade locacional - Brasil e Bahia

No mapa abaixo, apresentamos a variação percentual no índice de acessibilidade locacional gerada pela introdução do Sistema Viário Oeste na rede de transporte nacional. Através da análise do mapa, percebemos que os impactos do SVO são bastante limitados espacialmente, apresentando variações inferiores a -0,1% apenas em alguns municípios baianos. Ainda, destacam-se neste mapa duas regiões, uma que tem por centro o município de Castro Alves e outra que tem por centro o município de Salvador. É válido ressaltar que este resultado não é

uma coincidência. Se observarmos a composição do SVO, perceberemos que duas novas ligações devem ser construídas, a Ponte Salvador-Itaparica e a rodovia que conectará Santo Antônio de Jesus a Castro-Alves. Os demais trechos do SVO representam apenas melhoramentos na estrutura viária e não a introdução de uma nova ligação viária. Além disso, melhoramentos viários geram apenas mudanças marginais nos tempos de deslocamentos, tendo em vista o seu impacto sobre a velocidade. No entanto, a construção de novas ligações permite que caminhos que antes não poderiam ser utilizados passem a ser utilizados nos deslocamentos inter-regionais, reduzindo substancialmente os tempos de deslocamento. Sendo assim, esperamos que os impactos mais intensos ocorram na adjacência destas novas estruturas viárias.

Figura 12 – Variação percentual no índice de acessibilidade locacional - Bahia

4.4.2. Índice de acessibilidade potencial nacional

O índice de acessibilidade potencial nacional apresenta uma distribuição espacial semelhante ao índice de acessibilidade locacional. Analisando o mapa que retrata o Brasil, observamos o mesmo padrão concêntrico descrito na seção anterior, com a existência de um polo de alta acessibilidade nas regiões que compõem os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Observamos também que, assim como no índice anterior, os estados da Região Norte e a porção setentrional da Região Nordeste apresentam baixa acessibilidade. Ademais, o

mesmo padrão de distribuição pode ser observado para o Estado da Bahia. Assim, observamos a ocorrência de alta acessibilidade nos municípios do Sul, Centro-Sul e Extremo Oeste do Estado e de baixa acessibilidade nos municípios do norte do estado. Este padrão reflete a importância dos mercados localizados na Região Sudeste do país no cálculo do índice nacional e é uma consequência direta da baixa penalização à distância no índice potencial nacional.

Figura 13 – Índice de acessibilidade potencial nacional - Brasil e Bahia

Na figura abaixo, apresentamos a variação percentual do índice de acessibilidade potencial nacional decorrente da implantação do SVO. Percebemos novamente que os maiores impactos ocorrem nos municípios de Salvador e Castro-Alves. No entanto, notamos também que vários outros municípios apresentam aumentos não desprezíveis da acessibilidade. Neste contexto, é possível destacar dois grupos de municípios, os localizados nas proximidades da BR-101 (ao longo do litoral), e os localizados nas proximidades da BR-116 (a sudoeste de Salvador). Este comportamento da variação da acessibilidade potencial nacional decorre das melhores condições de acesso proporcionadas pelo SVO ao mercado de Salvador. Conforme já discutido, veículos provenientes das regiões sul (BR-101 e BR-116) e oeste (BR-242) do estado devem contornar a Baía de Todos os Santos para chegar a Salvador. Com a construção do Sistema Viário Oeste, o contorno da Baía não será mais necessário, o que encurtará sobremaneira a distância entre estas regiões e a capital baiana.

Figura 14 – Variação percentual no índice de acessibilidade potencial nacional - Bahia

4.4.3. Índice de acessibilidade potencial regional

A análise do mapa brasileiro nos permite observar que índice de acessibilidade potencial regional apresenta uma disposição espacial semelhante aos indicadores anteriores e, desta forma, exibe como polo de maior acessibilidade as regiões pertencentes aos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Apesar da semelhança destacada, observamos um decaimento mais intenso do ponto médio dos quantis no índice regional. Desta forma, as regiões pertencentes à quantis inferiores encontram-se relativamente mais distantes das regiões dos quantis superiores, apesar de apresentarem a mesma coloração no mapa.⁶⁰ Este resultado está diretamente relacionado à maior penalização da distância introduzida pelo indicador, através do aumento do parâmetro β . Neste contexto, os mercados da Região Sudeste do país se tornam menos relevantes para a determinação da acessibilidade em regiões mais distantes. Este fato é claramente visível no mapa do Estado da Bahia. Percebemos um ganho relativo de acessibilidade para a região próxima à cidade de Salvador, quando comparamos o mapa abaixo ao mapa apresentado para o índice de acessibilidade potencial nacional. Ainda, observamos um aumento da acessibilidade nas regiões próximas a BR-101 e

⁶⁰ Este fato pode ser observado comparando-se a variação percentual da média dos intervalos das referidas distribuições. A partir desta comparação, percebermos que a média dos intervalos cresce a uma taxa mais elevada para o índice de acessibilidade potencial regional que para o nacional.

a BR-116. Este fato se deve ao melhor acesso que estas rodovias proporcionam tanto aos mercados do Sudeste, que ainda são relevantes para análise da acessibilidade no estado, quanto ao mercado soteropolitano, que ganha relevância na determinação da acessibilidade nas regiões baianas.

Figura 15 – Índice de acessibilidade potencial regional - Brasil e Bahia

No mapa abaixo apresentamos a variação percentual no índice de acessibilidade potencial regional decorrente da construção do Sistema Viário Oeste. Da análise do mapa, percebemos que os impactos sobre a acessibilidade potencial regional são maiores e mais dispersos que os apresentados para os índices anteriores. Dois fatores explicam este resultado. Primeiro, em virtude da maior penalização da distância introduzida no indicador através da elevação do parâmetro β , a função exponencial se torna mais inclinada para cada distância analisada. Em virtude da maior inclinação, alterações na distância impactam mais fortemente o índice. O segundo fator é a importância que os mercados do Estado da Bahia têm na determinação da acessibilidade potencial regional nos municípios do estado. Em virtude da maior penalização da distância, os mercados dentro do próprio Estado da Bahia, ocupam um papel mais relevante na determinação do índice de acessibilidade para os municípios do estado. Desta forma, a melhoria no acesso a estes mercados, em especial ao mercado de Salvador que concentra parte relevante da atividade, influencia mais fortemente o índice. Como consequência disto, uma diminuição do tempo de viagem a Salvador impacta mais fortemente o índice de acessibilidade potencial regional que o índice de acessibilidade potencial nacional.

Figura 16 – Variação percentual no índice de acessibilidade potencial regional - Bahia

4.4.4. Índice de acessibilidade potencial local

O índice de acessibilidade local apresenta uma distribuição espacial distinta dos índices de acessibilidade apresentados até o momento. Apesar de o polo de maior acessibilidade ainda estar localizado no eixo São Paulo – Minas-Gerais – Rio de Janeiro, é possível observar a existência de diversos outros focos de maior acessibilidade em outras regiões do Brasil. Em especial, observamos que as capitais das Regiões Norte e do Nordeste do Brasil passam a ocupar quantís mais elevados na distribuição de acessibilidade, vis-à-vis a posição ocupada nos índices de acessibilidade anteriormente apresentados. Ademais, observamos o mesmo efeito sobre o gradiente da acessibilidade exposto na discussão do índice potencial regional. Assim, percebemos que a acessibilidade decai de forma mais intensa entre os quantís, evidenciando uma situação de maior disparidade entre as observações dos quantís superiores e dos quantís inferiores da distribuição.

Analisando a dispersão da acessibilidade potencial local no Estado da Bahia, percebemos que há intensa concentração da acessibilidade nas regiões próximas à Salvador. Desta forma, notamos que a influência dos mercados localizados na Região Sudeste sobre a acessibilidade local nos municípios baianos é bastante reduzida e que a economia local ocupa um papel de

grande relevância neste indicador. Nesta perspectiva, é possível observar que a sul e a sudeste do SVO o decréscimo da acessibilidade acompanha o trajeto da BR-116 e da BR-101, sinalizando a importância destas no acesso ao mercado soteropolitano, de grande relevância para a análise.

Figura 17 – Índice de acessibilidade potencial local - Brasil e Bahia

A partir da análise do mapa abaixo, observamos que a introdução do Sistema Viário Oeste altera significativamente a distribuição da acessibilidade potencial local no Estado da Bahia. Neste contexto, especial atenção deve ser dada aos municípios de Vera Cruz, Itaparica e Salinas das Margaridas que sofrem aumento de respectivamente, 72,4%, 58,2% e 31%. Observamos alterações relevantes também na acessibilidade dos municípios do Recôncavo Baiano, que com a implantação do Sistema Viário Oeste sofre um aumento da ordem de 25% na acessibilidade potencial local. Ainda, observamos alterações na ordem de 10% para todo o Sul Baiano. É válido ressaltar que os ganhos de acessibilidade seguem o trajeto da BR-101, BR-116 e BR-242, principais rodovias de acesso a Salvador a partir dos municípios a sul da capital.

Figura 18 – Variação percentual no índice de acessibilidade potencial local - Bahia

4.5. Impactos sobre a desigualdade na distribuição de acessibilidade

Analisaremos na presente seção os impactos do Sistema Viário Oeste sobre a desigualdade na distribuição de acessibilidade. O objetivo primaz da análise desenvolvida será o de avaliar se a construção do empreendimento contribuirá para uma distribuição mais equânime ou mais desigual da acessibilidade. Na tabela abaixo apresentamos a variação percentual dos índices de desigualdade para as microrregiões brasileiras e para os municípios da Bahia.⁶¹

⁶¹ No cálculo da desigualdade da acessibilidade para as microrregiões brasileiras foi necessário agrupar os resultados observados para os municípios baianos em resultados microrregionais. Com este objetivo em mente calculamos para cada microrregião baiana a média ponderada da acessibilidade nos municípios contidos na mesma, utilizando como vetor de pesos o produto interno bruto municipal para o ano de 2007. Uma discussão mais aprofundada a respeito da agregação aqui empreendida é realizada na Seção 6.1.

Tabela 5 – Variação percentual dos índices de desigualdade dos índices de acessibilidade das microrregiões brasileiras e dos municípios do Estado da Bahia

Índices de Desigualdade	Índices de Acessibilidade			
	Locacional	Potencial Nacional	Potencial Regional	Potencial Local
Brasil				
Coefficiente de Variação	0,07	0,00	-0,05	-0,07
Theil	0,14	0,01	-0,07	-0,13
Gini	0,07	0,00	-0,03	-0,06
Atkinson	0,14	0,02	-0,05	-0,13
Bahia				
Coefficiente de Variação	0,02	0,13	1,91	-0,33
Theil	0,00	0,19	4,16	0,99
Gini	-0,03	0,06	2,51	0,63
Atkinson	-0,01	0,21	4,25	1,75

Os resultados observados para as microrregiões brasileiras evidenciam uma leve redução da desigualdade para os índices de acessibilidade potencial regional e local, estabilidade para o índice de acessibilidade potencial nacional e uma ligeira concentração da acessibilidade locacional. A análise empreendida nas seções anteriores pode nos auxiliar na compreensão dos resultados. Conforme exposto, as médias da acessibilidade potencial regional e local na Bahia encontram-se aquém da média nacional. Ainda, para estes indicadores, as regiões mais intensamente afetadas apresentam acessibilidade inferior à média nacional. Desta forma, a construção do Sistema Viário Oeste aumenta a acessibilidade em regiões desfavorecidas no tocante à acessibilidade potencial, e, assim, contribui para a diminuição da desigualdade na distribuição. Já para o índice potencial nacional, observamos que as regiões mais intensamente afetadas encontram-se próximas as medidas de tendência central da distribuição. Ademais, as variações percentuais da acessibilidade são substancialmente menores neste indicador. Estes dois fatores contribuem para que observemos estabilidade da desigualdade na distribuição. No caso do índice de acessibilidade locacional, observa-se uma situação contrária à apresentada para os índices de acessibilidade potencial local e regional. Neste caso, constatamos que as regiões mais fortemente impactadas pelo projeto apresentam acessibilidade acima da média nacional. Desta forma, a construção do SVO contribui para a concentração da acessibilidade.

A análise dos resultados para o Estado da Bahia evidencia que a introdução do Sistema Viário Oeste na rede de transporte contribui para a concentração de quase todos os índices de

acessibilidade. A única exceção a ser observada é o índice de acessibilidade locacional, para o qual o empreendimento parece não impactar a desigualdade na distribuição. Assim como no caso das microrregiões brasileiras, a compreensão dos resultados para a Bahia também pode ser auxiliada pela análise dos mapas apresentados na seção anterior. A partir destes, percebemos que o impacto do SVO sobre a acessibilidade se concentra nas proximidades de Salvador, a sul e a oeste da capital baiana. Ainda, para todos os índices de acessibilidade, estas são as regiões que apresentam melhores condições de acessibilidade no estado. Desta forma, não surpreende o fato de o SVO contribuir para a concentração da acessibilidade, já que o mesmo impacta positivamente a acessibilidade em regiões que já se encontram em condições favoráveis no tocante a esta variável. Ainda, analisando de forma próxima o mapa da variação percentual do índice de acessibilidade locacional (Figura 12), percebemos novamente que as variações são pouco expressivas e concentradas em regiões que se encontram próximas às medidas de tendência central da distribuição. Em virtude do exposto, não impressiona o fato de o índice de acessibilidade locacional apresentar pequena variação nos índices de desigualdade.

Como síntese dos resultados apresentados neste capítulo, podemos destacar que, no cenário nacional, existe uma configuração espacial da acessibilidade que prevalece, com pequenas alterações, em todos os índices de analisados. Neste sentido, observamos um padrão concêntrico com um núcleo de maior acessibilidade na Região Sudeste do Brasil. Ademais, percebemos que as regiões Norte e Nordeste exibem os piores indicadores do país. Constatamos também que os impactos do SVO sobre os índices de acessibilidade se concentram intensamente no Estado da Bahia. Dentro do estado, os municípios mais fortemente impactados são os localizados no Sul e no Centro-Sul baiano, com um claro destaque para os municípios localizados na região do Recôncavo. Já a análise da desigualdade na distribuição de acessibilidade evidencia que a construção do Sistema Viário Oeste impacta negativamente ou não altera a desigualdade nos índices de acessibilidade potencial, enquanto que há um aumento da desigualdade na distribuição do índice locacional. Já para o Estado da Bahia, observamos o aumento da desigualdade para quase todos os indicadores, sendo a única exceção o índice locacional. Vale ressaltar que a análise desenvolvida no presente capítulo não considera os impactos da redistribuição da atividade decorrentes da implantação do SVO sobre os índices de acessibilidade. Este elemento será introduzido no Capítulo 6, no qual refaremos parte da análise aqui apresentada.

5. RESULTADOS: MODELO INTER-REGIONAL DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL

O presente capítulo tem por propósito apresentar os impactos econômicos gerados pelo Sistema Viário Oeste em sua fase de operação, estimados através da modelagem de equilíbrio geral computável. Visando a clareza, o capítulo foi subdividido em três seções. Na primeira, discutiremos as relações causais da simulação, delineando os principais mecanismos de funcionamento do modelo que influenciam os resultados. Na segunda seção, discutiremos os resultados agregados e regionais das simulações do SVO no Modelo B-MARIA-BA. Já na terceira seção, utilizaremos os resultados da modelagem para empreender a análise da produtividade marginal do investimento.

5.1. Relações causais dos impactos da simulação

Na presente seção, apresentaremos as principais relações causais da simulação. Esta análise é de primordial importância para o entendimento dos resultados obtidos, já que proporciona a compreensão dos principais mecanismos de funcionamento do modelo. Na figura abaixo, apresentamos os principais mecanismos de transmissão do modelo considerando as hipóteses adotadas no fechamento de curto prazo. Ao longo do texto, faremos as devidas ressalvas tendo por fim apresentar o funcionamento do modelo no ambiente de longo prazo.

Figura 19 – Principais relações causais da simulação

Conforme discutido no terceiro capítulo, a introdução de uma nova ligação viária no sistema de transporte é assimilada pelo modelo B-MARIA-BA como uma redução na necessidade de margem de transporte por unidade de produto transportada. Assim, com a implantação do Sistema Viário Oeste, há uma redução na demanda por margens de transporte. Esta redução desestimula a produção do bem transporte, diminuindo, portanto, a necessidade de fatores primários para a produção do mesmo. A redução na demanda por fatores primários gera excesso de oferta no mercado de fatores, impactando negativamente o aluguel do capital e contribuindo, conseqüentemente, para a diminuição do preço do bem transporte.^{62,63} Ainda, como este bem é utilizado como insumo na produção dos demais setores da economia, a redução no seu preço contribui para a redução nos níveis de preço vigentes. Por outro lado, observamos que a menor utilização de margens de transporte reduz o preço ao consumidor dos bens que se utilizam de margens nos fluxos inter-regionais. Desta forma, induz-se uma queda nos custos de produção, investimento e consumo. Em virtude do exposto, há um impacto positivo sobre a competitividade das firmas nacionais e sobre a renda real das famílias.⁶⁴

A melhora na competitividade das firmas brasileiras, traduzida na redução dos custos de produção, impacta positivamente a balança comercial, estimulando as exportações e desestimulando as importações. Por outro lado, a redução nos níveis de preço impacta negativamente os salários nominais impulsionando a contratação de mão de obra. Em virtude disto, observamos o aumento da renda real agregada do trabalho, fato este que estimula o consumo das famílias, contribuindo para o aumento da demanda agregada.⁶⁵ Ainda, a redução generalizada dos preços dos bens domésticos estimula a demanda interna, tanto pelo aumento da renda real das famílias, quanto pelo aumento da demanda dos produtores por insumos produtivos nacionais. Desta forma, há maior estímulo à produção doméstica, fato este que

⁶² Conforme discutido no Capítulo 3, alterações na demanda por trabalho não impactam o salário no curto prazo. No curto prazo, o salário real regional é fixo, enquanto que o salário nominal apresenta variação idêntica ao índice nacional de preços ao consumidor.

⁶³ Este canal apresenta ramificações distintas no curto e no longo prazo. No curto prazo, o estoque de capital é considerado fixo para cada indústria em cada região. Assim, a redução na demanda por capital tem impacto direto apenas sobre o aluguel do capital no setor de transporte. No longo prazo, há também um desincentivo a criação de novas unidades de capital no setor em questão, tendo em vista que a redução no aluguel reduz a atratividade do capital naquele setor.

⁶⁴ No longo prazo, há também um estímulo ao investimento com a redução do custo de produção de unidades de capital.

⁶⁵ Podemos entender este canal de forma alternativa. Com o aumento da atividade e redução no preço do trabalho frente ao capital, há um estímulo a contratação adicional de mão de obra. Considerando que o salário real não varia, em virtude de hipóteses realizadas no fechamento, o aumento da contratação de mão de obra amplia a renda real agregada do fator trabalho. É válido destacar que este canal não se encontra ativo na simulação de longo prazo, tendo em vista que nesta circunstância a mão de obra agregada nacional é fixa.

pressiona o mercado de fatores, contribuindo para o aumento do preço do capital. Assim, em sentido oposto ao anteriormente descrito, existe uma pressão para o aumento dos preços dos bens e serviços.

Até o momento discutimos as relações causais da simulação considerando apenas os impactos gerados a nível nacional, não abordando, portanto, os mecanismos de funcionamento do modelo que impactam o desempenho das distintas regiões analisadas. De antemão, é válido ressaltar que o desempenho de determinada região depende da estrutura de comércio inter-regional. Desta forma, se torna difícil antever os impactos dos choques sobre variáveis endógenas do modelo a nível regional a partir da análise apenas da estrutura teórica do modelo. No entanto, a observação da estrutura de modelagem nos permite delinear alguns mecanismos relevantes de funcionamento do modelo que nos proporcionam uma melhor compreensão dos resultados observados na simulação.⁶⁶

Observamos dois importantes mecanismos que operam tanto no curto quanto no longo prazo e dois mecanismos que operam apenas no longo prazo na determinação do desempenho regional.⁶⁷ O primeiro mecanismo está relacionado à melhoria nas condições de acesso aos mercados consumidores. Neste contexto, com a queda nos custos de transação inter-regional, as regiões produtoras podem aumentar as suas vendas, expandindo a sua penetração nas demais regiões consumidoras, já que agora comercializam um produto que possui menor preço ao consumidor. Desta forma, regiões que na simulação específica apresentam maiores reduções nos custos de transporte para regiões consumidoras de seus produtos tenderão a apresentar maior crescimento da atividade. O segundo efeito está relacionado à competitividade das firmas. Neste contexto, observamos que a redução nos custos de transação inter-regional leva a uma redução nos custos de produção. Assim, regiões que apresentam as maiores reduções nos custos de transação aos seus mercados de insumos

⁶⁶ Dado o grande número de variáveis presentes no modelo e a impossibilidade de se analisar os mecanismos que afetam uma ampla gama destas no âmbito regional, optamos por analisar os principais determinantes dos impactos do Sistema Viário Oeste sobre a atividade econômica, tendo em vista a importância desta variável para o presente estudo.

⁶⁷ A discussão apresentada é baseada em Haddad (2004), que apresenta os mecanismos de funcionamento de uma simulação semelhante a aqui realizada em um modelo da família B-MARIA. Apesar da semelhança dos modelos e dos choques, a discussão desenvolvida no presente trabalho terá um enfoque um pouco diferente. Enquanto naquele trabalho o autor enfatiza os impactos da redução sob a ótica de uma determinada região, delineando três forças (dois efeitos-preço e um efeito-renda) que influenciam o desempenho de determinada região, focaremos nossa discussão analisando dois benefícios distintos proporcionados pela redução do custo de transporte, a saber: melhores condições de acesso ao mercado consumidor e melhores condições de acesso ao mercado de insumo.

apresentarão os maiores ganhos de competitividade e ampliarão sua participação nos demais mercados. Tendo em vista balizar a discussão posterior dos resultados, apresentamos na Figura 20 a redução nos custos de aquisição dos insumos produtivos e a redução no valor de venda dos produtos, considerando a redução de custo gerada pelo Sistema Viário Oeste sobre os fluxos comerciais observados no ano base. A partir da análise da figura, observamos que as reduções no custo e no valor da venda dos produtos se concentram nas regiões Sul e Centro-Sul do Estado da Bahia. Ainda, percebemos que as regiões do Extremo Oeste do Estado da Bahia e do Centro-Oeste e Sudeste brasileiro apresentam reduções próximas à mediana em ambas as variáveis, enquanto que os estados das Regiões Norte e Nordeste exibem, em sua maioria, reduções abaixo da mediana em ambos os mapas apresentados.

Figura 20 – Variações percentuais no custo de aquisição de insumos e no valor da venda de produtos decorrentes da implantação do Sistema Viário Oeste

No longo prazo entram em cena dois mecanismos que não se encontram presentes no curto prazo: a alteração no estoque de capital e a migração inter-regional da mão de obra. Neste sentido, com o aumento da demanda por capital resultante do aumento da produção, há pressão para o aumento do aluguel do capital. Ainda, com a melhoria no sistema viário, observamos uma redução no preço ao consumidor dos insumos produtivos utilizados pelos produtores de bens de capital. Desta forma, há um aumento na diferença entre o retorno obtido por unidade de capital e o custo de produção da mesma, fato este que estimula o investimento. Assim, regiões que apresentam maiores aumentos no aluguel do capital e

maiores reduções nos custos de aquisição de insumos produtivos tenderão a apresentar maiores expansões de capacidade produtiva decorrentes do aumento no estoque de capital. Raciocínio análogo pode ser aplicado ao comportamento da mão de obra. No entanto, neste caso a variável relevante para a migração regional é a variação equivalente relativa. Assim, regiões que tenderiam a apresentar maior variação equivalente relativa recebem um influxo de população, reduzindo o custo da mão de obra e impulsionando a capacidade produtiva da região.⁶⁸

Tendo analisado os principais mecanismos de funcionamento do modelo, prosseguiremos agora com a análise dos resultados das simulações no curto e no longo prazo.

5.2. Resultados

Na presente seção apresentaremos os resultados da simulação do Sistema Viário Oeste. Inicialmente discutiremos os resultados a partir de uma regionalização bastante agregada, apresentado os impactos do SVO sobre o Brasil, o Estado da Bahia e sobre o agregado formado pelas demais regiões brasileiras (Resto do Brasil). Posteriormente apresentaremos os resultados a partir de uma regionalização mais fina, explorando os impactos observados sobre as microrregiões baianas.⁶⁹

5.2.1. Resultados agregados: Brasil, Bahia e Resto do Brasil

Iniciaremos a nossa discussão a partir dos resultados da simulação do Sistema Viário Oeste no curto prazo, apresentados na tabela abaixo:

⁶⁸ Conforme descrito no Capítulo 3, no longo prazo todas as regiões apresentam a mesma variação na utilidade do agente representativo, já que a migração inter-regional ocorre de sorte a anular quaisquer variações distintas entre as regiões.

⁶⁹ Em virtude da incerteza acerca do valor dos parâmetros utilizados nas formas funcionais em modelos de IEGC, é costumeira a realização de análises de sensibilidade em relação a parâmetros-chave na simulação específica. Desta forma, procura-se averiguar se os valores atribuídos aos parâmetros tem impacto significativo sobre o resultado da simulação. No presente trabalho, esta análise é feita no Apêndice C e apresentada por completo no CD-ROM que acompanha a dissertação. Ressaltamos, de antemão, que não foram observadas alterações significativas nos resultados das simulações.

Tabela 6 – Resultados da simulação de curto prazo: Brasil, Bahia e Resto do Brasil

Variáveis	Brasil	Bahia	Resto do Brasil
<u>Demanda Agregada</u>			
Consumo real das famílias	0,0032	0,0620	0,0003
Investimento real	0,0000	0,0000	0,0000
Consumo real dos governos regionais	0,0029	0,0359	0,0010
Consumo real do Governo Federal	0,0031	0,0031	0,0031
Volume de Exportações	0,0208	0,0139	0,0211
Volume de Importações	-0,0119	0,0077	-0,0130
<u>Preços</u>			
Deflator implícito do PIB	-0,0141	-0,0376	-0,0133
Índice de preços ao consumidor	-0,0131	-0,0391	-0,0118
Índice de preços do Investimento	-0,0158	-0,0445	-0,0139
Índice de preços dos governos regionais	-0,0108	-0,0073	-0,0110
Índice de preços do Governo Federal	-0,0108	-0,0072	-0,0110
Índice de preços das exportações	-0,0104	-0,0070	-0,0105
<u>Fatores Primários</u>			
Remuneração agregada do capital	-0,0047	0,0667	-0,0079
Remuneração agregada do trabalho	-0,0100	0,0207	-0,0116
<u>Nível de Atividade Setorial</u>			
Agricultura, pecuária e indústria extrativa	0,0065	0,0241	0,0050
Indústria de transformação	0,0039	0,1158	0,0004
Serviços industriais de utilidade pública	0,0021	0,0092	0,0018
Construção civil	0,0006	0,0065	0,0003
Comércio	0,0022	0,0425	0,0002
Transporte	-0,0311	-0,3132	-0,0191
Outros serviços	0,0029	0,0185	0,0023
Administração pública	0,0030	0,0156	0,0022
Produto regional bruto (PRB) real	0,0067	0,0746	0,0036
Variação equivalente relativa	0,0119	0,2268	0,0012

A partir da análise da Tabela 6, observamos uma queda generalizada dos níveis de preço no curto prazo, fruto das reduções dos custos de comércio inter-regional e do preço do bem transporte, conforme discutido na seção anterior. Observamos ainda que a diminuição dos preços é mais intensa no Estado da Bahia. Este resultado está relacionado à localização

geográfica do empreendimento e a consequente redução mais acentuada dos custos de deslocamento inter-regional de bens nas regiões do estado (Figura 20). Três fatores, no entanto, impedem que a diminuição dos preços fique restrita ao Estado da Bahia. Primeiro, a construção do Sistema Viário Oeste impacta a distância para ao menos uma região em todas as regiões do modelo. Assim sendo, apesar de o projeto ser construído na Bahia, em virtude das características de rede da malha viária, o seu impacto inicial afeta todas as regiões modeladas. Segundo, a redução nos preços no Estado da Bahia pode ser usufruída por todas as regiões do país através das relações inter-regionais de comércio. Neste contexto, com a queda no preço nas regiões do Estado da Bahia, os agentes dos demais estados brasileiros observam uma redução no custo de aquisição dos produtos oriundos das regiões baianas e, consequentemente, reduzem os seus custos de produção e os custos de aquisição de bens para consumo. Terceiro, a queda dos preços na Bahia impacta diretamente o índice nacional de preços ao consumidor. Conforme discutido anteriormente, esta variável impacta o salário nominal praticado em todas as regiões, contribuindo para a diminuição nos custos de produção e uma consequente redução nos níveis de preços.

A redução dos salários nominais e a expansão da demanda agregada estimulam a contratação de mão de obra. Como a evolução da contratação de fator trabalho é incapaz de compensar a queda no salário nominal, observamos uma redução na remuneração nominal agregada do trabalho. No entanto, como esta redução é inferior à redução no índice de preços ao consumidor, percebemos o aumento da renda real disponível e um consequente aumento do consumo real das famílias.⁷⁰ Este mecanismo é mais intenso no Estado da Bahia, tendo em vista o maior crescimento da demanda sobre seus produtos e o consequente aumento na produção. Ainda, a ampliação do consumo real das famílias eleva o bem-estar dos agentes em todas as regiões analisadas.

A redução nos índices de preço contribui para o aumento no volume de exportações e uma redução no volume de importações, ao tornar o produto nacional mais competitivo. Este resultado é observado apenas em parte para o Estado da Bahia, tendo em vista que o intenso aumento da demanda agregada no estado faz com que as importações apresentem leve aumento na simulação. Em relação aos demais componentes da demanda agregada,

⁷⁰ No modelo, adota-se a hipótese de taxas fixas de poupança. Em virtude disto, a variação percentual do consumo nominal das famílias é idêntica à variação na renda nominal disponível. Ainda, adota-se a hipótese simplificadora de que a renda nominal disponível regional apresenta variação igual a da remuneração agregada do fator trabalho. Em virtude do exposto, temos o canal delineado no texto.

constatamos aumento no consumo real dos governos regionais e Federal. Neste contexto, a ampliação dos gastos reais do governo reflete, por um lado, o aumento na arrecadação proporcionado pela expansão da atividade e, por outro lado, a redução nos custos de aquisição dos bens.

Os resultados referentes ao nível de atividade setorial atestam a redução da produção no setor de transporte. Este movimento é mais intenso no Estado da Bahia, já que a diminuição na demanda por margens ocorre mais intensamente no estado. Há ainda, para o estado, um expressivo crescimento da atividade no setor de comércio, refletindo o aumento nos fluxos comerciais decorrente da queda no custo de transporte inter-regional. Os demais setores apresentam variações positivas na atividade, sendo influenciados pelo aumento da demanda agregada e pela redução nos custos de produção.⁷¹

Voltaremos nossa atenção agora para a análise dos resultados da simulação de longo prazo, apresentados na Tabela 7:

⁷¹Uma nota sobre o setor de construção civil é válida. O bem construção civil, principal produto do setor, tem como principal usuário a indústria de bens de capital, que consome 84% da produção nacional deste bem. Em virtude do tratamento exógeno dado ao investimento no curto prazo, observamos que a produção de bens de capital não é impactada pelo choque. Assim, a atividade setorial da indústria da construção civil apresenta variação bastante diminuta.

Tabela 7 – Resultados da simulação de longo prazo: Brasil, Bahia e Resto do Brasil

Variáveis	Brasil	Bahia	Resto do Brasil
<u>Demanda Agregada</u>			
Consumo real das famílias	0,0252	0,1565	0,0188
Investimento real	0,0193	0,1808	0,0087
Consumo real dos governos regionais	0,0046	0,1757	-0,0051
Consumo real do Governo Federal	-0,0062	-0,0062	-0,0062
Volume de Exportações	-0,0252	0,1274	-0,0321
Volume de Importações	0,0196	0,1331	0,0131
<u>Preços</u>			
Deflator implícito do PIB	0,0174	-0,1145	0,0234
Índice de preços ao consumidor	0,0139	-0,0650	0,0177
Índice de preços do Investimento	0,0081	-0,0581	0,0125
Índice de preços dos governos regionais	0,0269	-0,0393	0,0307
Índice de preços do Governo Federal	0,0293	-0,0390	0,0318
Índice de preços das exportações	0,0126	-0,0636	0,0161
<u>Fatores Primários</u>			
Remuneração agregada do capital	0,0239	0,0917	0,0208
Remuneração agregada do trabalho	0,0386	0,0830	0,0364
Estoque de capital	0,0157	0,1740	0,0103
Emprego	0,0000	0,1035	-0,0084
<u>Nível de Atividade Setorial</u>			
Agricultura, pecuária e indústria extrativa	0,0099	0,1732	-0,0039
Indústria de transformação	0,0005	0,2735	-0,0081
Serviços industriais de utilidade pública	0,0137	0,1924	0,0049
Construção civil	0,0179	0,1907	0,0070
Comércio	0,0084	0,188	-0,0002
Transporte	-0,0269	-0,2871	-0,0159
Outros serviços	0,0144	0,1916	0,0077
Administração pública	-0,0012	0,0675	-0,0055
Produto regional bruto (PRB) real	0,0123	0,2085	0,0030
Variação equivalente relativa	0,1026	0,1026	0,1026

Assim como na simulação de curto prazo, a implantação do SVO resulta na ampliação da demanda agregada e da produção no longo prazo. No entanto, o panorama geral dos resultados é distinto do apresentado no curto prazo, ao menos para o agregado nacional.

O aumento da demanda agregada, impulsionado pela redução dos preços dos bens na economia, estimula a atividade produtiva, impactando a demanda por fatores primários. Tendo em vista que no longo prazo observamos a manutenção do tamanho da força de trabalho a nível nacional, um aumento na demanda por mão de obra implica na elevação da remuneração do trabalho a nível nacional. Como o aumento na remuneração do trabalho é superior à elevação nos preços, observamos uma expansão no consumo real das famílias. Ainda, a expansão da atividade eleva a demanda por capital, estimulando o investimento. O intenso aumento da demanda agregada, gerado pela expansão da remuneração do trabalho e pela expansão do investimento, pressiona sobremaneira o mercado de fatores, impulsionando o aumento dos preços praticados na economia. Ainda, de forma antagônica à simulação anterior, o aumento dos preços internos estimula a queda no volume de exportações e o aumento no volume de importações.

Os resultados setoriais exibem um comportamento semelhante ao observado na simulação de curto prazo, sendo as únicas exceções ao exposto os setores de Administração Pública e Construção Civil. O desempenho do primeiro, que produz bens destinados ao consumo dos Governos Regionais e Federal, é impactado negativamente pelo consumo real do governo, que decresce 0,0009% quando consideramos a agregação das duas esferas governamentais. O segundo, que na simulação anterior apresenta variação próxima de zero, é impactado positivamente pelo aumento do investimento real, já que parcela substancial de sua produção é destinada à indústria de bens de capital.

O panorama geral dos resultados da simulação de longo prazo para o Estado da Bahia segue, em larga medida, os resultados observados para o estado na simulação de curto prazo. Constatamos, entretanto, variações mais intensas para parte relevante das variáveis endógenas na simulação de longo prazo. Neste contexto, podemos destacar a redução mais acentuada nos índices de preço no estado. Dois mecanismos são importantes para a compreensão deste fato. Primeiro, com a queda dos preços dos bens em uma região há uma redução no custo de produção de unidades de capital, fato este que impacta positivamente o investimento e negativamente o aluguel do capital na região. A redução do aluguel do capital diminui os

custos de produção estimulando a redução dos preços praticados. Segundo, a possibilidade de migração inter-regional de mão de obra faz com que as regiões do Estado da Bahia não se defrontem com as mesmas restrições observadas a nível nacional no tocante ao mercado de trabalho. Assim sendo, como resultado da simulação, observamos um grande influxo de mão de obra para as microrregiões baianas. Este movimento populacional contribui para que haja uma leve redução nos salários nominais na Bahia. Em virtude do exposto, as microrregiões baianas são capazes de atender ao aumento da demanda exercendo menor pressão sobre o mercado de fatores e possibilitando uma maior redução nos níveis de preço no longo prazo.

Observamos também uma expansão mais intensa dos componentes da demanda agregada. Neste contexto, podemos destacar o forte crescimento do consumo real agregado. Dois fatores contribuem para este resultado: a redução mais intensa dos níveis de preço e o aumento mais vigoroso da renda disponível. Conforme discutido, a renda disponível apresenta movimento idêntico à remuneração agregada do trabalho, que exibe um crescimento mais forte do que o observado no curto prazo. Observamos também um movimento positivo das exportações no estado, estimulado pelo aumento da competitividade das firmas, e um aumento das importações, impulsionado pelo aumento da demanda na região.

A elevação da demanda agregada, resultante do aumento do consumo, do investimento e da exportação, estimula a expansão da atividade no Estado da Bahia. Ainda, assim como no curto prazo, o setor de transporte é o único a apresentar redução no nível de atividade. Em relação ao comportamento dos demais setores, observamos apenas o setor de Construção Civil em contraste com a simulação de curto prazo. No longo prazo, este setor apresenta forte expansão em virtude do aumento do investimento no estado.

Os impactos causados pelo Sistema Viário Oeste sobre os demais estados brasileiros é muito distinto dos observados para a Bahia no longo prazo. A tendência de aumento do bem-estar no Estado da Bahia atrai população para o estado, contribuindo para a redução da oferta de trabalho nas demais regiões brasileiras. Com a redução no estoque de mão de obra, observamos um aumento no salário nominal e um consequente estímulo ao aumento dos preços. O aumento dos níveis de preço desestimula as exportações internacionais e inter-regionais nestas regiões.⁷²

⁷² As exportações inter-regionais apresentam crescimento de 0,0004%, desempenho bastante inferior ao crescimento do PIB da região.

Apesar da redução do emprego, constatamos o aumento da remuneração agregada nominal do trabalho, fruto da expansão dos salários nominais. Ademais, como este aumento é superior à evolução dos níveis de preço, ocorre a ampliação da renda real disponível agregada e o consequente aumento no consumo real das famílias. Em relação aos demais componentes da demanda agregada, é possível destacar ainda a elevação do investimento real. Este movimento é impulsionado por dois fatores. Primeiro, a expansão da produção estimula a demanda por capital e, por conseguinte, o investimento real. Segundo, a redução do aluguel do capital frente aos salários impulsiona a troca de trabalho por capital no processo produtivo, estimulando o investimento.

Tendo apresentado os resultados para os agregados, Brasil, Bahia e Resto do Brasil, voltaremos as nossas atenções para a investigação dos impactos do Sistema Viário Oeste sobre as microrregiões baianas.

5.2.2. Resultados Regionais

Iniciaremos a exposição a partir da análise dos resultados da simulação de curto prazo.⁷³ Conforme discutido, a introdução do Sistema Viário Oeste na rede de transporte reduz o custo do comércio inter-regional, afetando os custos de produção e os preços praticados nas distintas regiões. A análise da Figura 21, que evidencia os impactos do SVO sobre o índice de preços básicos, nos permite destacar as Regiões Sul, Centro-Sul e mesorregião metropolitana de Salvador (MMS) como aquelas que apresentam maiores reduções nos custos de produção e que, portanto, apresentam os maiores ganhos de competitividade.⁷⁴ Em virtude disto, estas regiões conseguem expandir as suas vendas com maior facilidade, ampliando suas exportações inter-regionais e internacionais. Ainda, parte relevante das regiões localizadas no

⁷³ Apresentaremos os resultados através da utilização de mapas cloropléticos de quartis. Desta forma, cada região será colorida de acordo com o quartil que ocupa na distribuição. Exceção será feita para o caso em que um quartil contenha o valor zero, situação na qual este intervalo será subdividido em dois a partir deste valor.

⁷⁴ O resultado observado para microrregião de Valença diverge da análise efetuada, tendo em vista que a região apresenta variação positiva no índice de preços básicos. A justificativa para este resultado reside na forte relação comercial que esta região mantém com a microrregião de Salvador e na forte redução do custo de transporte entre Salvador e Valença. Nesta perspectiva, com melhora acentuada no acesso ao mercado de Salvador, Valença expande fortemente sua produção de bens (aumento de 0,14%). A expansão da demanda originada em outras regiões expande a contratação de mão de obra, estimulando o consumo. O aumento da demanda por produtos originados na microrregião exerce forte pressão sobre o custo de aluguel do capital, impulsionando o aumento dos preços.

Centro-Norte do estado se comporta de forma semelhante às regiões supracitadas. No entanto, a magnitude das variações é bastante inferior, refletindo o menor benefício auferido em decorrência da menor redução dos custos de aquisição de insumos nestas regiões. As demais regiões do estado, por sua vez, apresentam as menores reduções nos índices de preços básicos e, assim, perdem em competitividade frente às regiões supracitadas. Desta forma, observamos naquelas regiões pequenas variações positivas ou até variações negativas na exportação regional e internacional.

Figura 21 – Variação percentual nas exportações inter-regionais e internacionais e nos índices de preços básicos e ao consumidor na simulação de curto prazo

Conforme discutido, a redução no nível de preços ao consumidor (Figura 21) impacta o consumo real agregado das famílias ao contribuir para o aumento da renda real. No entanto, deve-se ressaltar que a ampliação da renda nominal disponível também impacta o consumo real. Neste contexto, regiões que apresentam maiores reduções no custo de produção, expandem mais fortemente sua atividade tendo em vista atender a maior demanda interna e externa por seus produtos. Tendo por fim expandir a produção, torna-se necessário aumentar a contratação de mão de obra, contribuindo assim para a expansão da renda disponível agregada. Em virtude dos fatores acima apresentados, percebemos que as regiões a sul e a oeste do empreendimento apresentam maior crescimento da renda nominal, enquanto que as regiões na parte setentrional do estado apresentam reduções da mesma (Figura 22).

Ainda, em decorrência do movimento combinado dos preços e da renda disponível, as regiões localizadas no Sul e no Centro-Sul do estado e na MMS apresentam maior expansão no consumo real agregado, enquanto que as regiões localizadas na parte norte do estado apresentam variações positivas de pequena magnitude ou variações negativas do consumo real agregado. Tendo em vista que o bem-estar econômico do consumidor representativo depende do consumo real do mesmo, observamos grande semelhança entre o comportamento da variação equivalente relativa (Figura 23) e o do consumo real agregado.

Figura 22 – Variação percentual na renda nominal disponível e no consumo real agregado na simulação de curto prazo

Tendo por fim atender a maior demanda gerada pela ampliação do consumo real, exportações inter-regionais e exportações internacionais, há um aumento da produção em parcela relevante das microrregiões baianas. Além disso, as regiões mais afetadas por estas variáveis tendem a apresentar um aumento mais vigoroso do Produto Regional Bruto (Figura 23). Desta forma, observamos uma expansão mais forte da atividade nas microrregiões localizadas no Sul, Centro-Sul e na MMS. Ainda, estas regiões são seguidas pelas regiões do Extremo Oeste Baiano que apresentam crescimento do PRB próximo da mediana do estado. As microrregiões no norte da Bahia, por sua vez, apresentam pequenas variações positivas ou mesmo variações negativas no PRB. Neste ponto, podemos destacar os impactos negativos sobre o PRB de duas importantes microrregiões no estado, Feira de Santana e a de Alagoinhas, que apresentam reduções de respectivamente 0,004% e 0,01% no PRB.

Figura 23 – Variação equivalente relativa e variação percentual no produto regional bruto real na simulação de curto prazo

Como síntese da simulação de curto prazo, podemos afirmar que a redução dos custos de transporte geram impactos positivos mais intensos sobre a competitividade das microrregiões localizadas no Sul, Centro-Sul e na MMS. Estas regiões são seguidas pelas demais regiões centrais e pelo Extremo Oeste baiano, que apresentam variações próximas à mediana. Já as regiões localizadas porção setentrional do estado amargam reduções na competitividade de seus produtos frente às demais regiões do Estado.

Voltaremos nossa atenção agora para a análise dos resultados regionais da simulação de longo prazo. Antes de apresentarmos os resultados, é válido destacar que os canais descritos na simulação de curto prazo estão, em sua maioria, ativos no longo prazo. Desta forma, com o intuito de manter a brevidade da exposição, suprimiremos a discussão sobre os mesmos quando esta não prejudicar o entendimento dos resultados. Ainda, a diferença entre os fechamentos de curto e longo prazo são as hipóteses adotadas sobre o funcionamento dos mercados de trabalho e capital, sendo possível no longo prazo a migração inter-regional e a alteração no estoque de capitais regional. Assim sendo, focaremos a análise no funcionamento destes dois mercados e em como os mesmos afetam os resultados da simulação.

Assim como na simulação anterior, percebemos que as regiões do Sul, Centro-Sul do Estado e da Mesorregião Metropolitana de Salvador apresentam as maiores reduções nos índices de preço (Figura 24). Ainda, estas reduções são mais intensas que as apresentadas na simulação de curto prazo. Diferentemente da simulação anterior, as microrregiões localizadas no norte e no oeste do Estado apresentam elevações nos índices de preço. A fim de compreender este resultado, é necessário analisar o funcionamento dos mercados de trabalho e de capital.

preços. Este movimento nos preços impulsiona a renda real e, conseqüentemente, o bem-estar dos agentes. Na mesma tônica, regiões que apresentam aumento na renda nominal disponível também tendem a apresentar aumentos no bem-estar, através da ampliação do consumo. No entanto, em virtude da suposição de que todas as regiões apresentam a mesma variação de utilidade, adotada no fechamento de longo prazo, este ganho não se confirma. O mecanismo de ajuste é a migração populacional. Em razão disso, as regiões que tenderiam a apresentar uma expansão do bem-estar acima da média nacional, observam um influxo populacional. O aumento da população amplia a oferta de mão de obra, reduzindo os salários. A redução dos salários impacta negativamente a renda real e, por conseguinte, o bem-estar do agente individual.

A Figura 25 nos mostra os resultados da simulação para as variáveis referente à migração e ao mercado de trabalho. A partir da análise da mesma percebemos que a quase totalidade das regiões baianas atraem mão de obra.⁷⁵ Este movimento, no entanto, é heterogêneo. Neste contexto, observamos que as regiões mais diretamente afetadas pelo SVO, no Sul, Centro-Sul e na MMS, registram as maiores expansões no emprego, enquanto que as regiões menos afetadas pelo empreendimento, localizadas na parte norte e nordeste do estado, apresentam expansões modestas na população regional. Ainda, percebe-se que, em virtude do mecanismo exposto acima, as regiões que apresentam maiores aumentos populacionais também apresentam redução nos salários nominais, enquanto as regiões que apresentam variações diminutas no influxo de mão de obra apresentam aumento nos salários.

⁷⁵ A única exceção é a microrregião de Juazeiro que apresenta uma redução populacional de 0,0002%.

Figura 25 – Variação percentual na população e nos salários nominais na simulação de longo prazo

Além do funcionamento do mercado de trabalho, a possibilidade de alterações no estoque de capital modifica os resultados da simulação de longo prazo. Conforme fora anteriormente apresentado, o estímulo ao aumento do capital provém tanto do aumento da demanda por fatores primários, decorrente da expansão da atividade, quanto da redução do custo de produção de unidades de capital. Em relação a este último ponto, observamos que a redução nos custos de produção de unidades de capital é mais intensa nas Regiões Sul, Centro-Sul e na Mesorregião Metropolitana de Salvador (Figura 26). Em virtude do exposto, observamos um aumento mais vigoroso do estoque de capital nas regiões supracitadas.

Figura 26 – Variação percentual no índice de preços ao investidor e no estoque de capital na simulação de longo prazo

A análise dos mercados de fatores primários nos permite compreender em parte o ajustamento do modelo no longo prazo. Percebemos, a partir da análise dos mapas acima, que o benefício inicial gerado pela redução nos custos de transporte influencia a movimentação dos estoques de capital e de mão de obra. Este movimento ocorre de forma mais intensa nas Regiões Sul, Centro-Sul baiana e na MMS, para as quais há um incremento substancial no estoque de fatores primários. Ainda, estas regiões apresentam maior redução no custo de aquisição dos insumos primários, em virtude tanto do influxo de mão de obra quanto da redução nos custos de produção de bens de capital. Consequentemente, observamos uma redução mais intensa no longo prazo para os índices de preços nestas regiões (Figura 26).

A atração do fator trabalho modifica também a capacidade de consumo das regiões. Com o influxo de mão de obra, as regiões receptoras veem a sua renda disponível ampliada. Em virtude disto, observamos a elevação do consumo agregado. A Figura 27 apresenta o comportamento destas duas variáveis.

Figura 27 – Variação percentual na remuneração agregada do trabalho e no consumo real agregado na simulação de longo prazo

Tendo em vista atender a expansão da demanda gerada pela ampliação do consumo, do investimento e das exportações inter-regionais, constata-se a ampliação da atividade em todas as microrregiões baianas (Figura 28). Além disso, em virtude da possibilidade de aumento no estoque de capital e alterações no estoque de mão de obra, todas as regiões baianas apresentam variações mais intensas do PRB no longo prazo. Percebemos ainda, que assim como no curto prazo, a expansão da atividade é mais intensa nas microrregiões localizadas nas mesorregiões Sul, Centro-Sul baianas e na Mesorregião Metropolitana de Salvador.

Figura 28 – Variação percentual no produto regional bruto real na simulação de longo prazo

5.3. Análise da produtividade marginal do investimento

Na presente seção, apresentaremos a análise da produtividade marginal do investimento (PMI) relativa ao Sistema Viário Oeste. Conforme afirma Haddad (2004), sob o enfoque da PMI procura-se maximizar o produto nacional ou regional através de escolhas alternativas de investimento.⁷⁶ Neste contexto, é calculado o fluxo descontado do produto adicional gerado pelo melhoramento viário. A produtividade marginal do investimento é então calculada como a razão do fluxo descontado de produto pelo investimento realizado. Conforme ressalta o autor, o maior impedimento para realização de cálculos desta natureza é a dificuldade de se avaliar os impactos individualizados de fatores de produção sobre o produto. No entanto, conforme observamos na seção anterior, a modelagem de equilíbrio geral nos fornece um caminho possível para a mensuração deste impacto no caso analisado no presente trabalho, tendo em vista que através da metodologia apresentada é possível estimar o aumento no produto real anual decorrente da operação de uma nova estrutura de transporte.

⁷⁶ Apesar de não discutirmos projetos alternativos no presente trabalho, a análise desenvolvida fornece um instrumento capaz de comparar investimentos alternativos ou rotas alternativas para o projeto destacado, caso seja do interesse dos tomadores de decisão. Ainda, conforme será discutido, a abordagem apresentada é capaz de fornecer um indicativo dos *spillovers* inter-regionais gerados pelo Sistema Viário Oeste.

A discussão acerca do cálculo da produtividade marginal do investimento pode ser mais bem discutida a partir da Figura 29. Com objetivo de avaliar os impactos do Sistema Viário Oeste sobre os fluxos futuros de produto real, é necessário construir inicialmente uma trajetória hipotética para o produto interno bruto real.⁷⁷ Esta trajetória reflete o comportamento esperado da economia sem intervenções de quaisquer naturezas (trajetória de controle). Desta forma, elabora-se um cenário base ao qual é possível comparar um cenário também hipotético no qual se observa o SVO em operação (trajetória alternativa).

Tendo por fim a construção da trajetória alternativa, é necessária a utilização dos resultados obtidos nas simulações realizadas no modelo B-MARIA-BA. Conforme discutido, os resultados das simulações expostos nas seções anteriores apresentam os impactos simulados do SVO, em sua fase de operação, sobre o produto interno bruto regional de um dado ano. Ainda, é válido lembrar que os resultados apresentados contemplam dois ambientes macroeconômicos distintos. O primeiro, mais restritivo quanto às possibilidades de ajuste da economia, procura mimetizar o comportamento esperado para a economia no curto prazo. Já o segundo fechamento, mais flexível quanto ao movimento inter-regional dos fatores, procura avaliar os impactos esperados do projeto sobre a economia após um período de ajustamento mais dilatado. Em virtude da acepção temporal da flexibilidade do ajuste econômico, os distintos fechamentos podem ser usados para simular impactos gerados pelo SVO em momentos distintos da trajetória temporal.

A construção da trajetória alternativa no presente trabalho segue a lógica temporal atribuída aos fechamentos de curto e longo prazo. Nesta perspectiva, foi suposto que os impactos de curto prazo se concretizam dois anos após a construção do Sistema Viário Oeste. Desta forma, no caso da trajetória alternativa para a economia nacional, adotamos que no segundo ano após a construção do SVO o produto interno bruto observado seria 0,0067% maior que o produto interno bruto da trajetória de controle. Suposição semelhante é realizada no caso da simulação de longo prazo. No entanto, neste caso adotamos que os impactos do SVO na simulação de longo prazo se concretizariam dez anos após a construção do SVO. Assim, de forma análoga ao curto prazo, foi suposto que o produto interno bruto nacional no décimo ano após a

⁷⁷ Apesar de ainda não discutido, calcularemos o retorno do investimento para a Bahia e para o Brasil. Em ambos os casos adotou-se uma abordagem simplificada, tendo por fim gerar a trajetória de controle para o produto interno bruto real. No caso nacional, consideramos que o PIB real crescerá a uma taxa de 2,9% para todo o período relevante. Esta é a média do crescimento real do PIB brasileiro após a estabilização da moeda. A mesma taxa de crescimento foi adotada para a construção da trajetória de controle para o PIB real da Bahia. Procurou-se, dessa forma, manter a participação do estado na economia nacional constante.

construção do SVO seria 0,0123% maior que o produto adotado na trajetória de controle. Ainda, tendo por fim calcular o produto interno bruto nos anos intersticiais aos delimitados pelo curto e longo prazo, é suposto que o produto interno bruto cresce a uma taxa constante. Dentro desta lógica, o crescimento do produto interno bruto atribuível a Sistema Viário Oeste pode ser calculado pela diferença entre as trajetórias alternativa e de controle (Área I e II).

Figura 29 – Trajetória de controle e trajetória alternativa hipotéticas do produto interno bruto real

Fonte: Haddad, 2004, p. 160 com modificações.

Tendo em vista concretizar a estimativa da produtividade marginal do investimento, é necessário ainda tratar dos custos de construção e de manutenção do projeto e da vida útil estipulada para o mesmo. Conforme informado em documentos e apresentações recentes do Governo do Estado da Bahia, o custo do Sistema Viário Oeste encontra-se atualmente estimado em R\$ 5,5 bilhões de reais. Ainda, a obra tem início previsto para o ano de 2014 e duração prevista de cinco anos. Na falta de informações adicionais sobre o cronograma do projeto, consideraremos que os recursos necessários serão utilizados em iguais montantes durante os anos de construção (2014-2018) e que o Sistema Viário Oeste impactará a atividade apenas após a conclusão das obras, a partir do ano de 2019. Deve-se enfatizar, no entanto, que o investimento inicial é apenas uma fração dos recursos gastos com o projeto, tendo em vista que é necessário manter e operar a infraestrutura em bom estado de conservação e bom nível de serviço. Nesta perspectiva, adotamos que os gastos anuais com manutenção e operação do SVO corresponderiam a 3,1% do custo inicial do projeto. Este valor, que é conservador no tocante a análise da PMI, foi calculado através da análise das

demonstrações contábeis de empresas concessionárias de rodovias.⁷⁸ Ainda, tendo em vista a incerteza acerca do valor adotado, realizamos uma análise de sensibilidade em relação a esta variável, calculando a produtividade marginal do investimento para taxas de manutenção e operação 1% para cima e para baixo da taxa selecionada. Adotamos uma postura conservadora também em relação à vida útil do projeto, que foi estipulada em 50 anos na análise corrente.⁷⁹ Em face às suposições adotadas quanto aos custos e benefícios do projeto, apresentamos na Tabela 8 e na Tabela 9 os resultados dos cálculos efetuados para a Bahia e para o Brasil. Nestas, apresentamos não só a produtividade marginal do investimento, como o valor presente líquido dos fluxos de produto e a participação da Bahia e Resto do Brasil na elevação do produto nacional.

Tabela 8 – Valor presente líquido e participação regional no fluxo de produto descontado - Sistema Viário Oeste

Taxa de Desconto	Valor Presente Líquido dos Fluxos de Produto (em R\$ Milhões)		Participação no Valor Presente dos Fluxos de Produto (%)	
	Brasil	Bahia	Resto do Brasil	Bahia
3%	30.349	21.425	29,4	70,6
5%	17.077	11.903	30,3	69,7
8%	8.291	5.645	31,9	68,1

⁷⁸ Tendo em vista chegar ao valor apresentado para a manutenção do Sistema Viário Oeste, recorremos às demonstrações financeiras do ano de 2013 de operadores privados que operam trechos rodoviários semelhantes aos do SVO, a Concessionária da Ponte Rio-Niterói S.A. (CCR Ponte) e a Via Bahia Concessionárias de Rodovias S.A. (Via Bahia) – operadora das Rodovias BR-116/324 e BA-526/528 na Bahia. Objetivando estimar o gasto de operação e manutenção eficiente das estruturas rodoviárias, supusemos que o mesmo equivale à receita oriunda da operação do sistema menos o lucro líquido proveniente desta operação. Ainda, no caso da Ponte Salvador-Itaparica, consideramos que os gastos em operação e manutenção seriam equivalentes aos observados nas demonstrações contábeis da CCR Ponte. Já para os demais trechos do SVO consideramos o valor calculado (receita menos lucro) proporcional à extensão dos trechos analisados. Ainda, para finalizarmos a estimativa, foi necessário atualizar os valores monetários. Neste cálculo utilizamos a estimativa de mercado para o IPCA no ano de 2014 (6,27%).

⁷⁹ A determinação da vida útil de um projeto é uma tarefa não trivial. As características do SVO dificultam ainda mais este processo, pois o projeto contempla uma ponte e rodovias, equipamentos que apresentam vidas úteis distintas. Tendo em vista que a maior parte dos recursos do SVO se destina a construção da Ponte Salvador-Itaparica, nos balizaremos por este elemento para a determinação da vida útil do projeto. Segundo Medeiros *et al* (2011), as estruturas de concreto são dimensionadas para uma vida útil mínima de 50 anos. As pontes, no entanto, são usualmente dimensionadas para períodos muito maiores de tempo. Conforme apresenta o autor, normas técnicas do reino unido (BS 7543:2003) atribuem à vida útil de ao menos 120 anos para pontes de concreto. Nesta perspectiva, a vida útil estipulada no presente trabalho é bastante conservadora.

Tabela 9 – Produtividade marginal do investimento - Sistema Viário Oeste

Produtividade Marginal do Investimento						
Taxa de Manutenção	2,1%		3,1%		4,1%	
Taxa de Desconto	Brasil	Bahia	Brasil	Bahia	Brasil	Bahia
3%	5,52	3,75	5,28	3,51	5,04	3,27
5%	3,24	2,16	3,08	1,99	2,91	1,83
8%	1,67	1,07	1,57	0,96	1,46	0,86

Os resultados apresentados na Tabela 8 evidenciam fortes efeitos de spillover inter-regional do projeto. Nesta perspectiva, para todas as taxas de desconto consideradas, ao menos 29,4 % do aumento em produto interno bruto é apropriado por regiões fora do Estado da Bahia. Este resultado, que não pode ser observado a partir da análise efetuada na seção anterior, é de extrema relevância em termos políticos, podendo servir como argumento para o envolvimento intensivo do Governo Federal no financiamento do projeto. Já a Tabela 9 apresenta os resultados da produtividade marginal do investimento. Observamos que, para o Brasil, em todos os casos analisados, o fluxo descontado de produto é maior que o investimento inicial descontado. Este resultado não se mantém quando consideramos apenas os impactos do Sistema Viário Oeste sobre o produto real do Estado da Bahia, fato este que se deve aos *spillovers* do projeto. Ainda, vale enfatizar que, apesar de a PMI não ser, possivelmente, de interesse imediato ao estudo do projeto analisado, tendo em vista que não foram estudados projetos alternativos no presente trabalho, a metodologia aqui apresentada e implementada pode servir como subsídio para análises futuras entre alternativas de projetos.

Como síntese dos resultados apresentados podemos destacar que, no curto prazo, a redução dos custos de transporte decorrente da implantação do Sistema Viário Oeste impacta negativamente os níveis de preço. Esta redução amplia a demanda por bens e serviços nacionais, tanto através do aumento da renda real quanto pelo redirecionamento da demanda por bens e serviços produzidos domesticamente. O aumento da demanda estimula a produção de bens e serviços, movimento este que é intensificado no longo prazo em virtude da maior mobilidade dos fatores produtivos. Em uma perspectiva regional, observamos que a variação da atividade é sensivelmente mais intensa nas regiões do Estado da Bahia. Dentro do estado, as regiões que constituem as mesorregiões do Sul, Centro-Sul e Metropolitana de Salvador apresentam os maiores aumentos de atividade, tanto no curto quanto no longo prazo. Em sentido contrário, as regiões da porção setentrional apresentam pequenas variações positivas

ou mesmo variações negativas no produto. A análise da produtividade marginal nos mostra que, em perspectiva nacional, o aumento no produto é superior ao investimento em todos os casos analisados. Ao longo desta análise, identificamos também que o Sistema Viário Oeste apresenta *spillovers* relevantes, tendo em vista que uma parcela substantiva dos benefícios em produto gerados pelo projeto escapa as fronteiras estaduais.

Com base nos resultados discutidos no presente capítulo e acima sintetizados, reestimaremos os impactos do Sistema Viário Oeste sobre os índices de acessibilidade. Através desta análise, procuraremos averiguar se os impactos do SVO sobre a atividade impactam os resultados da análise realizada no Capítulo 4.

6. RESULTADOS: ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE RECALCULADOS

No capítulo anterior apresentamos as estimativas dos impactos do Sistema Viário Oeste em dois ambientes econômicos distintos, considerando hipóteses que emulam o ajustamento da economia no curto e no longo prazo. Um dos importantes resultados obtidos através da simulação foi o impacto do SVO sobre o produto interno bruto das microrregiões baianas e dos estados brasileiros. Conforme discutido anteriormente, alterações na distribuição espacial da atividade modificam o panorama da acessibilidade. Desta forma, é interessante incorporar a estimativa da variação da massa de oportunidade na análise do impacto do Sistema Viário Oeste sobre a acessibilidade. Este é o objetivo do presente capítulo.

6.1. Estratégia de simulação

Tendo em vista incorporar as alterações na distribuição espacial da atividade aos vetores de acessibilidade, algumas hipóteses de trabalho devem ser adotadas. Em um primeiro lugar, deve-se selecionar a regionalização mais adequada para o cálculo dos índices de acessibilidade. Neste contexto, duas possibilidades se mostram factíveis: é possível calcular os índices de acessibilidade a partir da regionalização adotada no Capítulo 4, subdividindo o Estado da Bahia em municípios e o restante do Brasil em microrregiões, ou podemos adotar a regionalização utilizada no Capítulo 5, seccionando a Bahia em microrregiões e o restante do Brasil em estados. Optamos por apresentar os índices de acessibilidade a partir da divisão regional utilizada no Capítulo 5, tendo em vista que não possuímos estimativas do impacto do Sistema Viário Oeste sobre o produto interno bruto dos municípios baianos ou das microrregiões brasileiras fora da Bahia. Desta forma, não fazemos afirmações sobre a acessibilidade em regiões não modeladas pelo modelo B-MARIA-BA.

A adoção da divisão regional supracitada para o cálculo dos tempos de deslocamento inter-regionais implicaria, no entanto, na redução da capacidade dos índices selecionados avaliarem as possibilidades de interação proporcionadas a cada região. Dois fatores explicam esta assertiva. Primeiro, ao calcularmos índices de acessibilidade, selecionamos um único ponto no espaço ao qual é atribuído o valor integral da variável que reflete a massa de oportunidade de determinada região. Desta forma, na medida em que intensificamos a agregação da divisão

regional, passamos a ignorar uma parcela maior da heterogeneidade espacial da distribuição das oportunidades. Segundo, ao calcularmos as distâncias inter-regionais, computamos o caminho de tempo mínimo entre o ponto representativo de uma região e os pontos representativos das demais regiões. Desta forma, na medida em que diminuimos o número de regiões analisadas, reduzimos também a capacidade de os indicadores de acessibilidade avaliarem a qualidade da malha viária. Nestas circunstâncias, os índices de acessibilidade se tornam piores indicadores da acessibilidade das regiões, já que não captam parte relevante da heterogeneidade espacial da distribuição da atividade e da malha rodoviária. Desta forma, torna-se proveitoso desenvolver uma estratégia que considere, no cálculo dos índices selecionados, a distância temporal inter-regional calculada a partir do menor agregado disponível, os municípios do Estado da Bahia e as microrregiões do Brasil.

Em virtude do exposto, desenvolvemos uma estratégia de simulação que é conservadora quanto às inferências relativas à acessibilidade regional, mas que maximiza o uso das informações disponíveis a respeito da heterogeneidade espacial da massa de oportunidade e da rede rodoviária. No que segue descrevemos a estratégia desenvolvida:

1. Tendo em vista incorporar as variações na atividade ao cálculo dos índices de acessibilidade, calculamos dois novos vetores de produto regional para os municípios baianos e as microrregiões brasileiras, sendo um associado aos resultados observados na simulação de curto prazo e outro associado ao longo prazo. Em ambos os vetores, utilizamos a estimativa das regiões modeladas no modelo B-MARIA-BA para as microrregiões ou municípios contidos nestas.
2. A partir do vetor original e dos novos vetores de produto, calculamos a acessibilidade utilizando a metodologia e regionalização idêntica à empregada no Capítulo 4. A existência de três vetores de produto regional e duas matrizes de distância temporal geraram quatro vetores de interesse para cada índice de acessibilidade. O primeiro (Cenário ano-base) considera as características da malha viária e o produto regional bruto observados no ano de 2007. O segundo vetor (Cenário I) considera apenas as alterações nas distâncias temporais inter-regionais decorrentes da introdução do Sistema Viário Oeste na malha viária. O terceiro (Cenário II) considera as alterações nas distâncias temporais inter-regionais decorrentes da implantação do SVO e as variações no PRB obtidas dos resultados da simulação de curto prazo. O quarto vetor

(Cenário III), por sua vez, considera as alterações nas distâncias temporais inter-regionais decorrentes da implantação do SVO e as variações no PRB obtidas dos resultados da simulação de longo prazo.

3. Tendo por fim obter índices de acessibilidade calculados para a regionalização selecionada, agregamos os vetores calculados no passo anterior utilizando como vetor de pesos o produto interno bruto para o ano de 2007.

Duas qualificações sobre o método delineado são importantes. Primeiro, conforme já explicitado, não dispomos de informações sobre a variação do produto regional a nível municipal para a Bahia e a nível microrregional para os demais estados. Desta forma, a melhor estimativa que possuímos para a variação da produção em um município é a variação da atividade na microrregião correspondente, e a melhor estimativa da variação da atividade nas microrregiões dos estados brasileiros é a variação nos estados.⁸⁰ Em razão disso, estes foram os valores utilizados para estimar a variação da atividade nos municípios baianos e nas microrregiões brasileiras no primeiro passo. É válido ressaltar que adotar esta suposição é diferente de apresentar os resultados para os municípios baianos e microrregiões brasileiras. Ao agregarmos as regiões, nada está sendo afirmado sobre a acessibilidade de um município específico na Bahia ou de uma microrregião específica no Brasil. A utilização de uma estrutura espacial mais fina apenas reconhece a heterogeneidade espacial na distribuição da atividade e na configuração da malha viária. Segundo, a composição do índice de acessibilidade através da utilização de uma média ponderada proporciona não só um índice de acessibilidade que é representativo de uma região, como também um indicador que é comparável, em magnitude, aos índices calculados no Capítulo 4. Desta forma, os valores apresentados no presente capítulo não estão desconectados dos apresentados anteriormente.

6.2. Resultados

Apresentaremos nesta seção os resultados dos cálculos descritos na seção anterior. É válido ressaltar que o objetivo da investigação desenvolvida é o de analisar a relevância dos

⁸⁰ A atratividade de uma região em nosso modelo de acessibilidade é o quantum de oportunidade que uma determinada região oferece. Em virtude disto, a atualização do PRB das regiões é feita a partir da variação real e não da variação nominal estimada do PRB.

impactos de alterações no PRB sobre os índices de acessibilidade calculados no caso específico do Sistema Viário Oeste. Em virtude do exposto, não discutiremos em profundidade o perfil global da distribuição da acessibilidade ou as variações espaciais da acessibilidade decorrentes da implantação do SVO. Consideramos que esta análise já foi realizada no Capítulo 4 e que os resultados das simulações foram então esclarecidos.

Em face disso, subdividimos o restante da seção da seguinte forma: na primeira subseção apresentamos os resultados gerais da simulação para o Estado da Bahia, na segunda discutimos os resultados regionais e na última subseção apresentamos os impactos do SVO sobre a desigualdade na distribuição de acessibilidade.

6.2.1. Resultados gerais

Na tabela abaixo, apresentamos a média dos índices de acessibilidade para o Estado da Bahia no Cenário Ano-base e as alterações percentuais na média nos cenários I, II e III em relação à média no ano-base.

Tabela 10 – Índices de acessibilidade e variações percentuais nos índices de acessibilidade nos cenários I, II e III para as microrregiões do Estado da Bahia

	Índices de Acessibilidade			
	Locacional	Potencial Nacional	Potencial Regional	Potencial Local
Média (Ano-base)	28,56	1069,04	140,70	23,44
Variação (%)				
Cenário I (a)	-0,125	0,132	0,785	3,010
Cenário II (b)	-0,127	0,141	0,812	3,071
Cenário III (c)	-0,133	0,152	0,859	3,184
a/b (%)	98,2	93,5	96,7	98,0
a/c (%)	94,1	86,6	91,5	94,5

Conforme esperado, observamos o aumento da acessibilidade nas regiões baianas nos cenários I, II e III. Ademais, em relação aos índices de acessibilidade potencial, observamos que os resultados descritos no Capítulo 4 se mantêm em todos os cenários. Desta forma,

constatamos uma elevação mais intensa no índice de acessibilidade potencial local, seguido pelo índice regional e posteriormente pelo o índice nacional. Desta forma, o que há de novo na Tabela 8 são os resultados observados para os cenários II e III e a comparação do aumento da acessibilidade média entre os cenários apresentados. Nesta perspectiva, constatamos que o Cenário II e o Cenário III apresentam expansão maior da acessibilidade que o Cenário I. Este resultado se deve à variação positiva do produto interno bruto na Bahia tanto no curto como no longo prazo. Além disso, como a expansão do produto regional bruto é mais intensa na simulação de longo prazo, percebemos uma maior elevação na acessibilidade neste caso.

Apesar das diferenças constatadas nos índices de acessibilidade nos três cenários em questão, é possível perceber que parte substancial da variação da acessibilidade pode ser explicada pela variação no tempo de deslocamento inter-regional. Esta informação é apresentada nas últimas duas linhas da tabela. Nestas comparamos os resultados obtidos no Cenário I com os resultados observados nos cenários II e III. A partir da análise das mesmas, é possível perceber que a parcela majoritária da variação no índice de acessibilidade é proveniente da variação do tempo de deslocamento inter-regional. Ainda, percebemos que a relevância do tempo de deslocamento para a média do índice de acessibilidade aumenta na medida em que aumentamos a penalização à distância. Assim, quando consideramos os índices de acessibilidade potencial regional e local percebemos que mais de 95% da variação da média da acessibilidade se deve unicamente à variação no tempo de deslocamento no curto prazo, enquanto que no longo prazo este percentual ultrapassa a marca de 90% para ambos os indicadores. Este comportamento dos índices de acessibilidade potencial será discutido na próxima seção quando abordarmos os resultados regionais.

Os resultados observados para o índice locacional seguem movimento semelhante ao apresentado para os demais indicadores, sendo fortemente impactado pela variação nos tempos de deslocamento. No entanto, as variações decorrentes de alterações no produto têm uma interpretação distinta para este indicador. Conforme ressaltamos, o índice locacional é a média ponderada dos tempos inter-regionais de deslocamento que utiliza como vetor de pesos o produto regional bruto. Desta forma, a contribuição da variação da atividade para o índice de acessibilidade locacional reflete a alteração na ponderação dada aos tempos de deslocamento inter-regional. Assim, quando o índice locacional diminui em decorrência do produto interno bruto, isto significa que, na média, estamos avaliando como mais relevantes para a acessibilidade em uma determinada região, regiões que apresentam menores tempos de

deslocamento a esta. Isto é justamente o que esperaríamos que ocorresse com este indicador para as regiões localizadas no Estado da Bahia quando o PIB aumenta mais intensamente no estado que nas demais regiões brasileiras. Nestas circunstâncias, o aumento mais intenso do produto interno bruto baiano aumenta a relevância das regiões do estado na composição do indicador, o que por sua vez reduz ainda mais a média dos índices de acessibilidade na região.

6.2.2. Resultados regionais

Conforme discutido no Capítulo 4, o impacto do Sistema Viário Oeste sobre os índices de acessibilidade se apresenta concentrado no Estado da Bahia e observamos apenas alterações marginais da acessibilidade nas demais regiões brasileiras. Em virtude do exposto, seguiremos a mesma estratégia utilizada anteriormente e apresentaremos as variações percentuais nos índices de acessibilidade apenas para as regiões do estado. Tendo em vista manter a homogeneidade ao longo do trabalho, adotamos escala idêntica à utilizada nos mapas do Capítulo 4. Apresentamos também nos mapas, em gráficos de setores, a contribuição da variação do tempo de deslocamento inter-regional e da variação do produto interno bruto para a variação do índice de acessibilidade.⁸¹ Iniciaremos a discussão a partir da Figura 30, que apresenta a variação percentual do índice de acessibilidade locacional e a contribuição do tempo de deslocamento e da atividade nos cenários II e III para a variação deste indicador.

⁸¹ A contribuição do tempo de deslocamento em determinado cenário é a variação da acessibilidade no Cenário I, dividida pela variação da acessibilidade no cenário em questão. Nos gráficos apresentados, a contribuição da atividade é a diferença entre a unidade e o valor da contribuição do tempo de deslocamento. Desta forma, a contribuição da atividade representada nos mapas engloba não só a contribuição da atividade como também o efeito de interação entre as duas variáveis (PIB e tempo de deslocamento). Este efeito, no entanto, nunca excede 0,4% da contribuição total em qualquer das regiões analisadas e em qualquer cenário e indicador. Desta forma, para facilitar a exposição, incluímos o mesmo sobre o título de contribuição da atividade.

Figura 30 – Variação percentual e contribuição do tempo de deslocamento e da atividade para a variação do índice de acessibilidade locacional nos cenários II e III

A partir da análise dos mapas acima, percebemos que a variação percentual observada nas microrregiões baianas, em ambos os cenários, em muito se assemelha à apresentada para os municípios baianos no Capítulo 4. Destacam-se como beneficiários do aumento da acessibilidade as regiões que contém os municípios diretamente impactados pela construção de novas ligações rodoviárias, a saber: a microrregião de Salvador, com aumentos superiores a 2%, e as microrregiões de Catú e Santo Antônio de Jesus, com aumentos superiores a 0,1% em ambos os cenários. Todas as demais microrregiões do Estado apresentam aumentos inferiores a 0,1% em ambas as simulações. Ainda, da análise do mapa, percebemos que a contribuição da variação na distribuição espacial da atividade só é relevante para explicar as variações no índice de acessibilidade em microrregiões pouco impactadas pela redução das distâncias inter-regionais, notadamente as microrregiões localizadas no norte do estado. Em virtude das variações mais elevadas do PIB real no longo prazo, percebemos que a contribuição da atividade no longo prazo se amplia em todas as regiões, tornando-se relevante na explicação da variação na acessibilidade em microrregiões localizadas na região central e no oeste do estado.

Na Figura 31, observamos os resultados dos índices de acessibilidade potencial nos cenários II e III. Assim como no Capítulo 4, observamos grande semelhança entre a acessibilidade potencial nacional e o índice de acessibilidade locacional. Desta forma, as regiões localizadas

a sul e a sudoeste do empreendimento se beneficiam mais fortemente da introdução do Sistema Viário Oeste. Ainda, percebemos que o mesmo panorama de evolução da acessibilidade potencial regional e local apresentado para a regionalização municipal pode ser visualizado nos cenários II e III. Desta forma, na medida em que o parâmetro β é elevado, observamos a irradiação dos benefícios do aumento da acessibilidade em direção às regiões localizadas no Sul, Centro-Sul e Extremo Oeste do Estado da Bahia. Assim como no Capítulo 4, este resultado está associado a dois fatores. Primeiro, a maior penalização da distância aumenta a importância do mercado de Salvador na determinação da acessibilidade na Bahia. Segundo, a maior inclinação da função de impedância, decorrente da utilização de um parâmetro β mais elevado, torna a acessibilidade mais sensível a alterações no tempo de deslocamento.

Em relação à contribuição do tempo de deslocamento e da distribuição da atividade para a variação dos índices de acessibilidade, duas observações devem ser feitas. Primeiro, para cada índice de acessibilidade analisado, a participação do componente da atividade é maior no longo prazo do que no curto prazo, tendo em vista que a expansão da atividade é maior no longo prazo. Segundo, na medida em que aumentamos a penalização da distância, observamos uma redução na contribuição do componente atividade na determinação da acessibilidade na maior parte das microrregiões. Este resultado está em grande parte associado à magnitude da variação nos distintos índices de acessibilidade potencial para diferentes níveis de penalização da distância. Conforme exposto, a elevação do parâmetro β contribui para que o índice de acessibilidade se torne mais sensíveis a alterações no tempo de deslocamento. Como não observamos o mesmo efeito quando variamos a massa de oportunidade, a maior penalização da distância concorre para que o componente tempo de deslocamento aumente a sua contribuição na variação do índice de acessibilidade.⁸²

⁸² Este resultado, no entanto, não é geral, pois o aumento da sensibilidade do índice em relação a alterações no tempo de deslocamento não é a única modificação introduzida pelo aumento do parâmetro β . Na medida em que aumentamos a penalização da distância, a massa de oportunidade localizada em regiões próximas a região de análise ganha maior relevância na determinação do índice de acessibilidade daquela região. Assim, caso observássemos um aumento na atividade em regiões próximas a região em análise, observaríamos um aumento maior no índice acessibilidade quanto maior fosse a penalização da distância.

Figura 31 – Variação percentual e contribuição do tempo de deslocamento e da atividade para a variação dos índices de acessibilidade potencial nos cenários II e III

6.2.3. Variação na desigualdade da distribuição de acessibilidade

A Tabela 9 apresenta a variação percentual em relação ao ano-base dos índices de desigualdade nos cenários I, II e III para as microrregiões da Bahia. Em uma comparação aos resultados observados no Capítulo 4 podemos destacar que, em via de regra, as variações percentuais na desigualdade apresentadas nesta seção são muito mais intensas que as expostas no Capítulo 4. Este fato se deve ao menor número de regiões existentes na análise do presente Capítulo. Neste contexto, uma variação expressiva em poucas regiões pode afetar de forma intensa o índice em questão, já que na configuração espacial utilizada no presente capítulo uma região tem uma participação expressiva no total da população. A comparação entre os distintos cenários analisados, no entanto, inspira pouca discussão. Observamos apenas que os índices de desigualdade apresentam pouca variação em virtude das alterações no PRB e desta forma, no caso específico do SVO, a variação da distribuição espacial da atividade parece ser pouco relevante para o estudo da desigualdade na distribuição da acessibilidade.

Tabela 11 - Variação percentual dos índices de desigualdade dos índices de acessibilidade das regiões do Estado da Bahia

Índices de Desigualdade	Índices de Acessibilidade			
	Potencial Nacional	Potencial Regional	Potencial Local	Potencial Locacional
Cenário I				
Coefficiente de Variação	-0,09	2,66	-0,75	-0,09
Theil	-0,11	5,48	-0,49	-0,25
Gini	-0,04	3,24	-0,10	-0,12
Atkinson	-0,07	5,52	-0,01	-0,29
Cenário II				
Coefficiente de Variação	-0,09	2,66	-0,73	-0,09
Theil	-0,12	5,49	-0,45	-0,26
Gini	-0,05	3,24	-0,08	-0,12
Atkinson	-0,09	5,53	0,03	-0,29
Cenário III				
Coefficiente de Variação	-0,11	2,65	-0,70	-0,10
Theil	-0,15	5,48	-0,40	-0,26
Gini	-0,07	3,24	-0,06	-0,12
Atkinson	-0,12	5,52	0,08	-0,30

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os custos de transporte são um importante elemento na determinação das vantagens locais de uma região. Eles definem as possibilidades de interação que agentes domiciliados em uma região têm com os demais agentes do sistema econômico e, assim, são um importante elemento na determinação da competitividade das firmas, do bem-estar dos agentes e do nível de eficiência global da economia. Como consequência, alterações nos custos inter-regionais de deslocamento decorrentes da construção de novas estruturas viárias modificam o panorama das vantagens competitivas, podendo influenciar, positivamente ou negativamente, o desempenho das distintas regiões do sistema econômico. Além dos possíveis impactos sobre o desempenho econômico, é válido destacar que a construção de novas estruturas demanda o emprego de amplos recursos por parte agente inversor e um longo período de construção e maturação do investimento. Desta forma, equívocos na escolha dos projetos no setor de transporte podem gerar, além de impactos indesejados sobre o desempenho econômico, gastos elevados com a construção e manutenção de estruturas subutilizadas. Assim, a análise *ex-ante* dos impactos de alterações na rede de transportes é de primordial importância para o processo de tomada de decisão acerca da implantação de novas estruturas.

Tendo em vista a importância da análise *ex-ante* dos impactos, selecionamos como objeto de estudo o Sistema Viário Oeste, importante projeto para o sistema de transporte do Estado da Bahia que possui cronograma de implantação provisório definido para o futuro próximo (2015-2019). O projeto analisado se constitui como uma nova saída a oeste da capital baiana, conectando Salvador às principais rodovias do estado e reduzindo o custo de deslocamento entre esta e as regiões localizadas no Sul, Centro-Sul e Extremo Oeste da Bahia. Conforme discutido, além dos impactos sobre as regiões do estado, o SVO reduzirá a distância entre a capital e o Sudeste e Centro-Oeste brasileiro, contribuindo para a integração da região com o restante do país.

Tendo por fim avaliar os impactos do Sistema Viário Oeste sobre as distintas regiões do território nacional, selecionamos duas abordagens metodológicas distintas e amplamente utilizadas na literatura: o cálculo de índices de acessibilidade e a modelagem de equilíbrio geral computável. A primeira abordagem possibilitou o estudo das oportunidades de interação

proporcionadas pela rede de transportes aos agentes das distintas regiões do território nacional. Além disto, através de um exercício de estática comparativa, foi possível empreender o estudo dos impactos do SVO sobre a distribuição espacial da acessibilidade e sobre a desigualdade na distribuição desta. Ambos os estudos se justificam, pois encontramos na literatura especializada, evidências empíricas de que a acessibilidade é um importante elemento na determinação das vantagens locacionais, tendo em vista que a mesma impacta positivamente a produtividade das firmas e dos trabalhadores, o nível de emprego regional e o desempenho macroeconômico. Em um segundo momento, utilizamos a modelagem de equilíbrio geral computável com o objetivo de avaliar os impactos do Sistema Viário Oeste sobre o desempenho econômico regional, proporcionando a identificação das regiões beneficiadas e prejudicadas pelo empreendimento no tocante a atividade. Ainda, combinando as abordagens apresentadas, foi possível estudar o impacto da variação da atividade sobre os índices de acessibilidade, análise executada com pouca frequência em estudos desta natureza.

A partir do cálculo dos índices de acessibilidade, observamos que a acessibilidade no Brasil apresenta um padrão espacial concêntrico. Nesta perspectiva, os índices de acessibilidade indicam a existência de um núcleo de maior acessibilidade localizado na Região Sudeste do Brasil e um decaimento da acessibilidade na medida em que nos afastamos desta região. Esta atinge seus menores valores na Região Norte e na parte setentrional da Região Nordeste. A análise dos impactos do SVO sobre a acessibilidade evidencia, por sua vez, que as variações nos índices de acessibilidade se concentram na Bahia. Dentro do estado, os municípios mais fortemente impactados são os localizados nas mesorregiões do Sul e Centro-Sul Baiano. Já a análise da desigualdade na distribuição de acessibilidade evidencia que a construção do Sistema Viário Oeste reduz a desigualdade nos índices potenciais regional e local, não impacta a desigualdade no caso do índice potencial nacional, e aumenta a desigualdade no índice locacional. Já para o Estado da Bahia, observamos o aumento da desigualdade em quase todos os indicadores. A única exceção é o índice locacional, que apresenta estabilidade.

Os resultados obtidos através da simulação do Sistema Viário Oeste no modelo B-MARIA-BA evidenciam que as variações nos produtos regionais brutos decorrentes da operação do SVO se concentram no Estado da Bahia. Além disso, a flexibilização da mobilidade inter-regional e intersetorial dos fatores primários, introduzida no fechamento de longo prazo, ao mesmo tempo em que amplia os impactos sobre a atividade na Bahia e no Brasil, amplia também a desigualdade na variação da atividade, favorecendo as microrregiões baianas. Neste

contexto, observamos uma expansão mais intensa e mais concentrada do produto regional bruto nas microrregiões baianas no longo prazo. Ainda, analisando os resultados observados para as microrregiões do estado no curto prazo, constatamos que as variações na atividade são mais intensas nas regiões Sul e Centro-Sul do estado e na Mesorregião Metropolitana de Salvador. Já as microrregiões do norte e nordeste do estado apresentam as menores expansões ou até reduções do produto interno bruto. Este resultado se repete, em larga medida, no longo prazo. As variações na atividade são, no entanto, muito mais intensas, em virtude da maior mobilidade dos fatores primários. No contexto das simulações, realizamos também a análise da produtividade marginal do investimento e constatamos que o aumento no produto descontado é superior ao investimento descontado em todos os casos analisados. Ao longo desta análise, identificamos também que o Sistema Viário Oeste apresenta efeitos relevantes de *spillover*, tendo em vista que uma parcela substantiva dos benefícios em produto gerados pelo projeto escapa as fronteiras estaduais.

Os impactos estimados do Sistema Viário Oeste sobre a atividade foram então utilizados para reestimar os índices de acessibilidade. Observamos, no caso da simulação analisada para o cenário nacional, que a variação da atividade impacta mais intensamente a média dos índices de acessibilidade potencial nacional e regional, seguidos pelos índices potencial local e locacional. De forma geral, observamos que a variação do tempo é preponderante na explicação da variação da média nacional, contribuindo com, ao menos, 85% da variação da média, independentemente do índice considerado. A partir da análise dos resultados regionais, constatamos que a contribuição da variação da atividade para o índice de acessibilidade é relevante para explicar a variação da acessibilidade em regiões que são pouco afetadas pela redução do tempo de deslocamento, mais notadamente as localizadas no norte do Estado da Bahia. Por fim, não observamos alterações significativas no estudo dos impactos sobre a desigualdade em virtude das variações nos produtos internos brutos.

Através da análise desenvolvida, acreditamos que o estudo consegue avaliar de forma satisfatória os impactos do Sistema Viário Oeste sobre a distribuição espacial da acessibilidade e sobre variáveis econômicas relevantes ao processo de tomada de decisão. É válido destacar, no entanto, que uma grande intervenção rodoviária, tal como o Sistema Viário Oeste, apresenta impactos que escapam a natureza econômica e que necessitam ser estudados. Uma análise abrangente dos impactos do projeto demandaria trabalhos em diversas áreas do conhecimento científico, voltados a identificar os impactos do SVO sobre

uma ampla gama de variáveis. Desta forma, reconhecemos que o presente estudo não se configura em uma avaliação completa do projeto em questão. Apesar disto, acreditamos que o trabalho realizado é uma contribuição válida e positiva para a discussão acerca de um importante projeto para o Estado da Bahia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Eduardo Simões de. **Um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial para planejamento e análise de políticas de transporte**. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Departamento de Economia, Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

ATKINSON, Anthony. *On the measure of inequality*. **Journal of Economic Theory**. [S.l.], v.2, p. 244-263, 1970.

Bahia. Secretaria de Planejamento do Estado da Bahia. **Convite de Manifestação de Interesse para a realização de Estudos Preliminares de Viabilidade Técnica, Ambiental, Econômico-Financeira e Jurídica para a estruturação de projeto de construção e concessão do Sistema Viário Oeste**. Salvador, 2010.

BERECHMAN, Joseph; PAASWELL, Robert. *Accessibility improvements and local employment: an empirical analysis*. **Journal of Transportation and Statistics**. [S.l.], v.4, n.2, p.49-66, set. 2001.

MARTIN-BARROSO, David. *The effect on firms' productivity: the Spanish manufacturing sector [working paper]*. Munich, 2013. Disponível em: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/45842/>. Acesso em: 25/07/2013.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Plano Nacional de Logística e Transporte**. Brasília, 2010.

BRÖCKER, Johannes; SCHNEEKLOTH, Nils. *European transport policy and cohesion: an assessment by CGE analysis*. ESRA Conference. 45, 2005. Amsterdam, ESRA, 2005.

BRÖCKER, Johannes. *Spatial effects of transeuropean network: preliminary results from a spatial equilibrium analyses [Working Paper]*. Dresden. 1998. Disponível em: <http://www.econstor.eu/bitstream/10419/48514/1/253525446.pdf>. Acesso em: 13/04/2013.

_____. *Spatial effects European Transport Policy: a CGE approach*. In: Hewings, Geoffrey et al (Eds). **Trade, networks and hierarchies: modeling regional and inter-regional economies**. Berlin: Springer, 2002.

BRÖCKER, Johannes et al. *Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects*. **Transportation Research Part B**. [S.l.], v.44, p. 795-811, 2010.

CASTRO, Newton de. **Custos de Transporte e a Estrutura Espacial do Comércio Interestadual Brasileiro [Working Paper]**. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <http://www.memoria.nemesis.org.br/index.php/ppe/article/viewFile/181/116>. Acesso em: 15/10/2013.

CESAR, Ramon Victor. **Geografia da Acessibilidade Rodoviária em Minas-Gerais: Avaliação de impactos espaciais do “PROACESSO”**. Belo Horizonte, 2010. Tese (Doutorado

em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial, Pontifícia Universidade Católica de Minas-Gerais.

CEVERO, Robert. *Accessible Cities and Regions: A framework for sustainable transport and urbanism in the 21st century*. Berkeley, CA, 2005. Disponível em: www.its.berkeley.edu/publications/UCB/2005/VWP/UCB-ITS-VWP-2005-3.pdf Acesso em: 15/08/2013.

CHANDRA, Shailesh; VADALI, Sharada. *Evaluating accessibility impacts of the proposed America 2050 high-speed rail corridor for the Appalachian Region*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.], v. 37, p. 28-46, 2014.

COWELL, **Frank**. *Measuring Inequality*. Oxford: Oxford University Press, 2011.

DIXON, Peter *et al.* **ORANI: a multisectoral model of the Australian economy**. Amsterdã: North-Holland, 1982.

DE BOK, Michiel; SANDERS, Frank. *Firm Relocation and Accessibility of Locations: empirical results from the Netherlands*. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**. [S.l.] v. 1902, p. 35-43, Nov. 2005.

DOMINGUES, Edson Paulo. **Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas**. São Paulo, 2002. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Departamento de Economia, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

DOMINGUES, Edson Paulo *et al.* *Reduction of Regional Inequality in Brazil: The Impacts of Investments in Road Transportation* In: Regional Science Association International World Conference, 8. 2008. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2008. CD-ROM.

FARIA, Weslem Rodrigues. **Modelagem e avaliação de políticas de fenômenos relacionados ao uso da terra no Brasil**. São Paulo, 2012. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Departamento de Economia, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

FARIA, Weslem Rodrigues; HADDAD, Eduardo Amaral. Estimacão das elasticidades de substituição do comércio regional do Brasil. **Nova Economia**. Belo Horizonte, v.24, n. 1, p. 141-168, 2014.

GEURS, Karst; VAN ECK, Jan Ritsema. *Accessibility Measures: Review and applications*. Bilthoven: National Institute for Health and the Environment, 2001.

GEURS, Karst; VAN WEE, Bert. *Accessibility Evaluation of Land-use and Transport Strategies: Review and research directions*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.], v.12, p. 127-140, 2004.

GUILHOTO, Joaquim José Martins. **Um modelo computável de equilíbrio geral para o planejamento de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira**. São Paulo, 1995. Tese (Livres-Docência) – ESALQ: Universidade de São Paulo.

GUTIÉRREZ, Javier. *Location, Economic Potential and Daily Accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high speed line Madrid-Barcelona-French border*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.] v.9, p. 229-242, 2001.

GUTIÉRREZ, Javier *et al.* *Accessibility, Network Efficiency and Transport Infrastructure*. **Environment and Planning A**. [S.l.], v.30, p. 1337-1350, 1998.

GRIMALDI, Daniel da Silva. **Padrão de sofisticação e exportador e crescimento na economia brasileira: uma abordagem em equilíbrio geral computável**. São Paulo, 2011. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-graduação em Economia, Departamento de Economia, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

GRUBESIC, Tony; ZOOK, Mathew. *A ticket to ride: evolving landscapes of air accessibility in the United States*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.], v. 15, p. 417-430, 2007.

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

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

HADDAD, Eduardo Amaral. *Trade and Interdependence in Lebanon: An interregional input-output perspective*. **Journal of Development and Economic Policies**. [S.l.], v. 16, n. 1, p. 5-55, 2014.

HADDAD, Eduardo Amaral e HEWINGS, Geoffrey. *Market imperfections in a spatial economy: some experimental results*. **The Quarterly Review of Economics and Finance**. [S.l.], v. 45, p.476-496, 2005.

HADDAD, Eduardo Amaral; MARQUES, Maria Carolina Correia. ***Technical note on the construction of the interregional input-output system for the concession areas of ANEEL*** [Working Paper]. São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TD_Nereus_05_2012.pdf. Acesso em: 18/06/2014.

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

_____. *Regional effects of port infrastructure: a spatial CGE application to Brazil*. **International Regional Science Review**. [S. l.], v. 33, p. 239-263, 2010.

_____. *Assessing the ex ante economic impacts of transportation infrastructure policy in Brazil*. **Journal of Development Effectiveness**, v. 3, n. 1, p. 44-61, mar. 2011.

_____. ***Interregional input-output system for Ecuador, 2007: Methodology and Results*** [Working Paper]. São Paulo, 2011. Disponível em: http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TDNereus_03_11.pdf. Acesso em: 18/06/2014.

HADDAD, Eduardo Amaral. *The Underground Economy: Tracking the wider impacts of the São Paulo subway system [Working Paper]*. São Paulo, SP. 2013. Disponível em: <http://www.usp.br/nereus/?txtdiscussao=the-underground-economy-tracking-the-wider-impacts-of-the-sao-paulo-subway-system> Acesso em: 15/08/2013.

HANSEN, Walter. *How accessibility shapes land use*. **Journal of the American Institute of Planners**. [S.l.], v.25, n.2, p. 73-76, 1959.

HEUVEL, Frank van den *et al.* *Relationship between freight accessibility and logistics employment in US counties*. **Transportation Research Part A**. [S.l.], v. 59, p. 91-105, 2014.

HOLL, Adelheid. *Transport Infrastructure, Agglomeration Economies and Firm Birth: empirical evidence from Portugal*. **Journal of Regional Science**. Oxford, v. 44, n. 4, p. 693-712, 2004a.

HOLL, Adelheid. *Manufacturing Location and the impacts of road transport infrastructure: empirical evidence from Spain*. **Regional Science and Urban Economics**. [S. l.], v.34, p. 341-363, 2004b.

HOLL, Adelheid. *Twenty Years of Accessibility Improvements. The Case of The Spanish Motorway Building*. **Journal of Transport Geography**, [S.l.], v.15, p. 286-297, 2007.

HOU, Quan; LI, Si-ming. *Transport Infrastructure Development and Changing Spatial Accessibility in the Great Pearl River Delta, China, 1990-2020*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.], v. 19, p. 1350-1360, 2011.

JOHANSEN, Leif. *A multi-sectoral Study of economic growth*. 2 ed. North Holland: American Elsevier, 1960.

JONES, S. R. *Accessibility measures: a literature review*. In: **Transport and Road Research Laboratory Report 967**, Berkshire, Crowthorne: 1981.

KIM, Euijune *et al.* *An Application of an Integrated Transport Network-Multiregional CGE Model: a Framework for the Economic Analysis of Highway Projects*. **Economic Systems Research**. [S.l.], v.16, n.3, p. 235-258, 2004.

KOOPMANS, Carl *et al.* *An accessibility approach to railways and municipal population*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.], v.25, p.98-104, 2012.

LI, Si-ming; SHUM, Yi-man. *Impacts of the National Trunk Highway System on Accessibility in China*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.], v.9 ,p. 39-48, 2001.

LÓPEZ-SUAREZ, Elena. *Assessment of transport infrastructure plans: a strategic approach integrating efficiency, cohesion and environmental aspects*. Madrid, 2007. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Ingeniería Civil: Transportes, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid.

LÓPEZ-SUAREZ, Elena *et al.* *Measuring regional cohesion effects of large-scale transport infrastructure investments: an accessibility approach*. In: **European Planning Studies**, v.16, n.2, p.277-301, 2008.

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de *et al.* *Durabilidade e Vida Útil de Estruturas de Concreto*. IV: ISAIA, Geraldo Chechela (Org). **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011.

MILLER, Harvey. *Measuring Space-Time Accessibility Benefits within Transportation Networks: Basic Theory and Computational Procedures*. **Geographical Analysis**. [S.l.], v. 32, n.2, p.187-212, apr.1999.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas e Secretaria de Estado de Planejamento de Gestão. **Plano Estratégico de Logística de Transporte**. Belo Horizonte, 2007.

MCCANN, Phillip; SHAFER, Daniel. *Location, Agglomeration and Infrastructure*. **Papers in Regional Science**. [S. l.], v. 83, n.1, p. 177-196, jan. 2004.

OLSSON, Jerry. *Improved road accessibility and indirect development effects: evidence from rural Philippines*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.], v.17, p. 476-483, 2009.

OOSTERHAVEN, Jan; KNAPP, Thijs. *Spatial economic impacts of transport infrastructure investments*. In: PEARMAN, Alan (eds). **Transport projects, programmes and policies: evaluation needs and capabilities**. Aldershot: Ashgate, 2003.

OZBAY, Kaan *et al.* *Modeling and analysis of the link between accessibility and employment growth*. **Journal of Transportation Engineering**. [S.l.], v. 132, n. 5, p. 385-393, mai. 2006.

PAEZ, Antonio. *Network Accessibility and the Spatial Distribution of Economic Activity in Eastern Asia*. **Urban Studies**. [S.l.], v.41, n. 11, p. 2211 - 2230, oct. 2004.

PARÁ. Secretaria de Estado de Transportes. **Plano Estratégico de Logística de Transporte**. Belém, 2010.

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

PARDO, Ángel Alañón; ARAUZO-CAROD, Josep-Marie. *Agglomeration, Acessibility and Industrial Location: evidence from Spain*. **Entrepreneurship and Regional Development**. [S.l.], v.25, n.3, p. 135-173, aug. 2012.

RIBEIRO, Anabela *et al.* *Road Accessibility and Cohesion in Lagging Regions: Empirical evidence from Portugal based in spatial econometric models*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.], v. 18, p. 125-132, 2010.

RIBEIRO, Anabela; SILVA, Jorge. *A Spatial analysis on the relation between accessibility and spatial development for Cross-border*. **Investigaciones Regionales**, [S.l.], v. 21, p. 143-158, 2011.

RIETVELD, Piet; VICKERMAN, Roger. *Transport in Regional Science: The “death of distance” is premature*. **Papers in Regional Science**. [S. l.], v. 83, n.1, p. 229-248, jan. 2004.

SAMUELSON, Paul. *The Transfer problem and transport costs, II: analysis of effects of trade impediments*. **The Economic Journal**. [S. l.], v. 64, n.254, p. 264-189, jun. 1954.

SANTOS, Gervásio Ferreira dos. **Política Energética e desigualdades regionais na economia brasileira**. São Paulo, 2010. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Departamento de Economia, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

SCHÜRMANN, Carsten *et al.* *Summary of "Accessibility indicators: model and report"*. IN: SCHÜRMANN, Carsten *et al.* **Socio-Economic and Spatial Impacts of Trans-European Transport Networks - SASI**. Dortmund: IRPUD - University of Dortmund, 1997.

SCHÜRMANN, Carsten, TAALAT, Ahmed. **Towards an European Peripherality Index**. Dortmund: IRPUD – University of Dortmund, 2000.

SILVA, Jorge. *Accessibility and Development in Peripheral Regions: The Case for Beira Interior*. ESRA Conference. 46, 2006. Viena, ESRA, 2006.

SPIEKERMANN; Klaus e WEGENER, Micheal. *Accessibility and Spatial Development in Europe*. **Scienze Regionali**. [S.l.], v.5, n.2, 2006.

WANG, Jiaoe *et al.* *Spatiotemporal evolution of China's railway network in the 20th century: an accessibility approach*. **Transportation Research Part A**. [S.l.], v 43, p. 765-778, 2009.

WEBER, Joe. *The evolving Interstate Highway System and the changing geography of the United States*. **Journal of Transport Geography**. [S.l.], v. 25, p. 70-86, 2012.

WEGENER, Michael. **Criteria for Spatial Differentiation of the EU Territory: Geographical position**. Bonn: Federal Office for Building and Regional Planning, 2001.

YAMAGUCHI, Katsuhiko. *Inter-regional air transport accessibility and macro-economic performance in Japan*. **Transportation Research Part E**. [S.l.], v. 43, p. 247-258, 2007.

APÊNDICE A. Estrutura do banco de dados do Modelo B-MARIA-BA

No que segue, apresentamos a estrutura do banco de dados necessário à calibragem do Modelo B-MARIA-BA. O banco de dados completo está disponível no CD-ROM que acompanha esta dissertação e encontra-se dividido em quatro arquivos distintos: BASE.har, PDATAcenso2010.har, Terminal.har e regsets.har. O primeiro arquivo apresenta as relações de insumo-produto e os parâmetros comportamentais do Modelo B-MARIA-BA, expostos neste apêndice no Quadro A.1 e na Tabela A.1. O segundo arquivo apresenta os dados de população regional, expostos na Tabela A.2. O terceiro arquivo apresenta variáveis que podem ser utilizadas para alterar o modelo visando à realização de estudos de previsão. Ainda, como estas variáveis não apresentam significado próprio, não as discutiremos, nos limitando a afirmar que o modelo é utilizado para análise de estática comparativa. O quarto arquivo, por sua vez, apresenta os conjuntos definidos no modelo. Apresentaremos estes como subsídio à análise dos demais arquivos de dados.⁸³

Conforme exposto, o Quadro A.1 representa as relações inter-regionais de insumo-produto referentes ao ano de 2007 e as matrizes auxiliares utilizadas na calibragem do modelo. Na apresentação destas, representamos as dimensões (Dim) através de conjuntos constituídos a partir dos elementos modelados e apresentados no texto. Nesta perspectiva, definimos: no conjunto S, os oito setores produtivos, no conjunto C, os oito produtos, no conjunto R, as 59 regiões modeladas, no conjunto D, as 58 regiões domésticas e no conjunto M, os dois bens-margem.⁸⁴

⁸³ Vale destacar que os dados utilizados para a calibragem do Modelo B-MARIA-BA não foram, em sua ampla maioria, produzidos ou coletados pelo autor. Os dados apresentados esquematicamente no Quadro A.1 refletem os esforços de pesquisa de outros pesquisadores e a metodologia utilizada para gerá-los é descrita e aplicada em diversos trabalhos (HADDAD et al., 2011, HADDAD e MARQUES, 2012; FARIA E HADDAD, 2014; HADDAD, 2014). Em semelhança aos dados de insumo-produto, os parâmetros comportamentais não foram, em sua maioria, produzidos ou calculados pelo autor. Estes têm como principais fontes trabalhos empíricos e modelos da família B-MARIA desenvolvidos anteriormente ao B-MARIA-BA. As principais contribuições do autor no tocante ao banco de dados foram: o balanceamento das margens de transportes (realizado de acordo com procedimento transcrito no Anexo I), a atualização dos dados referentes à população regional (apresentada na Tabela B.2) e a atualização das elasticidades de substituição do comércio inter-regional (apresentada no Apêndice C) e internacional (baseada em Haddad, 2004).

⁸⁴ A dimensão da primeira linha do Quadro A.1 é o conjunto C para as matrizes BAS4 e BAS7 e os conjuntos CxR para as demais matrizes.

Quadro A.1 – Dados de insumo-produto e matriz de estoque de capital para o ano de 2007

		Produção	Investi- mento	Consumo das famílias	Exportação	Consumo do Gov. Regional	Consumo do Gov. Federal	Variação nos Estoques
	Dim	SxD	SxD	D	D	D	D	D
Produtos	C _x (R ou Ø)	BAS1	BAS2	BAS3	BAS4	BAS5	BAS6	BAS7
Margens	C _x R _x M	MAR1	MAR2	MAR3	MAR4	MAR5	MAR6	
Impostos	C _x R	TAX1	TAX2	TAX3	TAX4	TAX5	TAX6	
Remuneração do trabalho	1	LABR						
Remuneração do capital	1	CAPT						
Outros custos de produção	1	OCT						

		Produção Setorial	Tarifas de Importação		Estoque de Capital
	Dim	SxD	D	Dim	D
Produtos	C	MAKE	TARIFF	S	VALK

Matriz	Descrição
BAS1	Consumo intermediário a preços básicos
BAS2	Demanda de bens para a formação bruta de capital fixo a preços básicos
BAS3	Consumo das famílias a preços básicos
BAS4	Exportações de bens e serviços (F.O.B)
BAS5	Consumo dos governos regionais a preços básicos
BAS6	Consumo do Governo Federal a preços básicos
BAS7	Variação nos Estoques
MAR1	Margens de transporte e comércio sobre o consumo intermediário
MAR2	Margens de transporte e comércio sobre a formação bruta de capital fixo
MAR3	Margens de transporte e comércio sobre o consumo das famílias
MAR4	Margens de transporte e comércio sobre as exportações
MAR5	Margens de transporte e comércio sobre o consumo dos governos regionais
MAR6	Margens de transporte e comércio sobre o consumo Governo Federal
TAX1	Impostos indiretos sobre o consumo intermediário
TAX2	Impostos indiretos sobre a formação bruta de capital fixo
TAX3	Impostos indiretos sobre a demanda das famílias
TAX4	Impostos indiretos sobre as exportações
TAX5	Impostos indiretos sobre o consumo dos governos regionais
TAX6	Impostos indiretos sobre o consumo do Governo Federal
LABR	Pagamentos ao fator trabalho
CAPT	Pagamentos ao fator capital

(Continuação)	
Matriz	Descrição
OCT	Outros custos de produção
MAKE	Matriz de produção
TARIFF	Tarifas de importação
VALK	Valor dos estoques de capitais

A Tabela A.1, por sua vez, apresenta os parâmetros comportamentais que compõem o banco de dados do modelo B-MARIA-BA. De grande importância à simulação empreendida no presente estudo, as elasticidades de substituição no comércio inter-regional foram calculadas com base nas estimativas econométricas apresentadas por Faria e Haddad (2014). O procedimento utilizado neste cálculo é apresentado em detalhes no Apêndice C. Já as elasticidades de substituição do comércio internacional empregadas no presente trabalho foram adaptadas de Haddad (2004). Ainda, em ambos os casos, por falta de informação adicional, não foi feita diferenciação por usuário, sendo, portanto utilizado valores idênticos para as elasticidades dos produtores, investidores e consumidores. Vale destacar ainda, que o valor unitário foi atribuído aos parâmetros utilizados para a modelagem de retornos crescente dos fatores primários (terra, capital, trabalho e conjunto dos fatores primário) de sorte a modelar retornos constantes a escala em todos os fatores produtivos.⁸⁵ Analogamente, com objetivo de não se modelar economias de escala nos transportes foi atribuído valor unitário ao parâmetro THETA. Ainda, o gasto marginal por produto em face ao aumento no consumo (Delta) é equivalente à participação do bem na estrutura de consumo nacional. Os demais parâmetros seguem, com adaptações, os valores adotados por Haddad (2004) e Grimaldi (2011).

⁸⁵ O fator primário terra não é modelado no presente trabalho, apesar de o código do modelo apresentar esta possibilidade. Desta forma, há a necessidade de se introduzir valores para o parâmetro MRN, mesmo este não influenciando o resultado da simulação. Ainda, os parâmetros IL e IL2, em virtude de suposições adotadas no fechamento do modelo, não possuem qualquer impacto sobre os resultados das simulações. Situação análoga é a do parâmetro SIGMA1LAB, que foi incluído na base *pro forma*, tendo em vista que o banco de dados não reconhece tipos distintos de mão de obras.

Tabela A.1 – Parâmetros Comportamentais do Modelo B-MARIA-BA

Parâmetros	Dimensão	Descrição
SIGMA1C	C	Elasticidade de substituição no comércio inter-regional (produtores)
SIGMA2C	C	Elasticidade de substituição no comércio inter-regional (investidores)
SIGMA3C	C	Elasticidade de substituição no comércio inter-regional (consumidores)
SIGMA1O	C	Elasticidade de substituição no comércio internacional (produtores)
SIGMA2O	C	Elasticidade de substituição no comércio internacional (investidores)
SIGMA3O	C	Elasticidade de substituição no comércio internacional (consumidores)
EXP_ELAST	C	Elasticidade da demanda por exportações
FRISCH	D	Parâmetro de Frisch
QCOEF	SXD	Razão da taxa bruta e líquida de retorno
SIGMA1FAC	SXD	Elasticidade de substituição entre os fatores primários
DELTA	CXD	Gasto marginal por produto em face ao aumento do consumo
BETA_R	SXD	Taxa de retorno sobre o capital
SIGMA1OUT	SXD	Elasticidade de substituição entre bens produzidos
SIGMA1LAB	SXD	Elasticidade de substituição entre tipos de mão de obra
MRL	SXD	Parâmetro utilizado na modelagem dos retornos crescentes do trabalho
MRK	SXD	Parâmetro utilizado na modelagem dos retornos crescentes do capital
MRN	SXD	Parâmetro utilizado na modelagem dos retornos crescentes da terra
MRP	SXD	Parâmetro utilizado na modelagem dos retornos crescentes do conjunto dos fatores primários
THETA	CXRXD	Parâmetro utilizado para modelar economias de escala no transporte
IL	SXD	Elasticidade da demanda por trabalho em face de alterações na taxa de juros
IL2	SXD	Elasticidade da demanda por capital em face de alterações na taxa de juros
DEP	SXD	Taxa de depreciação

Os dados apresentados na Tabela A.2 têm como fonte o Censo 2010 (IBGE, 2012). Os dados referentes à população regional e a população regional economicamente ativa (PEA) refletem o total da população e a PEA aferida em cada região do modelo, respectivamente. Já a população em idade ativa segue a classificação vigente para o ano de 2007 e engloba o total da população com dez anos ou mais de idade. A população regional empregada, por sua vez, é o total de pessoas ocupadas na semana de referência da pesquisa.

Tabela A.2 – Base de dados de população regional

Variável	Dimensão	Descrição
RPOP	D	População regional
RWAP	D	População regional em idade ativa
RLBS	D	População regional economicamente ativa
REMP	D	População regional empregada

APÊNDICE B. MAPAS AUXILIÁRES

Figura B.1 – Principais rodovias baianas em fluxo diário de veículos pesados em 2007

Figura B.2 – Municípios localizados na proximidade do Sistema Viário Oeste

Figura B.3 – Microrregiões do Estado da Bahia

Figura B.4 – Mesorregiões do Estado da Bahia

APÊNDICE C. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE SISTÊMICA

Os resultados das simulações realizadas em modelos de equilíbrio geral computável são dependentes dos valores adotados para os parâmetros do modelo (ARNDT, 1996). Neste contexto, a análise de sensibilidade sistêmica pode ser utilizada para testar a robustez dos resultados da simulação em relação a estes. Conforme afirma Santos (2010), a incerteza acerca dos resultados das simulações deriva tanto da incerteza acerca dos valores adotados para os parâmetros quanto das restrições impostas pelas formas funcionais utilizadas. Assim, mesmo utilizando parâmetros comportamentais estimados econometricamente é prudente a realização da análise de sensibilidade. A técnica utilizada para a análise de sensibilidade compreende as variáveis exógenas ao modelo como variáveis probabilísticas e através de métodos de integração numérica soluciona as médias e os desvios-padrões das variáveis endógenas ao sistema.⁸⁶ Tendo por fim empreender a análise é necessário selecionar os parâmetros relevantes aos quais se deseja avaliar a robustez da simulação e um intervalo de variação relevante e distribuição probabilística (uniforme ou triangular) para os parâmetros de interesse. No que segue discutiremos as variáveis selecionadas para a análise de sensibilidade, a determinação dos intervalos de variação e os resultados da análise de sensibilidade.

Identificamos como conjunto de parâmetros-chave para os resultados da simulação as elasticidades de substituição inter-regional utilizadas na modelagem da produção de bens e unidades capitais e do consumo. Consideramos estes parâmetros-chave na análise, pois alterações nos custos de transporte, tal como as analisadas nas simulações desenvolvidas, modificam a atratividade da aquisição de bens de distintas origens. Em virtude do exposto, a sensibilidade do modelo em relação às alterações na origem regional dos bens que atendem a demanda de uma determinada região, representada pela elasticidade de substituição inter-regional, é de primordial importância para o resultado da simulação.

No presente trabalho, as elasticidades utilizadas foram computadas considerando as estimativas efetuadas em Faria e Haddad (2014). Este trabalho apresenta elasticidades e desvios-padrões estimados para os 110 produtos Sistema de Contas Nacionais do IBGE. A partir destes valores calculamos a elasticidade e os desvios-padrões para cada um dos bens do

⁸⁶ Ver Arndt (1996) e Domingues *et al* (2004) para uma apresentação da teoria aplicada à análise de sensibilidade.

modelo B-MARIA-BA. Com vistas a empreender esta estimativa, consideramos que a elasticidade estimada para cada um dos 110 produtos é uma variável aleatória que pode ou não ser correlacionada com as demais elasticidades estimadas. Nesta perspectiva, calculamos a elasticidade média ponderada para cada bem no modelo B-MARIA-BA a partir da correspondência exposta na Tabela 1.⁸⁷ Desta forma, geramos um novo conjunto de variáveis aleatórias que definem as elasticidades de cada bem do Modelo B-MARIA-BA. Ainda, cada elemento deste conjunto tem variância definida pela expressão abaixo:

$$Y_l = Var \left[\sum_{i=1}^n a_i X_i \right] = \sum_{i=1}^n a_i^2 Var[X_i] + 2 \sum_{i>j} a_i a_j Cov[X_i, X_j] \quad (B.1)$$

onde Y_l é a variância do bem l do modelo B-MARIA-BA, $Var[\cdot]$ é a variância do termo descrito, $Cov[\cdot, \cdot]$ é covariância entre os termos descritos, a_i e a_j são as participações de cada produto i e j do SCN de 110 produtos na composição do bem correspondente do modelo B-MARIA-BA e X_i e X_j são as variáveis aleatórias que representam as elasticidades dos produtos i e j no SCN.

Apesar de a fórmula acima representar a variância da elasticidade, necessária ao método aqui desenvolvido para o cálculo do intervalo de variação, não possuímos estimativas acerca da $Cov[X_i, X_j]$. No entanto, é possível calcular um limite superior para a covariância das variáveis apresentadas. Este é dado pela expressão abaixo:

$$Cov[X_i, X_j] \leq Var[X_i] * Var[X_j] \quad (B.2)$$

A partir da fórmula acima foi possível calcular o desvio-padrão máximo associado à elasticidade de cada bem do modelo B-MARIA-BA. Com a estimativa da elasticidade de cada produto e de seus desvios padrões, calculamos os intervalos para a análise de sensibilidade. Definimos para conjunto de elasticidades analisadas três intervalos de variação, o primeiro associado a dois desvios-padrões (Análise I), o segundo associado a quatro desvios-padrões (Análise II) e o terceiro associado a oito desvios-padrões (Análise III) para a elasticidade de cada um dos bens. A tabela abaixo apresenta as elasticidades, os desvios-padrão e os

⁸⁷ Tendo em vista empreender este cálculo, utilizamos como vetor de pesos a participação de cada bem na demanda final para no ano base.

intervalos de variação para cada um dos três casos discutidos para cada um dos bens apresentados.

Tabela C.1 – Elasticidade de substituição inter-regional e intervalos utilizados nas análises I, II, III

Bem	Limite Inferior - Análises			Elasticidade	Limite Superior - Análises		
	III	II	I		I	II	III
AGE	1,29	1,44	1,52	1,59	1,67	1,75	1,90
IND	1,57	1,66	1,70	1,75	1,79	1,84	1,92
SIUP	1,46	1,90	2,12	2,34	2,56	2,77	3,21
CNT	1,38	1,87	2,11	2,36	2,60	2,85	3,34
CME	1,42	1,89	2,13	2,36	2,60	2,84	3,31
TRP	2,06	2,12	2,16	2,19	2,23	2,26	2,33
SER	1,97	2,04	2,07	2,11	2,14	2,17	2,24
ADP	2,13	2,19	2,22	2,25	2,29	2,32	2,38

A partir da elasticidade e dos intervalos de variação acima apresentados, efetuamos a análise de sensibilidade sistêmica utilizando uma distribuição triangular, simétrica e independente para cada variável aleatória. Como resultado da análise, observamos, para cada variável endógena ao modelo, a média e o desvio padrão estimados em cada uma das análises estipuladas. Ainda, utilizando a Desigualdade de Chebyshev é possível gerar intervalos de confiança para as variáveis endógenas. Na análise empreendida no presente trabalho, calculamos intervalos de quatro desvios padrões que estão associados a uma confiança de 93,75%. Apresentamos nas Tabelas C.2 e C.3 os intervalos de confiança estimados para o produto regional bruto nas simulações de curto e longo prazo. Conforme destacado anteriormente, os resultados para as demais variáveis do modelo foram disponibilizados no CD-ROM que acompanha esta dissertação.

A análise geral das duas tabelas que seguem mostra que os resultados apresentados são robustos em face da elasticidade de substituição inter-regional, tendo em vista que, em linhas gerais, não há alteração relevante na interpretação dos resultados quando consideramos os resultados alternativos definidos pelos intervalos apresentados. Nesta análise, um critério objetivo que pode ser utilizado para avaliar a robustez dos resultados é observar se os limites que definem o intervalo de confiança para as variáveis endógenas apresentam sinais diferentes. No caso específico da variável discutida, isto significa dizer que, ao nível de significância adotado, não é possível afirmar se determinada região é beneficiada ou

prejudicada no tocante a seu produto regional bruto. Aplicando este critério às análises de sensibilidade efetuadas a partir da simulação de curto prazo, percebemos que em nenhuma das análises empreendidas há alteração do sinal dos limites superiores e inferiores para qualquer região analisada. Nesta perspectiva, é possível avaliar que os resultados da simulação de curto prazo são bastante robustos em face da elasticidade de substituição. Já a análise dos resultados de longo prazo evidencia que os estados do Acre, Amapá e São Paulo, sinalizados em negrito na tabela, apresentam sinais opostos para o limite superior e inferior em ao menos uma das análises empreendidas. No entanto, apesar destes casos isolados consideraremos que os resultados da simulação são robustos, tendo em vista que para a quase totalidade das regiões não observamos resultado semelhante.

Tabela C.2 – Resultados da análise de sensibilidade para o produto regional bruto na simulação de curto prazo

Região	Limites Inferiores - Análises			Valor Médio	Limites Superiores - Análises		
	III	II	I		I	II	III
Rondônia	0,0014	0,0015	0,0016	0,0016	0,0017	0,0017	0,0018
Acre	0,0018	0,0019	0,0019	0,0020	0,0020	0,0020	0,0021
Amazonas	0,0017	0,0018	0,0019	0,0020	0,0020	0,0021	0,0023
Roraima	0,0021	0,0022	0,0022	0,0022	0,0023	0,0023	0,0023
Pará	0,0018	0,0019	0,0019	0,0019	0,0020	0,0020	0,0020
Amapá	0,0016	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0018	0,0018
Tocantins	0,0043	0,0044	0,0044	0,0044	0,0045	0,0045	0,0045
Maranhão	0,0011	0,0011	0,0012	0,0012	0,0012	0,0013	0,0013
Piauí	0,0005	0,0006	0,0006	0,0006	0,0007	0,0007	0,0008
Ceará	0,0002	0,0003	0,0004	0,0004	0,0005	0,0005	0,0006
Rio Grande do Norte	0,0019	0,0021	0,0022	0,0022	0,0023	0,0024	0,0025
Paraíba	0,0016	0,0016	0,0017	0,0017	0,0017	0,0018	0,0018
Pernambuco	0,0009	0,0009	0,0010	0,0010	0,0011	0,0011	0,0012
Alagoas	0,0022	0,0023	0,0024	0,0025	0,0026	0,0027	0,0029
Sergipe	0,0032	0,0035	0,0036	0,0038	0,0039	0,0040	0,0043
Barreiras	0,0115	0,0117	0,0117	0,0118	0,0119	0,0119	0,0120
Cotegipe	0,0101	0,0102	0,0102	0,0102	0,0103	0,0103	0,0104
Sta. Maria da Vitória	0,0091	0,0092	0,0092	0,0092	0,0093	0,0093	0,0094
Juazeiro	0,0016	0,0017	0,0018	0,0019	0,0019	0,0020	0,0021
Paulo Afonso	0,0032	0,0034	0,0035	0,0036	0,0037	0,0038	0,0039
Barra	0,0048	0,0049	0,0050	0,0050	0,0050	0,0051	0,0052
Bom Jesus da Lapa	0,0099	0,0100	0,0100	0,0100	0,0101	0,0101	0,0102
Senhor do Bonfim	0,0021	0,0022	0,0023	0,0024	0,0024	0,0025	0,0027
Irecê	0,0028	0,0029	0,0030	0,0030	0,0031	0,0032	0,0033

Jacobina	0,0024	0,0026	0,0027	0,0028	0,0029	0,0030	0,0032
Itaberaba	0,0378	0,0381	0,0382	0,0384	0,0385	0,0387	0,0390
Feira de Santana	-0,0046	-0,0043	-0,0042	-0,0040	-0,0038	-0,0037	-0,0034
Jeremoabo	0,0044	0,0046	0,0048	0,0049	0,0050	0,0051	0,0054
Euclides da Cunha	0,0021	0,0023	0,0024	0,0025	0,0025	0,0026	0,0028
Ribeira do Pombal	0,0036	0,0038	0,0039	0,0041	0,0042	0,0043	0,0045
Serrinha	0,0033	0,0035	0,0036	0,0037	0,0039	0,0040	0,0042
Alagoinhas	-0,0111	-0,0106	-0,0103	-0,0100	-0,0097	-0,0094	-0,0089
Entre Rios	0,0015	0,0024	0,0029	0,0034	0,0039	0,0044	0,0053
Catú	0,0026	0,0032	0,0035	0,0038	0,0042	0,0045	0,0051
Santo Antônio	0,2211	0,2230	0,2242	0,2253	0,2265	0,2276	0,2296
Salvador	0,0932	0,0943	0,0950	0,0956	0,0963	0,0970	0,0981
Boquira	0,0148	0,0149	0,0150	0,0150	0,0150	0,0151	0,0152
Seabra	0,0179	0,0180	0,0180	0,0181	0,0182	0,0182	0,0184
Jequié	0,1012	0,1020	0,1025	0,1030	0,1035	0,1040	0,1047
Livramento do Brumado	0,0447	0,0450	0,0452	0,0454	0,0456	0,0457	0,0461
Guanambi	0,0280	0,0281	0,0282	0,0282	0,0283	0,0284	0,0285
Brumado	0,0521	0,0527	0,0530	0,0533	0,0537	0,0540	0,0545
Vitória da Conquista	0,0542	0,0545	0,0547	0,0549	0,0551	0,0553	0,0557
Itapetinga	0,0895	0,0903	0,0907	0,0912	0,0916	0,0920	0,0928
Valença	0,3461	0,3511	0,3541	0,3570	0,3600	0,3629	0,3679
Ilhéus	0,0905	0,0914	0,0919	0,0925	0,0930	0,0935	0,0944
Porto Seguro	0,0332	0,0333	0,0334	0,0335	0,0336	0,0337	0,0338
Minas Gerais	0,0066	0,0067	0,0067	0,0068	0,0068	0,0069	0,0069
Espírito Santo	0,0195	0,0196	0,0196	0,0197	0,0197	0,0197	0,0198
Rio de Janeiro	0,0035	0,0035	0,0035	0,0036	0,0036	0,0036	0,0037
São Paulo	0,0025	0,0026	0,0026	0,0027	0,0027	0,0027	0,0028
Paraná	0,0034	0,0034	0,0035	0,0035	0,0036	0,0036	0,0037
Santa Catarina	0,0033	0,0034	0,0034	0,0035	0,0035	0,0035	0,0036
Rio Grande do Sul	0,0021	0,0022	0,0022	0,0023	0,0023	0,0023	0,0024
Mato Grosso do Sul	0,0065	0,0066	0,0066	0,0067	0,0067	0,0067	0,0068
Mato Grosso	0,0035	0,0036	0,0037	0,0037	0,0038	0,0038	0,0039
Goiás	0,0033	0,0034	0,0034	0,0035	0,0035	0,0036	0,0036
Distrito Federal	0,0026	0,0026	0,0026	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027

Tabela C.3 – Resultados da análise de sensibilidade para o produto regional bruto na simulação de longo prazo

	Limites Inferiores - Análises			Valor Médio	Limites Superiores - Análises		
	III	II	I		I	II	III
Rondônia	-0,0043	-0,0037	-0,0033	-0,0030	-0,0027	-0,0023	-0,0017
Acre	-0,0022	-0,0016	-0,0013	-0,0010	-0,0006	-0,0003	0,0003
Amazonas	0,0000	0,0004	0,0007	0,0009	0,0012	0,0014	0,0019
Roraima	0,0034	0,0036	0,0038	0,0039	0,0041	0,0042	0,0044
Pará	-0,0097	-0,0091	-0,0089	-0,0086	-0,0083	-0,0080	-0,0075
Amapá	-0,0010	-0,0006	-0,0004	-0,0003	-0,0001	0,0001	0,0005
Tocantins	0,0144	0,0146	0,0147	0,0148	0,0149	0,0150	0,0152
Maranhão	0,0025	0,0028	0,0030	0,0032	0,0034	0,0036	0,0039
Piauí	0,0106	0,0111	0,0113	0,0115	0,0118	0,0120	0,0125
Ceará	0,0084	0,0088	0,0091	0,0094	0,0096	0,0099	0,0103
Rio Grande do Norte	0,0103	0,0117	0,0125	0,0133	0,0140	0,0148	0,0163
Paraíba	0,0095	0,0099	0,0101	0,0103	0,0105	0,0107	0,0111
Pernambuco	0,0110	0,0114	0,0116	0,0118	0,0120	0,0121	0,0125
Alagoas	0,0188	0,0194	0,0197	0,0200	0,0203	0,0206	0,0211
Sergipe	0,0250	0,0272	0,0283	0,0295	0,0306	0,0318	0,0339
Barreiras	0,0290	0,0294	0,0296	0,0299	0,0301	0,0303	0,0308
Cotegipe	0,0575	0,0610	0,0627	0,0645	0,0662	0,0680	0,0714
Sta. Maria da Vitória	0,0257	0,0262	0,0264	0,0267	0,0270	0,0272	0,0277
Juazeiro	0,0069	0,0087	0,0096	0,0105	0,0114	0,0124	0,0142
Paulo Afonso	0,0269	0,0281	0,0287	0,0294	0,0301	0,0307	0,0319
Barra	0,0205	0,0213	0,0218	0,0222	0,0227	0,0231	0,0240
Bom Jesus da Lapa	0,0275	0,0282	0,0285	0,0289	0,0292	0,0296	0,0302
Senhor do Bonfim	0,0184	0,0194	0,0199	0,0205	0,0210	0,0215	0,0225
Irecê	0,0211	0,0222	0,0227	0,0233	0,0239	0,0245	0,0256
Jacobina	0,0241	0,0256	0,0265	0,0274	0,0283	0,0291	0,0307
Itaberaba	0,1568	0,1617	0,1644	0,1671	0,1698	0,1725	0,1774
Feira de Santana	0,0725	0,0759	0,0779	0,0800	0,0820	0,0841	0,0875
Jeremoabo	0,0210	0,0226	0,0234	0,0243	0,0251	0,0260	0,0276
Euclides da Cunha	0,0169	0,0185	0,0193	0,0201	0,0209	0,0217	0,0232
Ribeira do Pombal	0,0283	0,0303	0,0314	0,0325	0,0335	0,0346	0,0366
Serrinha	0,0402	0,0419	0,0428	0,0438	0,0448	0,0457	0,0474
Alagoinhas	0,0478	0,0531	0,0561	0,0591	0,0621	0,0651	0,0704
Entre Rios	0,0323	0,0367	0,0390	0,0414	0,0437	0,0461	0,0504
Catú	0,1071	0,1134	0,1172	0,1210	0,1248	0,1286	0,1350
Santo Antônio	0,5612	0,5772	0,5864	0,5957	0,6049	0,6142	0,6302
Salvador	0,2159	0,2244	0,2294	0,2345	0,2395	0,2446	0,2530
Boquira	0,1061	0,1107	0,1129	0,1153	0,1176	0,1198	0,1244
Seabra	0,0738	0,0765	0,0779	0,0793	0,0807	0,0821	0,0849

Jequié	0,3218	0,3311	0,3360	0,3410	0,3461	0,3510	0,3603
Livramento do Brumado	0,3540	0,3794	0,3921	0,4049	0,4176	0,4303	0,4558
Guanambi	0,1750	0,1826	0,1865	0,1905	0,1945	0,1984	0,2060
Brumado	0,1175	0,1210	0,1230	0,1250	0,1271	0,1291	0,1326
Vitória da Conquista	0,1935	0,1979	0,2005	0,2031	0,2057	0,2083	0,2127
Itapetinga	0,2477	0,2561	0,2608	0,2654	0,2701	0,2747	0,2832
Valença	1,2281	1,2820	1,3107	1,3395	1,3683	1,3970	1,4508
Ilhéus	0,2300	0,2360	0,2395	0,2431	0,2466	0,2502	0,2562
Porto Seguro	0,0762	0,0780	0,0789	0,0798	0,0808	0,0817	0,0835
Minas Gerais	0,0076	0,0078	0,0080	0,0082	0,0083	0,0085	0,0088
Espírito Santo	0,0444	0,0454	0,0459	0,0464	0,0469	0,0474	0,0483
Rio de Janeiro	0,0023	0,0025	0,0027	0,0028	0,0030	0,0031	0,0034
São Paulo	-0,0011	-0,0007	-0,0005	-0,0003	0,0000	0,0002	0,0006
Paraná	-0,0028	-0,0023	-0,0020	-0,0017	-0,0013	-0,0010	-0,0005
Santa Catarina	-0,0076	-0,0068	-0,0064	-0,0059	-0,0055	-0,0050	-0,0043
Rio Grande do Sul	-0,0087	-0,0080	-0,0077	-0,0073	-0,0069	-0,0065	-0,0059
Mato Grosso do Sul	0,0012	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025	0,0027	0,0032
Mato Grosso	-0,0098	-0,0092	-0,0088	-0,0085	-0,0082	-0,0078	-0,0072
Goiás	0,0091	0,0094	0,0096	0,0098	0,0100	0,0102	0,0105
Distrito Federal	0,0142	0,0144	0,0145	0,0146	0,0147	0,0147	0,0149

ANEXO 1. BALANCEAMENTO DAS MARGENS DE TRANSPORTE (cf. Haddad, 2004)

O processo de calibragem do modelo requer informações sobre as margens de transporte relacionadas a cada fluxo. Informações agregadas para tais margens estão disponíveis para os fluxos de transações intersetoriais, criação de capital, consumo das famílias e exportações, em nível nacional. O problema, então, passa a ser desagregar estas informações considerando uma desagregação espacial prévia dos fluxos de bens na geração da matriz interestadual de insumo-produto. Assim, dada a informação disponível – fluxos interestaduais e intraestaduais, modelo de transporte, matriz de distâncias mínimas e agregados nacionais para margens específicas –, a estratégia adotada considerou as seguintes etapas:

1. Em uma tentativa de captar efeitos de escala de transporte – economias de curso –, uma função de tarifa de transporte rodoviário de carga pré-especificada foi utilizada para o cálculo dos custos logísticos rodoviários implícitos no sistema interestadual brasileiro. A função considerada foi estimada por Castro *et al* (1999), com base nos preços de frete cobrados por caminhoneiros independentes em 1994: $tariff = 0.25 * dist^{0.73}$, onde *tariff* é a tarifa de transporte rodoviário de carga, e *dist* refere-se à distância entre dois pontos. Esta função foi, então, aplicada à matriz de distâncias mínimas entre as capitais, gerando uma matriz de custos logísticos para cada trecho. Efeitos de curso são percebidos claramente na Figura 3.3, que apresenta os custos de transporte rodoviário para diferentes distâncias dentro do intervalo relevante para o comércio interestadual no Brasil.
2. A partir desta estrutura de transporte, podemos captar não apenas os efeitos de escala mencionados, mas também os custos relativos entre diferentes pares de origem e destino, a serem utilizados. O próximo passo foi gerar um índice de custo relativo de transporte, normalizando as linhas da matriz de custos logísticos em relação aos respectivos custos intraestaduais. A matriz gerada proporciona informações sobre diferenciais de custos de transporte entre a capital de um estado e outra capital estadual, quando comparados aos custos de transporte dentro do estado.
3. As estimativas dos vários fluxos de bens, em valores básicos, incorporadas na matriz interestadual de insumo-produto, foram multiplicadas pelos índices relevantes obtidos da matriz normalizada. Este procedimento proporcionou as informações necessárias para gerar

uma matriz de distribuição dos totais nacionais, que considera diferentes pesos por destinos para fluxos originados em um determinado estado.

4. A seguir, a matriz de distribuição foi aplicada aos totais nacionais, considerando as informações nacionais desagregadas sobre margens por usuários, maximizando, assim, a utilização da informação disponível. Balanceamento adicional do banco de dados foi efetuado para a calibragem do modelo.