

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**JORGE HENRIQUE NORÕES VIANA**

**IMPACTOS DE UMA REDUÇÃO NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA  
SOBRE A AGRICULTURA E A POBREZA MULTIDIMENSIONAL NO  
BRASIL**

**Recife, PE  
2015**

**JORGE HENRIQUE NORÕES VIANA**

**Impactos de uma Redução na Disponibilidade Hídrica Sobre a Agricultura e a Pobreza Multidimensional No Brasil**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Economia da Universidade Federal da Pernambuco – UFPE, em cumprimento as exigências de conclusão do Curso de Doutorado em Economia.

**Orientadora: Profa. Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes**

Recife, PE  
2015

Catálogo na Fonte  
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

V614r Viana, Jorge Henrique Norões  
Redução de disponibilidade hídrica sobre a agricultura e a pobreza multidimensional no Brasil / Jorge Henrique Norões Viana. - Recife : O Autor, 2015.  
174 folhas: il. 30 cm.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes.  
Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, CCSA, 2015.  
Inclui referências e apêndices.

1. Abastecimento de água na agricultura. 2. Recursos hídricos. 3. Pobreza.  
I. Moraes, Márcia Maria Guedes Alcoforado de (Orientadora). II. Título.

333.7 CDD (22.ed.) UFPE (CSA 2016–005)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DO DOUTORADO  
EM ECONOMIA DE:

**JORGE HENRIQUE NORÕES VIANA**

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato Jorge Henrique Norões Viana **APROVADO**.

Recife, 28/10/2015.

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes**  
**Orientadora**

---

**Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos**  
**Examinador Interno**

---

**Prof. Dr. Écio de Farias Costa**  
**Examinador Interno**

---

**Prof. Dr. Ignácio Tavares de Araújo Júnior**  
**Examinador Externo/UFPB**

---

**Prof. Dr. Marcelo Pereira da Cunha**  
**Examinador Externo/UNICAMP**

Aos meus pais, meus exemplos de vida. DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Josué e Luiza, e meus irmãos, Josué Henrique e Milena, pelo apoio e pela confiança.

A todos os meus amigos, que me acompanharam e confiaram no meu potencial, quando nem eu acreditava.

A minha orientadora, Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes, sem a qual não teria conseguido concluir o meu trabalho. Pela paciência, pelo esforço em me mostrar o caminho a seguir e sobretudo pela confiança no meu trabalho.

A todos os meus professores da graduação e pós-graduação em Economia. Mas de maneira especial, a Ivan Targino Moreira, Paulo Aguiar do Monte, Luciano Menezes Bezerra Sampaio, Breno Ramos Sampaio, Francisco Cribari Neto e Ignácio Tavares de Araújo Júnior, pelos ensinamentos e oportunidades concedidas. E às secretárias: Patrícia, Jaqueline e Maria Luíza; pelo suporte prestado ao longo do curso.

*"To succeed, planning alone is insufficient.  
One must improvise as well."*  
Salvor Hardin

## RESUMO

Esta tese desenvolve uma plataforma integrada para avaliar os efeitos sobre a economia de possíveis reduções na disponibilidade hídrica sobre a agricultura, sobretudo o impacto de tais reduções na pobreza. Para construir a plataforma foi necessário o uso de diversas ferramentas metodológicas. Inicialmente foi construído um índice de pobreza multidimensional (MPI) para as unidades federativas do Brasil com base nos dados da POF 2008/2009. Dentre os principais resultados obtidos com esta aplicação do MPI destaca-se o percentual de 14% dos domicílios classificados como pobres usando a referida medida no Brasil. Posteriormente foi estimado um modelo de demanda por alimentos em dois estágios, com o primeiro estágio sendo um modelo Working-Leser e o segundo um modelo LA-AIDS, com variável instrumental, ambos baseados na Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF). Então foram estimadas funções de produção *translog* para os setores agrícola e o de Água & Esgoto (AE). Além disso, acrescentou-se uma função de produção *translog ray* para o setor de AE, a qual representava a criação de novas ligações de água encanada e esgotamento sanitário, baseados nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Censo Agropecuário 2006. Por fim, o último bloco da plataforma foi um modelo básico de Equilíbrio Geral Computável padrão, com base nos dados das Tabelas de Recurso e Usos, usando os valores estimados dos parâmetros do sistema de demanda e das funções de produção dos setores agrícolas e AE. Foram simulados três cenários envolvendo restrições de disponibilidade de água pelos setores agrícolas de 10%, 20% e 30% de forma exógena obtendo-se assim tarifas endógenas ou disposição a pagar (DAP) pelo uso da água em cada um dos setores agrícolas. Esses recursos obtidos com as tarifas permaneceriam sob o domínio do governo nestes primeiros cenários. Além disso, foram simulados mais dois cenários com restrição hídrica de 30%, mas nestes os recursos obtidos com as tarifas foram repassados para as famílias ou como um subsídio ao setor AE. Dentre os vários resultados, destaca-se que a redução na demanda total por água bruta foi maior quanto maior foi a restrição hídrica para a agricultura simulada, chegando a 18,44% sob uma restrição hídrica de 30%. Quanto a produção, sua maior redução foi de 0,39% sob uma restrição hídrica de 30%. Sobre as tarifas sobre o uso da água obtidas endogenamente, resultaram bem maiores do que aquelas praticadas atualmente em algumas regiões no Brasil. Finalmente, no que diz respeito a pobreza, a medida MPI nacional foi fracamente crescente com a restrição hídrica, mas sob todos os cenários sua variação não foi estatisticamente significativa. E assim como aconteceu com os demais resultados, as medidas de pobreza não variaram em decorrência do destino dos recursos obtidos com a tarifa sobre a água. Quanto a distribuição dos impactos entre as UFs, os resultados foram bastante distintos, com algumas UFs apresentando aumentos da pobreza na ordem de 15% (Amapá e Rondônia), enquanto outras apresentaram aumentos do MPI abaixo dos 2%, como São Paulo e Distrito Federal. Já entre os diferentes estratos sociais de renda, de maneira geral, famílias mais pobres sofreram mais com os aumentos nos preços dos alimentos causados pelas restrições hídricas. Por fim, ainda que não tenham sido analisados nesta tese, a plataforma encontra-se habilitada a gerar diversos outros resultados sob cenários de restrições hídricas que não envolvam apenas o setor agrícola mas também o setor de AE. Ademais, de maneira inversa ao que se apresenta como resultados nesta tese, a plataforma pode simular de forma exógena diversas tarifas de água bruta para os dois setores (agrícola e AE) e mensurar os resultantes impactos não só nas reduções de demanda dos referidos setores, mas também nos agregados econômicos e na medida de pobreza.

**Palavras-Chave:** RECURSOS HÍDRICOS. POBREZA MULTIDIMENSIONAL. MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL.

## ABSTRACT

This thesis develops an integrated platform to assess the effects on the economy of possible reductions in water availability on agriculture, especially the impact of such reductions on poverty. To build the platform various methodological tools were required. Initially a multidimensional poverty index (MPI) to the federal units of Brazil based on data from POF 2008/2009 was built. Among the main results of this application of the MPI we can highlight that 14% of Brazilian households were classified as poor using this measure. Later a demand model for food in two stages, with the first stage being a Working-Leser model and the second a LA-AIDS model with instrumental variable, both based on the POF, was estimated. Also translog production functions for the agricultural sector and the Water & Sewer sector (AE) were estimated. In addition, we estimated a translog ray production function to the AE sector, which represented the creation of new connections of piped water and sanitation, based on data from the National Sanitation Information System (SNIS) and the Agricultural Census 2006. Finally, the last building block of the was a standard Computable General Equilibrium model, based on the data of the *Tabela de Recursos e Usos*, but incorporating the estimated demand system parameters and production functions of agricultural and AE sectors. We simulated three scenarios involving exogenously restrictions of water availability for agricultural sectors of 10%, 20% and 30% thus yielding endogenous tariffs or willingness to pay (WTP) for water use in each of the agricultural sectors. While the revenues of these rates would remain under government domain in these three standard scenarios. In addition, two other scenarios were simulated with water restriction of 30%, but with the revenues from these tariffs passed on directly to the families or used to finance a subsidy to the AE sector. Among the various results, it is emphasized that the reduction in the total demand for raw water (blue water) was greater than the reduction in agriculture production, with the primer reaching 18,44% under a water restriction of 30%. As for total production, the greater reduction was 0.39% under a water restriction of 30%. About the tariffs on water use obtained endogenously, they were much higher than those currently practiced in some regions in Brazil. Finally, with regard to poverty, national MPI was weakly increasing with water restriction, but under all scenarios its variation was not statistically significant. And as happened with the other results, the poverty measures did not change due to the destination of the revenues from the tariff on water. As the distribution of impacts among the Federative Units, the results were quite different, with some Federative Units presenting poverty increases above 15% (Amapá e Rondônia), while others showed poverty measures increases below 2%, like São Paulo e Distrito federal. Among the different social strata of income, in general, poorer households suffered most with increases in food prices caused by water restrictions. Finally, even if they have not been analyzed in this thesis, the platform is enabled to generate different results under other scenarios of water restrictions that not only involve the agricultural sector but also the AE sector. In addition, conversely to what is presented in this thesis, the platform can simulate various exogenously raw water tariffs for the two sectors (agricultural and AE) and measure the resulting impact not only on the demand of those sectors, but also in the economic aggregates and poverty measures.

**Keywords:** WATER RESOURCES. MULTIDIMENSIONAL POVERTY. COMPUTABLE GENERAL EQUILIBRIUM MODEL.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Proporção de domicílios pobres (H), por UF do Brasil. 2008/2009.....	34
Figura 2 – MPI, por UF do Brasil. 2008/2009.....	35
Figura 3 – Privação média entre os domicílios pobres (A), por UF do Brasil. 2008/2009.....	36
Figura 4 – Diagrama de dispersão, e <i>spline</i> cúbica para a fração gasta com alimentos e o logaritmo da despesa total. Brasil.....	59
Figura 5 – Diagrama de dispersão, e <i>spline</i> cúbica para a fração gasta com alimentos e o índice de preço dos alimentos. Brasil.....	59
Figura 6 – Diagrama de dispersão, e <i>splines</i> cúbicas para todos os dez grupos de alimentos. Brasil.....	61
Figura 7 – Elasticidades–preço marshallianas do modelo LA-AIDS para os dez grupos alimentícios. Brasil.....	64
Figura 8 – Elasticidades–preço hicksianas do modelo LA-AIDS para os dez grupos alimentícios. Brasil.....	65
Figura 9 – Elasticidades–dispêndio do modelo LA-AIDS para os dez grupos alimentícios. Brasil.....	66
Figura 10 – Representação gráfica da função de produção <i>ray</i> com dois produtos.....	94
Figura 11 – Estrutura de produção dos setores agrícolas.....	106
Figura 12 – Estrutura de produção do setor Água & Esgoto.....	109
Figura 13 – Estrutura do processo dos demais setores.....	111
Figura 14 – Estrutura do sistema de demanda.....	112
Figura 15 – Matriz de contabilidade social estilizada.....	117
Figura 16 – O funcionamento da plataforma integrada.....	130
Figura 17 – Variação percentual da proporção de pobres (H) por UF resultante da simulação S_10.....	133
Figura 18 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S_10.....	133
Figura 19 – Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S_10.....	134
Figura 20 – Variação percentual do <i>head count ratio</i> (H) por UF resultante da simulação S_20.....	135

Figura 21 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S_20.....	135
Figura 22 – Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S_20.....	136
Figura 23 – Variação percentual do <i>head count ratio</i> (H) por UF resultante da simulação S_30.....	136
Figura 24 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S_30.....	137
Figura 25 – Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S_30.....	137
Figura 26 – Variação percentual do <i>head count ratio</i> (H) por UF resultante da simulação S_30_SUB.....	138
Figura 27 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S_30_SUB.....	138
Figura 28 – Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S_30_SUB.....	139
Figura 29 – Variação percentual do <i>head count ratio</i> (H) por UF resultante da simulação S_30_HH.....	140
Figura 30 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S_30_HH.....	141
Figura 31 – Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S_30_HH.....	141
Figura 32 – Variação percentual do <i>head count ratio</i> (H) por decis de renda resultante da simulação S_30.....	142
Figura 33 – Variação percentual do MPI por decis de renda resultante da simulação S_30.....	143
Figura 34 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por decis de renda resultante da simulação S_30.....	144
Figura 35 – Variação percentual do <i>head count ratio</i> (H) por UF resultante da simulação S_30_HH.....	144
Figura 36 – Variação percentual do MPI por decis de renda resultante da simulação S_30_HH.....	145
Figura 37 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por decis de renda resultante da simulação S_30_HH.....	145

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dimensões, subcomponentes e pontos de corte do MPI para o Brasil.....	31
Quadro 2: Descrição dos cenários a serem simulados para o MPI das UFs brasileiras.....	37
Quadro 3 - Código dos grupos de alimentos e principais alimentos pertencentes a cada um dos grupos.....	51
Quadro 4 – Grupos formados por culturas para os quais se dispunha de dados sobre terra, trabalho e água.....	73
Quadro 5 – Cenários simulados na plataforma integrada.....	120
Quadro 6 – Demanda inicial por água bruta e coeficiente de consumo. Valores em m <sup>3</sup> 1.000.000 e em m <sup>3</sup> /R\$.....	124

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Simulações de eliminações de privações sobre o MPI das UFs brasileiras.....	38
Tabela 2 – Categorias usadas na agregação dos dados de preços alimentícios por domicílio, seus níveis e frequência de cada uma no Brasil.....	54
Tabela 3 – Descrição das variáveis usadas na estimação do modelo Working-Leser para o Brasil.....	56
Tabela 4 – Modelo Working-Leser para o consumo total de alimentos no Brasil.....	58
Tabela 5 – Coeficientes estimados relativos ao dispêndio ao quadrado com alimentos do modelo QUAIDS para os dez grupos de alimentos. Brasil.....	63
Tabela 6 – Distribuição percentual do valor produzido e dos fatores de produção entre os grupos de culturas. Municípios do Brasil. Em percentual.....	74
Tabela 7 – Produtividade de cada fator de produção por grupo de culturas e total dos setores agrícolas. Municípios do Brasil.....	75
Tabela 8 – Estimação da função de produção translog irrestrita com terra (T), trabalho (L), água (WT) e consumo intermediário(CI). Setores agrícolas. Municípios do Brasil.....	76
Tabela 9 – Médias das elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog irrestrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil. Em percentual.....	78
Tabela 10 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog irrestrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil. Em percentual.....	78
Tabela 11 – Frequência de observações para as quais a função de produção era quase-côncava. Translog irrestrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil.....	79
Tabela 12 – Estimação da função de produção translog restrita com terra (T), trabalho (L) e água (WT). Setores agrícolas. Municípios do Brasil.....	81
Tabela 13 – Razão entre a diferença entre os coeficientes do modelo restrito e irrestrito e o erro-padrão original. Setores agrícolas. Municípios do Brasil.....	82
Tabela 14 – Médias das elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog restrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil. Em percentual.....	83
Tabela 15 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog restrita. Municípios do Brasil. Setores agrícolas. Em percentual.....	84
Tabela 16 – Frequência de observações para as quais a função de produção era quase-côncava. Translog restrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil.....	84
Tabela 17 - Estimação da função de produção translog irrestrita com capital (K), trabalho (L), consumo intermediário (CI) e água (WT). Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil.....	87

Tabela 18 – Elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog irrestrita. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.....	88
Tabela 19 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog irrestrita. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.....	88
Tabela 20 – Estimação da função de produção translog restrita com capital (K), trabalho (L), Consumo Intermediário (CI) e água (WT). Setores Água & Esgoto. Municípios do Brasil.....	89
Tabela 21 – Razão entre a diferença entre os coeficientes do modelo restrito e irrestrito e o erro-padrão original. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil.....	90
Tabela 22 – Elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog restrita. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.....	91
Tabela 23 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog restrita. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.....	91
Tabela 24 - Estimação da função de produção translog <i>ray</i> com capital, trabalho, consumo intermediário e água. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil.....	96
Tabela 25 – Elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog <i>ray</i> . Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.....	98
Tabela 26 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog <i>ray</i> . Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.....	98
Tabela 27: Resultados das simulações sobre as principais variáveis agregadas. Valores em R\$ 1.000.000 e em percentual.....	122
Tabela 28: Resultados das simulações sobre a produção agrícola. Valores em R\$ 1.000.000 e em percentual.....	124
Tabela 29: Tarifa sobre a demanda por água bruta dos setores agrícolas. Valores em R\$/m <sup>3</sup> .....	125
Tabela 30: Arrecadação com o imposto sobre o uso da água bruta pelos setores agrícolas. Valores em R\$ 1.000.000,00.....	125
Tabela 31: Resultados das simulações sobre as principais variáveis do setor Água & Esgoto. Valores em R\$ 1.000.000 e em percentual.....	126
Tabela 32: Variação percentual das principais variáveis ligadas ao sistema de demanda.....	127
Tabela 33: Medidas de pobreza para o Brasil em cada cenário. Em percentual.....	132

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>2SLS</b>	<i>Two Stages Least Squares</i>
<b>AE</b>	Água & Esgoto
<b>AIDS</b>	<i>Almost Ideal Demand System</i>
<b>AL</b>	Alimento
<b>BAU</b>	<i>Business as Usual</i>
<b>CC</b>	Conta de Capital
<b>CES</b>	<i>Constant Elasticity of Substitution</i>
<b>CET</b>	<i>Constant Elasticity of Transformation</i>
<b>CNS</b>	<i>Constrained Nonlinear System</i>
<b>EOB</b>	Excedente Operacional Bruto
<b>FUNARBE</b>	Fundação Arthur Bernardes
<b>GAMS</b>	<i>General Algebraic Modeling System</i>
<b>HH</b>	<i>Household</i>
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>LA-AIDS</b>	<i>Linear Approximate Almost Ideal Demand System</i>
<b>MCS</b>	Matriz de Contabilidade Social
<b>MEGC</b>	Modelo de Equilíbrio Geral Computável
<b>MQO</b>	Mínimos Quadrados Ordinários
<b>MPI</b>	<i>Multidimensional Poverty Index</i>
<b>PIGLOG</b>	<i>Price-Independent Generalized Logarithmic</i>
<b>PNAD</b>	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
<b>POF</b>	Pesquisa de Orçamentos Familiares

**QUAIDS**     *Quadratic Almost Ideal Demand System*

**ROW**        *Rest of the World*

**SIUP**        Serviços Industriais de Utilidade Pública

**SUR**         *Seemingly Unrelated Regression*

**translog**    *Transcendental Logarithmic*

**TRU**         Tabela de Recursos e Usos

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 Problemática e justificativa.....	18
1.2 Objetivos.....	20
1.3 Estrutura da tese.....	21
2 POBREZA MULTIDIMENSIONAL NOS ESTADOS BRASILEIROS: POSSÍVEIS CAMINHOS PARA O USO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS AFETAREM A POBREZA.....	21
2.1 Introdução.....	21
2.2 Fundamentação Teórica.....	24
2.3 Aplicações do MPI no Brasil.....	29
2.4 Uma nova aplicação do MPI para o Brasil.....	29
2.5 Resultados do MPI para os estados brasileiros.....	33
2.6 Eliminação de privações e o MPI dos estados brasileiros.....	36
2.7 Considerações finais.....	39
3 UM SISTEMA DE DEMANDA POR ALIMENTOS PARA O BRASIL.....	41
3.1 Introdução.....	41
3.2 Fundamentação Teórica.....	43
3.3 Metodologia utilizada.....	47
3.4. Aplicação e a base de dados utilizada.....	50
3.5 Resultados do Modelo Working-Leser.....	55
3.6 Resultados do modelo LA-AIDS para os alimentos.....	60
3.7 Considerações finais.....	66
4 ESTIMAÇÃO DAS FUNÇÕES DE PRODUÇÃO DE BENS AGRÍCOLAS NO BRASIL.....	67
4.1 Introdução.....	67
4.2 Formas funcionais CES e translog usadas para a função de produção.....	68
4.3 Aplicação: A obtenção das funções de produção como representativas da restrição tecnológica para grupos agrícolas no Brasil.....	71
4.4 Resultados das funções de produção irrestritas dos grupos de culturas.....	73
4.5 Resultados das funções de produção restritas dos grupos de culturas.....	79
5 ESTIMAÇÃO DE FUNÇÕES DE PRODUÇÃO PARA O SETOR DE ÁGUA & ESGOTO BRASILEIRO.....	84

5.1	Introdução.....	84
5.2	Descrição da base de dados.....	85
5.3	Resultados da função de produção translog irrestrita para o setor de AE.....	86
5.4	Resultados da função de produção translog restrita para o setor de AE.....	88
5.5	Um modelo translog ray para o setor de AE.....	91
5.5.1	Funções de produção multiproduto.....	91
5.6	Resultados da função de produção translog restrita para o setor de AE.....	94
6	O MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL.....	98
6.1	Introdução.....	98
6.2	Metodologia Utilizada.....	103
6.2.1	Produção.....	105
6.2.2	Demanda.....	111
6.3	Base de dados utilizada.....	113
6.3.1	Descrição da Matriz de Contabilidade Social 2010.....	113
6.4	Estratégias de simulação.....	118
6.5	Resultados do MEGC.....	120
7	A PLATAFORMA INTEGRADA.....	128
7.1	Introdução.....	128
7.2	Resultados da plataforma integrada.....	130
7.2.1	Resultados gerais sobre a pobreza.....	130
7.2.2	Resultados sobre a pobreza por UF.....	132
7.2.3	Resultados por estratos sociais.....	141
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	146
	REFERÊNCIAS.....	154
	APÊNDICE A – Elasticidades do modelo LA-AIDS.....	165
	APÊNDICE B – Elasticidades do modelo QUAIDS.....	166
	APÊNDICE C – Modelos <i>logit</i> para domicílios com esgotamento e água encanada.....	167

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Problemática e justificativa

O uso sustentável dos recursos hídricos vem se tornando um tema cada vez mais recorrente na literatura, ao lado da discussão mais geral sobre a sustentabilidade no uso dos recursos naturais, especialmente diante do aumento na preocupação sobre como eventuais mudanças climáticas podem afetar a sua disponibilidade. Os impactos sociais e econômicos de diferentes estratégias de alocação vêm mais recentemente sendo modelados e mensurados (BATHIA *et al*, 2006, MORAES *et al*, 2009, CALZADILLA *et al*, 2013). Alguns estudos mostram que as emissões antropogênicas de gases do efeito estufa podem estar alterando, significativa e indeterminadamente, as condições climáticas no planeta (IPCC, 2007; COMOU, ROBINSON & RAHMSTORF, 2013). Os impactos econômicos e sociais de tais mudanças climáticas devem ser fortemente influenciados pela mudança na disponibilidade de água para a produção agrícola.

Um fato importante sobre a questão da disponibilidade de água para a agricultura, é que a mesma se relaciona não só com as condições naturais do clima, mas também com a gestão de oferta e demanda dos recursos hídricos. A alteração da temperatura em si, além da pluviometria e evapotranspiração, afeta a produtividade de alguns cultivos, o que pode levar a alterações nos coeficientes técnicos de uso da água e demanda por maior disponibilidade do recurso. O atendimento a um maior requerimento pode ser atendido através de duas estratégias: um aumento na oferta ou através de uma gestão de demanda aperfeiçoada. Diante disso, o uso racional dos recursos hídricos, especialmente através da gestão de demanda e da utilização de políticas de alocação eficientes, aparece como uma necessidade ainda mais urgente (GRIFFIN, 2006; ZETLAND, 2011). Na verdade, muitas regiões semiáridas do planeta já sentem os efeitos da ausência de políticas de alocação que otimizem o uso dos escassos recursos hídricos de que dispõem. Benefícios que, a depender do desenho das políticas, podem ser tanto ambientais - aumento na qualidade da água - quanto econômicos, frutos de um aumento nos retornos econômicos das atividades que usam a água como insumo, de maneira geral, e da agricultura em particular (MORAES *et al*, 2010).

Uma possível redução dos já baixos índices pluviométricos de regiões semiáridas, em consequência de alterações climáticas, é potencialmente desastrosa, em especial para indivíduos que já vivem em um contexto socioeconômico de pobreza e cujas rendas estão intimamente ligadas a disponibilidade bruta de recursos naturais. Isto talvez não seja um problema relevante em países com um grau de urbanização muito elevado e cuja agricultura é

altamente mecanizada. Mas este ainda não é o caso do Brasil, onde, a despeito de um forte processo de urbanização nas últimas décadas, um número substancial de indivíduos (cerca de trinta milhões segundo o Censo 2010) ainda mora em áreas rurais ou em pequenas cidades vivendo da agricultura, sejam assalariados ou pequenos produtores.

Mas possíveis efeitos perversos de uma redução nos índices pluviométricos não se restringem apenas a regiões semiáridas. Mesmo regiões brasileiras que historicamente não sofriam com escassez grave de água, podem ser vítimas de uma confluência de fatores perversos: estiagem prolongada, demanda em descompasso com a real situação dos recursos hídricos disponíveis e a lentidão crônica do setor público em implementar políticas que estimulem a redução deste descompasso. Tal confluência é vivenciada hoje em toda a região sudeste do Brasil, em especial na Região Metropolitana de São Paulo, que possui dois dos seus principais reservatórios no chamado volume morto. Este valor de volume, até pouco tempo desconhecida pelos brasileiros, corresponde ao nível mínimo de volume do reservatório e que em condições normais nunca é alcançado. A situação atual do Sudeste gera um alerta para todo o país, para que políticas públicas sejam estudadas e debatidas mesmo em regiões que ainda não vivenciam uma queda drástica dos seus índices pluviométricos, como é o caso, por exemplo, da região metropolitana de Recife. Caso políticas de incentivo ao uso eficiente não sejam tomadas, considerando a provável redução de disponibilidade nos mananciais, problemas relativos ao acesso a água devem persistir e até se agravar, tendo impactos significativos, tanto econômicos quanto sobre o bem-estar das famílias (MARENGO et al, 2012; TORRES et al, 2012) A água além de ser um insumo essencial ao setor agropecuário, também é insumo (ou fator de produção) importante para vários setores industriais. Por exemplo, nos setores de produção de peças e de máquinas e equipamentos, bem como em marmorarias, a água é utilizada em grandes quantidades para resfriamento de máquinas de corte. Nos setores de serviços, como restaurantes, a água novamente aparece como insumo importante. Além do mais, a água tem o seu papel de abastecimento humano, seja para beber, seja para higiene pessoal e do domicílio, ou ainda para a operação do sistema de saneamento básico.

Mas se os efeitos econômicos de uma redução na disponibilidade de água nas zonas rural e urbana são preocupantes, os efeitos sociais também não devem ser esquecidos. Isto porque, provavelmente, os agricultores mais pobres são também os mais susceptíveis a sofrer com uma redução na disponibilidade hídrica, uma vez que dispõem de pouca ou nenhuma “margem de manobra”. Suas propriedades já devem operar no limite dos recursos naturais e monetários disponíveis, não tendo condições, por exemplo, de contratar “caminhões pipa” para suprir as necessidades de água do seu rebanho, ou de suas casas. Situação semelhante é

vivenciada pelos indivíduos mais pobres nos centros urbanos. Enquanto um grande condomínio de apartamentos pode reagir a um racionamento ou aumento na tarifa de água, restringindo, por exemplo, o uso da piscina ou perfurando um poço artesiano, um morador de periferia, que às vezes sequer está conectado à rede de água e esgotamento sanitário, pouco tem a fazer. Somem-se a esses efeitos diretos da falta de água sobre os mais pobres, os efeitos indiretos de aumento do desemprego e de preços dos alimentos resultantes de uma menor produção industrial e principalmente agrícola. E o quadro social que se tem é dos mais alarmantes. Al'ém do mais, o que se tem 'e um quadro de privações em várias dimensões, o que suscita o uso de uma medida de pobreza que contabilize estas diversas dimensões.

## 1.2 Objetivos

Diante da problemática relatada acima, este estudo se propõe a **medir o impacto de uma redução simulada na disponibilidade hídrica do setor agrícola sobre a economia brasileira, em especial sobre a pobreza multidimensional em níveis nacional e estadual.**

Com vistas a este objetivo, será feito o acoplamento entre um índice de pobreza multidimensional, calculado para todos os estados brasileiros, com um modelo de equilíbrio geral computável, formulado para o Brasil. Desta forma, a partir de resultados do modelo de equilíbrio geral, em especial variações nos preços dos alimentos, poderão ser mensurados os demais efeitos (diretos e indiretos) de restrições hídricas nos setores agrícolas sobre todos os setores da economia nacional, incluindo possíveis mudanças na condição de pobreza multidimensional das famílias.

Tendo em vista o objetivo geral destacado mais acima, tem-se como objetivos específicos:

- Estimar um índice de pobreza multidimensional para todos os estados brasileiros, que leve em consideração especialmente as dimensões pelas quais variações na oferta de água podem afetar os mais pobres;
- Estimar econometricamente equações de demanda por alimentos, para calcular com maior precisão os efeitos de variações no preço dos alimentos sobre o consumo das famílias;
- Estimar econometricamente funções de produção para os setores agrícolas, com a água entre os fatores de produção;

- Formular e calibrar um MEGC (Modelo de Equilíbrio Geral Computável) para o Brasil;
- Acoplar o MEGC ao índice multidimensional de pobreza, para construir uma plataforma integrada;
- Simular, através da plataforma integrada, como diferentes restrições ao uso da água pela agricultura resultantes de diferentes políticas de gerenciamento de demanda afetariam a economia brasileira, em especial a pobreza.

### 1.3 Estrutura da tese

Espera-se que a **plataforma integrada para avaliar os efeitos sobre a economia brasileira de diferentes práticas de gestão dos recursos hídricos, em especial sobre a população pobre, proposta neste estudo**, possa subsidiar os tomadores de decisão com resultados que avaliem quantitativamente os efeitos econômicos e sociais dessas políticas, dado que as mesmas, correntes e propostas, poderão nesta base ser representadas e simuladas.

A plataforma proposta é composta basicamente de um MEGC, recebendo *inputs* de outros modelos menores, que podem ser estimados de forma independente. Como cada modelo envolve metodologias e às vezes até bases de dados distintas, a organização desta tese apresenta em cada capítulo um modelo desenvolvido com: metodologia; fundamentação teórica; base de dados utilizada; resultados preliminares e possíveis extensões para continuidade da pesquisa. Os capítulos de dois a seis tratam respectivamente: do índice de pobreza multidimensional, das equações de demanda, das funções de produção da agricultura, da função de produção para o setor Água & Esgoto e do MEGC. O capítulo sete então apresenta a plataforma integrada, bem como implementa as simulações e analisa os resultados obtidos. E por fim, o capítulo oito traz as conclusões e as considerações finais.

## **2 POBREZA MULTIDIMENSIONAL NOS ESTADOS BRASILEIROS: POSSÍVEIS CAMINHOS PARA POLÍTICAS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS AFETAREM A POBREZA**

### **2.1 Introdução**

Para medir a pobreza nos estados brasileiros e avaliar como tal pobreza pode responder a diversas políticas de gestão de recursos hídricos que podem ser propostas, procurou-se definir inicialmente uma medida de pobreza. As medidas mais simples e ainda mais utilizadas de pobreza são aquelas baseadas na renda, em que uma família é considerada pobre se estiver abaixo de um nível de renda pré-definido. Este nível procura representar o mínimo rendimento necessário para atender as necessidades básicas de uma família em uma determinada região (ALKIRE & SANTOS, 2014).

A abordagem da renda para medir a pobreza tem sido muito criticada ao longo dos anos, sobretudo pelos defensores da abordagem das capacidades, inaugurada pelo ganhador do prêmio Nobel de economia Amartya Sen. Esta última concentra suas críticas sobre a abordagem da renda em quatro pontos principais. Primeiro, o consumo entre famílias com mesma renda pode variar muito, de forma que uma família estar acima da linha da pobreza baseada na renda não garantiria àquela família que suas necessidades básicas estariam sendo atendidas. Segundo, os preços de mercado enfrentados por cada família também não seriam iguais, o que implicaria, por exemplo, que uma família abaixo da linha da pobreza construída com base nos preços médios de uma região poderia se situar acima de uma outra linha construída com base nos preços que ela de fato se depara no seu cotidiano. Terceiro, a capacidade de transformar renda em funcionamentos, que vão desde objetivos simples como alimentar-se bem e estar livre de doenças facilmente evitáveis, a objetivos complexos como participar ativamente do convívio social, varia drasticamente entre características individuais como gênero, raça, idade e estado geral de saúde. Quarto, algumas das necessidades básicas mais importantes não são compradas no mercado, como por exemplo, educação básica e saúde. Em resumo, a renda é apenas um meio e não um fim em si mesma (ALKIRE & SANTOS, 2014; SEN, 1979; SEN, 1981).

Dados todos os pontos negativos levantados contra o uso unicamente da renda como métrica da pobreza, a alternativa tem sido a construção de índices de pobreza que levem em conta diversas dimensões (PERNANYER, 2014; BELHADJ, 2012; BELHADJ & LIMAM, 2012; ESPOSITO & CHIAPPERO-MARTINETTI, 2010; DINIZ & DINIZ, 2009; ROJAS, 2008; CHAKRAVARTY, DEUTSCH & SILBER, 2008; CALVO, 2008 ALKIRE & SANTOS, 2014).

Correlacionada com a literatura sobre índices multidimensionais de pobreza, há uma literatura que se dedica especificamente ao papel do acesso e disponibilidade da água. Sendo que os trabalhos nesta linha podem ser divididos em dois tipos diferentes de índices, onde o problema abordado é o mesmo, mas o foco do índice é distinto: 1) índices que medem a vulnerabilidade de regiões a mudanças nas condições de oferta de água (EAKIN & BJÚEZ-

TAPIA, 2008; PLUMMER ET AL, 2013; HAHN, RIEDERER & FOSTER, 2009); 2) índices que tomam a água como um recurso escasso e, portanto, medem a “pobreza de água” (SULLIVAN, 2002; COHEN & SULLIVAN, 2010).

O problema desses índices de vulnerabilidade e de pobreza de água específicos, frente aos índices de pobreza multidimensional, reside no seu fraco embasamento teórico. Na verdade, na revisão feita na literatura de índices de vulnerabilidade (PLUMER *et al* , 2013; COHEN & SULLIVAN, 2010; EAKIN, BOJÓRQUEZ-TAPIA, 2008; KRISHNAMURTHY, LEWIS, CHOULARTON, 2014) não se encontrou dentre os mesmos, nenhum trabalho que se prestasse a analisar teoricamente o índice, ressaltando as propriedades que o índice proposto possui ou não. Por exemplo, não se encontrou a análise da propriedade da decomposibilidade, ou seja, se era possível decompor o índice em grupos distintos da população. No que tange a construção do índice em si, o foco desta literatura se restringe a maneira como os pesos das diversas dimensões do índice são estimados, de modo que podem ser úteis como referências para uma aplicação que foque em como a atribuição destes pesos pode afetar o resultado final do índice, o que não é o caso da presente tese.

Sendo assim, optou-se aqui por utilizar um índice mais geral, como o multidimensional para a pobreza proposto por Alkire & Foster (2011), nomeado *Multidimensional Poverty Index* (MPI) que tem tido bastante aceitação, assegurando-se assim importantes propriedades (ALKIRE & SANTOS, 2011; ALKIRE & SANTOS, 2014; VIJAYA, LAHOTI & SWAMINATHAN, 2014; AYUYA ET AL, 2014; TERZI, 2013) e ao mesmo considerar mais explicitamente o papel do acesso e disponibilidade de água no mesmo. Esta consideração, não encontrada em aplicações feitas até então deste índice, foi realizada de duas maneiras. Primeiro, o acesso a água encanada e o acesso ao esgotamento sanitário deixaram de ser subcomponentes da dimensão “saúde” para integrar uma nova dimensão: serviços industriais de utilidade pública (SIUP). Segundo, o subcomponente nutrição, que até então não havia sido considerado em aplicações deste índice para o Brasil, foi integrado à dimensão saúde<sup>1</sup>; configurando um novo canal por onde a disponibilidade de água afeta a pobreza, uma vez que a produção de alimentos está fortemente ligada a esta disponibilidade. Onde por água para agricultura ao longo de toda a tese entende-se a chamada “água azul”, a água retirada dos mananciais para irrigação, em contraste com a “água verde” (água das chuvas) e “água cinza” (água de poços subterrâneos).

Relativo ao processo geral de construção de um índice multidimensional, Sullivan (2002) chama atenção para algumas exigências básicas sobre a criação de um índice de pobreza

---

<sup>1</sup> Ver Quadro 1.

de água e que podem ser estendidos a índices de pobreza gerais. Primeiro, um índice de pobreza deve ser construído de forma a ser tão universalmente aceitável quanto possível, de modo que pessoas em diferentes regiões e com diferentes culturas e costumes reconheçam naquele índice uma medida de pobreza. Segundo, o principal objetivo de um índice deve ser quantificado de forma a permitir que mudanças nos valores das variáveis que o compõem ao longo do tempo, afetem também o seu valor resultante. Assim, um índice de pobreza deveria manter simplicidade no cálculo, de forma a manter fácil a transmissão dos resultados às populações a que se destinam e ao mesmo tempo basearem-se em dados coletados periodicamente. Para isto, de acordo com (Sullivan, 2002), a construção de um índice de pobreza passa por três escolhas básicas sob as quais se baseia a descrição do MPI a ser apresentada na próxima seção:

1. Escolher como as dimensões do índice devem ser agregadas;
2. Escolher quais dimensões farão parte do índice;
3. Escolher qual base de dados será utilizada.

## **2.2 Fundamentação Teórica**

Com vistas a construir uma medida de pobreza que não sofresse dos quatro problemas levantados pelos defensores da abordagem das capacidades mencionados na seção anterior, e que tivesse fundamentos teóricos sólidos, a organização das Nações Unidas (ONU), em parceria com a *Oxford Poverty and Human Development Initiative* lançaram em 2010 um índice multidimensional de pobreza (MPI) a ser utilizado em mais de 100 países em desenvolvimento (ALKIRE & SANTOS, 2010). De acordo com Alkire & Santos (2014), a ideia básica original do MPI é quantificar a pobreza em termos da incapacidade das famílias ou pessoas, de atenderem padrões mínimos de realizações de objetivos internacionalmente reconhecidos, e ligados aos objetivos do milênio.

Enquanto os relatórios publicados pela ONU e o artigo de Alkire & Foster (2014) se constituem nas principais aplicações do MPI, foi em Alkire & Foster (2011) que os autores detalharam formalmente todos os conceitos e as propriedades da medida de pobreza em que se baseia o MPI, denotada inicialmente pelos autores de  $M_0$ . É com base neste último artigo que são apresentados abaixo os principais conceitos e propriedades que formam o MPI, contudo para uma descrição mais completa e, principalmente, mais formal recomenda-se consultar o artigo original.

De maneira geral, o MPI é uma metodologia para identificação dos pobres baseada em dois pontos de corte. Inicialmente define-se  $Y$  como sendo uma matriz ( $n \times d$ ), em que  $n$  é o número de unidades básicas sob análise (que pode ser um município ou domicílio ou até mesmo um indivíduo) e  $d$  é o número de dimensões do índice. O elemento típico de  $Y$ ,  $y_{ij}$  é a realização da unidade  $i$  no que diz respeito a dimensão  $j$ . Onde por realização entende-se o quanto do objetivo ligado a dimensão  $j$  a unidade  $i$  conseguiu alcançar. Por exemplo, se a dimensão  $j$  diz respeito a educação e a unidade  $i$  é o indivíduo, então uma possível medida de realização pode ser a quantidade de anos de estudo completos pelo indivíduo. Dizemos então que a unidade  $i$  é privada em uma dimensão  $j$  se, e somente se,  $y_{ij} < z_j$ . Onde  $z_j > 0$  é o primeiro ponto de corte no processo de identificação da pobreza, de modo que  $\mathbf{z}$  é um vetor de dimensão ( $1 \times d$ ) com todos os pontos de corte para todas as dimensões. Defina também um vetor  $\mathbf{c}$  de dimensão ( $n \times 1$ ) tal que cada elemento  $c_i$  representa o número de privações enfrentadas pela unidade  $i$ . Por exemplo, se  $c_2 = 5$ , isto significa que a segunda unidade não está alcançando o nível mínimo exigido de cinco de suas necessidades básicas, ou seja, que para cinco dimensões quaisquer  $y_{2j} < z_j$ .

Um ponto importante a ser notado com base no exposto até então, é que independentemente da realização  $y_{ij}$  ser uma realização medida em termos cardinais, como por exemplo anos de estudo, ou ser uma realização ordinal (binária), por exemplo, se a unidade  $i$  tem acesso a água encanada ou não, o elemento  $c_i$  estará sempre bem definido.

O segundo ponto de corte para identificação dos pobres é dado por  $0 < k < d$ , tal que a unidade  $i$  só é considerada pobre se, e somente se  $c_i \geq k$ . Por exemplo, se  $c_2 = 5$ ,  $c_3 = 2$  e  $k = 3$ , a unidade dois seria considerada pobre, mas a unidade três não.

Em primeiro lugar, note que o parâmetro  $k$  serve de uma espécie de “zoom” sobre a pobreza extrema. Para um  $k = d$ , só são consideradas pobres aquelas unidades privadas em todas as dimensões, o que equivaleria a focar a medida de pobreza apenas sobre os extremamente pobres. Enquanto isso, um  $k = 1$ , identifica como pobre qualquer unidade com privação em apenas uma das dimensões, o que equivaleria a focar medida de pobreza para muito além dos extremamente pobres. Em segundo lugar, até então, considerou-se que todas as dimensões são igualmente importantes. Caso se queira estabelecer uma hierarquia entre as dimensões basta definir pesos  $w_j$  para cada uma das dimensões, tal que  $\sum_j^d w_j = 1$ , de forma que cada elemento  $c_i$  passaria a ser uma soma ponderada das privações. A atribuição de pesos idênticos para todas as dimensões surge da própria abordagem das capacidades de Amartya Sen e é resultado de uma tentativa de se abster de um juízo de valor sobre a importância relativa das dimensões.

Contudo, esta tentativa não é exatamente bem-sucedida, uma vez que colocar as dimensões como tendo a mesma importância é em si um julgamento de valor. Desta feita, como qualquer outro esquema de pesos implicaria em um juízo de valor igualmente subjetivo, além de tornar o cálculo do índice menos intuitivo, optou-se nesta tese pelo uso dos pesos iguais para todas as dimensões.

O processo de identificação dos pobres descrito acima, baseado em um corte duplo sobre as privações, têm as seguintes propriedades ditas desejáveis por Alkire & Foster (2011)

1. É focada na pobreza: um aumento nas realizações  $y_{ij}$  de uma unidade  $i$  que inicialmente não fora identificada como pobre não diminui o número de unidades identificadas como pobres;
2. É focada nas privações: um aumento de uma realização  $y_{ij}$  que não se constituía originalmente em uma privação ( $y_{ij} > z_j$ ) também não diminui o número de unidades identificadas como pobres;
3. Pode ser usada com dados ordinais; como a identificação dos pobres se dá de maneira dicotômica, cada unidade é ou não pobre, sem que exista uma escala de pobreza que as classifique como mais ou menos pobres, as realizações  $y_{ij}$  usadas neste processo de identificação podem ser tanto ordinais quanto cardinais.
4. Decomposibilidade: a pobreza de uma população pode ser calculada como uma média ponderada de grupos disjuntos da população em questão, onde os pesos são os tamanhos relativos dos grupos na população. Por exemplo, pode-se calcular a pobreza em uma região como a média ponderada da pobreza dos grupos rural e urbano da população daquela região. Outro exemplo, a pobreza em um país pode ser calculada como a média ponderada das pobrezas de cada estado.

No entanto, a simples identificação das unidades pobres, não constitui um índice propriamente dito da pobreza multidimensional que seja aplicável em diferentes limites administrativos (estados e municípios). Para construir então um índice que seja comparável entre diferentes regiões Alkire & Foster (2011) partiram inicialmente da forma mais intuitiva de fazer tal agregação, qual seja o *head count ratio* ( $H$ ). Ou seja, a razão entre o número de unidades pobres e o número total de unidades em uma determinada região, e chamaram essa medida de medida “H”. Formalmente:

$$H \equiv \frac{\# \text{ unidades pobres}}{\# \text{ total de unidades na região}} = q/n \quad (1)$$

Onde:  $q$  denota o número total de unidades pobres e  $n$  o número total de unidades na região.

Além da simplicidade de interpretação e comparabilidade,  $H$  tem a seu favor o fato de preservar as quatro propriedades anteriormente mencionadas (foco na pobreza, foco nas privações, possibilidade de usar dados cardinais ou ordinais e decomposibilidade). O problema com a medida  $H$  é que a mesma viola o que Alkire & Foster (2011) chamam de monotonicidade dimensional<sup>2</sup>, pois quando um pobre se torna privado em uma dimensão adicional,  $H$  permanece constante, ao invés de aumentar conforme seria desejado. A solução encontrada pelos autores foi criar uma outra medida, que serve para corrigir a falha de *headcount ratio* em respeitar a monotonicidade dimensional. Esta nova medida, denotada por “ $A$ ”, calcula a privação média entre os pobres. Para tanto é preciso definir um vetor de privações apenas entre os pobres  $c(k)$ . Cada entrada típica deste vetor,  $c_i(k)$ , tem valor igual a zero para unidades que não são pobres e valor  $c_i$  (número de dimensões em que a unidade  $i$  é privada) para unidades pobres. A privação média das unidades pobres pode então ser calculada como:

$$A \equiv \sum_i c_i(k)/q * d \quad (2)$$

Usando então as medidas  $H$  e  $A$ , pode-se calcular aquela que é a medida que constitui o MPI propriamente dito, a medida  $M_0$ , através de um simples produto entre elas:

$$M_0 \equiv H * A \equiv MPI \quad (3)$$

Onde:  $M_0$  representa o *headcount ratio* ajustado (pela privação média entre as unidades pobres)

A principal vantagem de  $M_0$  em relação a  $H$ , é que a primeira atende a monotonicidade dimensional, pois quando um pobre se torna privado em uma dimensão adicional, isto aumenta o valor de  $c_i(k)$ , o que aumenta o valor de  $A$  e, por fim resulta em um aumento de  $M_0$ .

Dentre as propriedades de  $M_0$  elencada e provadas por Alkire & Foster (2011) destacam-se<sup>3</sup>:

1. Invariância a replicações: se  $x$  e  $y$  são duas populações, tal que  $x$  é um múltiplo de  $y$ , então  $M_0(x; z) = M_0(y; z)$ , haja vista que a multiplicação de  $y$  por qualquer valor não altera a proporção de pobres ( $H$ ) nem a privação média entre os pobres ( $A$ ). Isto garante

<sup>2</sup> De acordo com Alkire & Foster (2011), uma medida de pobreza respeita a monotonicidade dimensional se quando um pobre se torna privado em uma dimensão adicional esta medida se eleva.

<sup>3</sup> Para uma prova e uma exposição formal, ver Teorema 1 em Alkire & Foster (2011).

que a pobreza avaliada por  $M_0$  é relativa ao tamanho da população, o que garante que comparações de  $M_0$  entre regiões com populações distintas tenham significado.

2. Foco na pobreza: se  $x$  é obtida a partir de  $y$  a partir de um incremento das realizações entre os não pobres, então  $M_0(x; z) = M_0(y; z)$ .
3. Foco nas privações: se  $x$  é obtida a partir de  $y$  a partir de um incremento das realizações entre os não privados, então  $M_0(x; z) = M_0(y; z)$ .
4. Monotonicidade fraca: se  $x$  é obtida a partir de  $y$  a partir de um incremento em qualquer realização então  $M_0(x; z) \leq M_0(y; z)$ .
5. Monotonicidade dimensional: se  $x$  é obtida a partir de  $y$  a partir de um incremento das realizações nas unidades pobres, então  $M_0(x; z) < M_0(y; z)$ .
6. Normalização:  $0 \leq M_0 \leq 1$

Na verdade, Alkire & Foster (2011) provam que as propriedades acima são respeitadas para toda uma classe de famílias de medidas de pobreza, que eles chamam de classe  $M_\alpha$ , que engloba  $M_0$  como um caso especial. Esta classe mais geral não foi apresentada aqui, pois para valores de  $\alpha > 0$  ela requer que todos os dados sejam cardinais, o que limita muito as opções de variáveis a serem consideradas para a composição do MPI em aplicações reais. Para aqueles que se interessarem por esta família mais ampla e dispuserem de uma base de dados cardinal capaz de refletir a situação de pobreza adequadamente, vale ressaltar que as medidas  $M_\alpha$ , para  $\alpha > 0$ , guardam grande semelhanças com as já clássicas medidas de pobreza de renda FGT de Foster, Greer e Thorbecke (1984). Logo, sempre que se refere ao MPI neste trabalho está se falando do índice de pobreza multidimensional calculado através de  $M_0$ .

Todas as propriedades relatadas logo acima, eram desejáveis na aplicação feita nesta tese, mesmo que de forma implícita. A propriedade de invariância a replicações foi essencial para que a comparação entre os valores do MPI calculados para cada estado brasileiro tivesse significado. Ademais, as propriedades de foco na pobreza, foco nas privações, monotonicidade fraca e monotonicidade dimensional foram importantes para que se pudesse verificar como a pobreza seria afetada por mudanças no acesso a água e esgoto e mudanças na condição nutricional dos domicílios, bem como alterações no ranking estadual da pobreza resultantes destas alterações. Já o fato do MPI pertencer ao intervalo entre zero e um tornou sua interpretação e comparação entre os estados mais intuitiva. Por fim, para a incorporação do acesso à rede de água e acesso a rede de esgoto na identificação dos domicílios pobres no Brasil, a capacidade do MPI de lidar com dados ordinais era necessária.

### 2.3 Aplicações do MPI no Brasil

Antes mesmo da publicação das propriedades do MPI em Alkire & Foster (2011), em um texto para discussão da *Oxford Poverty and Human Development Initiative* Alkire & Santos (2010), usando dados do *World Health Survey*, já haviam calculado um MPI para o Brasil. Em particular, Alkire & Santos (2010) calcularam que o percentual de famílias pobres na população brasileira (H) era de 8,5%, enquanto a privação média entre os pobres no Brasil (A) era de 46%, o que resultava em um MPI de 3,6%. Valor este que colocava o Brasil na posição 39 de um total de 104 países.

Mais recentemente, a ONU publicou, no seu Relatório do desenvolvimento humano, o valor do MPI para uma amostra de cerca de 90 países (ONU, 2014). Para o Brasil os valores encontrados foram: proporção de pobres de 4% e 3,1%, privação média entre os pobres de 41,4% e 40,8% e, finalmente, MPIs de 1,7% e 1,2%, respectivamente para 2006 e 2012.

Um fato interessante a se notar dessas duas estimativas (ONU e Alkire & Santos (2010)), é que elas utilizaram estruturas para o índice muito similares entre si. Nos dois casos o MPI considerou três grandes dimensões com pesos iguais entre si: educação, saúde e condições de vida. Cada uma dessas dimensões foi composta por vários subcomponentes, também com pesos iguais entre si. A grande diferença nos valores de H das estimativas de Alkire & Santos (2010) e do relatório da ONU se deve, principalmente, ao fato dos cálculos da ONU se basearem nos microdados da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) 2012, publicada anualmente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e a do primeiro em dados do *World Health Survey* (WHS). Isto acontece, porque dependendo da base utilizada, alguns subcomponentes das dimensões não estão disponíveis, de modo que os outros subcomponentes passam a ter cada um deles um peso maior dentro daquela dimensão. E se para os subcomponentes restantes a frequência de privações é menor, o resultado são valores de H também menores. Especificamente, a PNAD não permitiu considerar um subcomponente do estado nutricional dos indivíduos, enquanto os dados do WHS incluíam este indicador (ONU, 2014; Alkire & Santos (2010)). Isto serve para mostrar o quão importante é a escolha da base dados para a construção do MPI.

### 2.4 Uma nova aplicação do MPI para o Brasil

Definida a medida que serviu de base para a construção do índice de pobreza multidimensional deste trabalho e apresentadas suas principais propriedades, segue-se a apresentação de uma proposta de aplicação que considera o acesso e a disponibilidade de água em uma das dimensões do índice, bem como a definição da base de dados a ser utilizada para a sua construção.

Deve-se ter em mente que esta aplicação do MPI propõe-se além de incorporar o acesso a água como um indicador de pobreza, a ser também parte de uma plataforma integrada de avaliação de políticas públicas de água. Neste sentido, a proposta difere das aplicações de Alkire & Santos (2010) e ONU (2014), anteriormente descritas. O MPI desenvolvido e aplicado com este objetivo levou em conta na sua construção a capacidade de integração com os demais componentes da plataforma integrada, a saber: o modelo de equilíbrio geral computável (MEGC) e os modelos econométricos. Este aspecto direcionou muitas escolhas feitas nesta proposta de aplicação, inclusive no que se refere a escolha da base de dados.

O primeiro passo na definição desta aplicação do MPI foi decidir quais seriam as dimensões e os subcomponentes destas dimensões que seriam utilizados na construção do índice. Seguiu-se, em linhas gerais, as aplicações anteriores de Alkire & Santos (2010), ONU (2014) e Alkire & Santos (2014), pois foram mantidas as três dimensões dos referidos trabalhos, a saber: saúde, educação e condições de vida. Porém, no presente estudo foi feita a opção de separar alguns dos subcomponentes que naquelas aplicações faziam parte da dimensão condições de vida em uma quarta dimensão de serviços industriais de utilidade pública (SIUP<sup>4</sup>). A justificativa para tal modificação é que estes SIUP compartilham de uma característica que os distingue dos demais subcomponentes da dimensão condições de vida, que é o fato de a obtenção destes serviços por parte dos domicílios depender muito mais da capacidade do setor público de fornecê-los, do que das próprias capacidades dos indivíduos que formam os domicílios de consegui-los. Sendo esta oferta fortemente influenciada por investimentos de infraestrutura governamentais. Ademais, o acesso a rede de água e a rede de esgoto eram parte essencial desta aplicação do MPI, de modo que, destacá-los em uma dimensão separada lhes deu maior peso na composição do índice, o que reflete a avaliação de que o acesso a esses serviços merece uma maior importância do que tinha até então sido concedida em outras aplicações do MPI. E ainda, esta nova divisão também permitiu distinguir dois efeitos sobre a

---

<sup>4</sup> O setor SIUP também inclui eletricidade, gás encanado e limpeza urbana.

pobreza de variações na disponibilidade de água bruta<sup>5</sup> para a agricultura, um indireto através da dimensão nutricional, que é afetada por possíveis variações nos preços dos alimentos decorrentes da variação da restrição hídrica (redução na quantidade de água utilizada para irrigação); e outro efeito direto, através de uma maior quantidade de domicílios ligados a rede de água e a rede de esgoto.

A descrição de cada dimensão, seus subcomponentes e os pontos de corte de cada subcomponente são reportados no Quadro 1. Na primeira coluna do Quadro 1 encontram-se as quatro dimensões selecionadas. Na segunda coluna, têm-se os indicadores usados para inferir o atendimento dos domicílios com relação a cada uma das quatro dimensões. E por último, na terceira coluna, o Quadro 1 traz os pontos de corte utilizados para considerar um dado domicílio privado daquela dimensão.

<b>Dimensão</b>	<b>Subcomponente</b>	<b>Domicílio considerado privado se:</b>
Saúde	Atendimento médico ou obtenção de remédio	Algum morador do domicílio precisou de atendimento médico ou de remédio e não conseguiu por falta de dinheiro
	Nutrição	Consumo per capita de calorias no domicílio ficou abaixo de 1000 Kcal <sup>6</sup>
Educação	Anos de estudo	Nenhum indivíduo do domicílio tinha mais do que cinco anos de estudo
	Educação infantil	Alguma criança em idade escolar (5 - 14) que não frequentava a escola
Condições de vida	Combustível usado para cozinhar	O combustível usado para cozinhar no domicílio era carvão, lenha ou outro (que não gás e eletricidade)
	Banheiro no domicílio	Não existia banheiro de uso exclusivo do domicílio
	Condição geral do domicílio	A pessoa entrevistada no domicílio considerava a condição geral de moradia no domicílio como ruim
	Presença de inundações	Estava sujeito a inundações
	Serviços de lazer	Não existiam instalações de lazer ou esporte próximas do domicílio
SIUP	Saneamento	Não tinha ligação com a rede geral de esgoto e nem fossa séptica
	Água	Não tinha água encanada
	Eletricidade	Não estava conectado à rede geral de energia

Quadro 1 – Dimensões, subcomponentes e pontos de corte do MPI para o Brasil.

Fonte: Elaboração própria com base em Alkire & Santos (2014).

<sup>5</sup> Água azul para irrigação.

<sup>6</sup> Este valor de 1000 Kcal foi escolhido de forma *ad hoc*, baseando-se apenas no fato de segundo a organização mundial da saúde um adulto médio deve ingerir em torno de 2000 Kcal. O valor correto que indicaria má nutrição depende de diversos fatores, em especial do gênero, idade, altura e nível de atividade física.

A mensuração da dimensão através de indicadores é algo que não foi explicitamente tratado quando da seção 2,2 em que as notações e os fundamentos teóricos do MPI foram apresentados. Contudo, o uso desses indicadores no cálculo do MPI, pode ser facilmente apresentado com base nos conceitos daquela mesma seção. Conforme mencionado anteriormente, O MPI aplicado nesta tese considerou que as dimensões tinham importância igual no que tange à inferência da pobreza no país. Isto significa que cada dimensão tem peso dado por  $w_j = 1/d$ , que no caso deste estudo é dado por  $w_j = \frac{1}{d} = \frac{1}{4} = 0,25$ . Este mesmo raciocínio de pesos iguais pode ser estendido para os indicadores, que são subcomponentes de cada dimensão. Formalmente, o peso de cada subcomponente foi calculado como:

$$w_{sc} = \frac{(1/d)}{sc} = \frac{w_j}{sc} \quad (4)$$

Onde  $sc$  é o número de subcomponentes da dimensão  $j$ . Assim, por exemplo, o peso do subcomponente nutrição da dimensão saúde é dado por  $w_{nutricao} = 0,25/2 = 0,125$ , enquanto o peso do subcomponente saneamento da dimensão SIUP é dado por  $w_{nutricao} = 0,25/3 \cong 0,083$ .

A etapa seguinte na construção do MPI para o Brasil e suas unidades federativas foi a de determinar o segundo ponto de corte, que determina em quantas dimensões cada domicílio tem que estar privado para ser considerado pobre, ou seja, era preciso definir o valor de  $k$ . Uma forma mais prática de definir este corte no contexto em que cada dimensão é formada por vários subcomponentes é, ao invés de delimitar o número de dimensões  $k$ , definir a proporção das dimensões não atendidas em relação ao total considerado, ou seja,  $\tilde{k} = k/d$ . Na presente aplicação, optou-se por um valor de  $\tilde{k} = 0,33$ , o mesmo valor utilizado por Alkire & Foster (2011), Alkire & Santos (2010) e Ayuya et al (2014). Este valor implica dizer que para ser considerado pobre um domicílio qualquer deve ser privado em pelo menos 33% das realizações (dimensões). Esta escolha de  $\tilde{k}$ , aliada ao fato do peso de cada dimensão ser de 25% impôs a condição da pobreza um caráter efetivamente multidimensional, ao mesmo tempo em que não atribuiu o foco da medida apenas para aqueles extremamente pobres, o que aconteceria, por exemplo com um  $\tilde{k} = 0,75$ .

Com relação à base de dados escolhida, dois critérios básicos precisavam ser atendidos e foram considerados: 1) ter variáveis que representassem as necessidades básicas dos indivíduos, de tal forma que o índice construído a partir dela de fato refletisse a pobreza e 2) ter informações que fossem úteis aos demais modelos. Para o Brasil, duas bases de dados foram

avaliadas, a já mencionada PNAD e a POF (Pesquisa de Orçamentos Familiares), ambas publicadas pelo IBGE. A POF foi escolhida, pois mesmo estando um pouco defasada - sua última versão contém dados coletados durante o biênio 2008/2009 – atende melhor o segundo critério e também superava a PNAD com relação ao primeiro critério. A razão disso é que a POF contém informações detalhadas a respeito do consumo de alimentos pelas famílias brasileiras, inclusive informações sobre despesa e quantidade, o que permitiu estimar funções demanda para os alimentos, cujos parâmetros foram também utilizados no MEGC além de permitir também a inclusão de um subcomponente nutricional na dimensão saúde do MPI. Considera-se estes dois ganhos com o uso da POF fundamentais para a aplicação a que se pretende esta tese, pois diferentes decisões de alocação de águas devem afetar direta e fortemente o setor agropecuário da região, de forma que a principal conexão com o índice de pobreza deve ser através do consumo de alimentos.

Um ponto negativo, tanto da POF, quanto da PNAD é que as mesmas não possuem informações desagregadas por municípios, o que seria importante para desagregar os resultados do MPI entre os municípios de cada um dos estados brasileiros

Finalmente, vale salientar que a POF contém alguns dados por domicílio, outros por indivíduo e outros ainda por família. Assim, os dados usados na construção do MPI, e nas outras partes da plataforma integrada, foram agregados por domicílio, enquanto os domicílios com mais de uma família foram excluídos. Também foram excluídos domicílios que não tiverem nenhum gasto com alimentos e domicílios que tiveram um consumo calórico *per capita* menor do que 100 Kcal, o que resultou em uma amostra final com 44,070 domicílios para o Brasil.

## 2.5 Resultados do MPI para os estados brasileiros

De posse de tudo o que fora exposto acima nesta seção e nas seções anteriores, o MPI foi calculado com base nos microdados da POF para cada uma das 27 unidades federativas (UF) brasileiras, para que se tivesse um ranking da pobreza entre essas UFs.

Devido ao fato do MPI calculado nesta tese ser na verdade uma adaptação da medida  $M_0$  de Alkire & Foster (2011), os valores da proporção de pobres na população, ou simplesmente medida H, para as UFs brasileiras foi inicialmente calculada no presente estudo e representada na Figura 1 abaixo, com seus respectivos intervalos de confiança a 95%<sup>7</sup>. As

---

<sup>7</sup> A POF é uma pesquisa de amostragem complexa, de modo que todos os intervalos de confiança calculados para o MPI e as medidas que o constituem foram calculados considerando esta amostragem complexa.

duas linhas horizontais na Figura 1 delimitam o intervalo de confiança obtido para o valor de H para o Brasil, que ficou entre 14,31% e 15,15%, com média de 14,73%. Este valor um pouco acima daquele encontrado por Alkire & Santos (2010) ( $H = 8,5\%$ ) se deve, além de terem utilizados bases de dados diferentes, ao fato desta aplicação ter usado uma divisão em quatro dimensões ao invés de três. Isto por sua vez, implicou em pesos para os subcomponentes da dimensão SIUP e para os subcomponentes da dimensão saúde, substancialmente maiores do que os pesos usados naquele artigo. Junte-se a isso uma proporção bastante elevada na privação dos domicílios no que diz respeito ao subcomponente de saneamento básico, 41% dos domicílios brasileiros eram privados neste subcomponente, e o resultado foi esta diferença de seis pontos percentuais. Em outras palavras, a diferença entre o a medida original e a aqui proposta e calculada é consequência de uma consideração de que o acesso a água, o acesso ao saneamento básico e os subcomponentes da dimensão saúde, têm um maior peso do que aquele considerado por Alkire & Foster (2010). Vale salientar neste sentido que Alkire & Foster (2010) utilizam um único subcomponente para a dimensão saúde no Brasil, qual seja se o indivíduo que respondeu a entrevista do WHS (*World Health Survey*), estava ou não malnutrido.

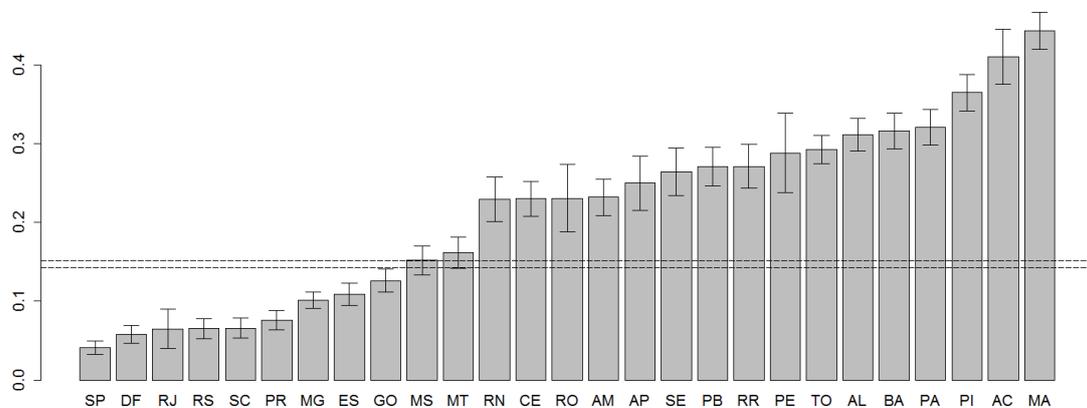


Figura 1: Proporção de domicílios pobres (H), por UF do Brasil. 2008/2009.

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF.

Outro fato a se ressaltar na Figura 1, é a distribuição regional do ranking implicado por H. Neste sentido, as UFs com menor proporção de domicílios pobres são os dois estados mais ricos do país, além do Distrito Federal. Em seguida, aparecem os estados da região sul e os demais estados do sudeste, com os estados do centro-oeste logo depois. E situando-se acima da média brasileira, encontra-se os estados da região norte e nordeste, com o Piauí, Acre e Maranhão ocupando as três últimas posições. Pernambuco, por sua vez, foi o oitavo estado com

maior proporção de pobres, com um H médio de 31,12% e limites inferior e superior respectivamente de 29,04% e 33,20%, o que correspondem a valores mais do que duas vezes maiores do que aqueles calculados para o Brasil como um todo.

O quadro desenhado pela medida H não muda muito quando se leva em conta o MPI, sobretudo no que tange a distribuição regional da pobreza multidimensional. É o que mostra a Figura 2. A maioria das mudanças de posição ocorre na parte superior (entre os mais pobres) do ranking. Em especial, o Acre ultrapassou o Maranhão como a UF mais pobre do Brasil. Enquanto isso, não houve mudança de posição entre as seis primeiras UFs menos pobres do país. Pernambuco também permaneceu na mesma posição com um MPI médio de 13,04%, com intervalo de confiança entre 11,92% e 14,19%, ao passo em que o Brasil teve um MPI médio de 6,23%. Mas a despeito de algumas UFs terem trocado de posição no ranking baseado no MPI, em relação aquele baseado em H, nenhuma dessas mudanças foi significativa, no sentido de que, levando em consideração os intervalos de confiança para H, nenhuma destas mudanças alterou o ranking além do “previsto” pelos mesmos intervalos de confiança.

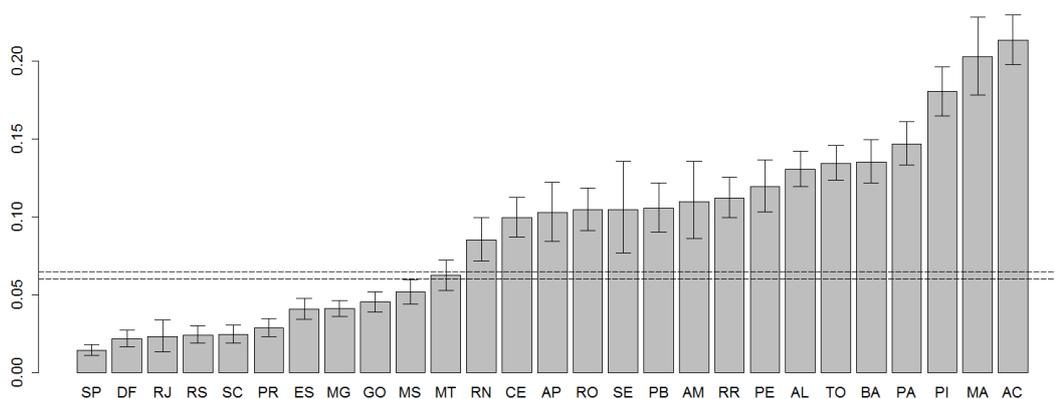


Figura 2: MPI, por UF do Brasil. 2008/2009.

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF.

A razão para a pouca mudança entre os rankings baseados em H e MPI é que o segundo é simplesmente uma correção do primeiro, feita multiplicando-se H pela privação média dos pobres dada por A (ver equação 3). Por seu turno, a medida A se mostrou fortemente correlacionada com H, com o coeficiente de correlação de Pearson entre as duas entre 0,74 e 0,94 com 95% de confiança. Além disso, os valores de A para cada UF foram muito homogêneos, conforme evidencia a Figura 3, com valores entre 33,54% a 52,82%. De modo que, mesmo que A e H estivessem fracamente correlacionados, dificilmente a correção de H pela multiplicação por A alteraria o ranking original.

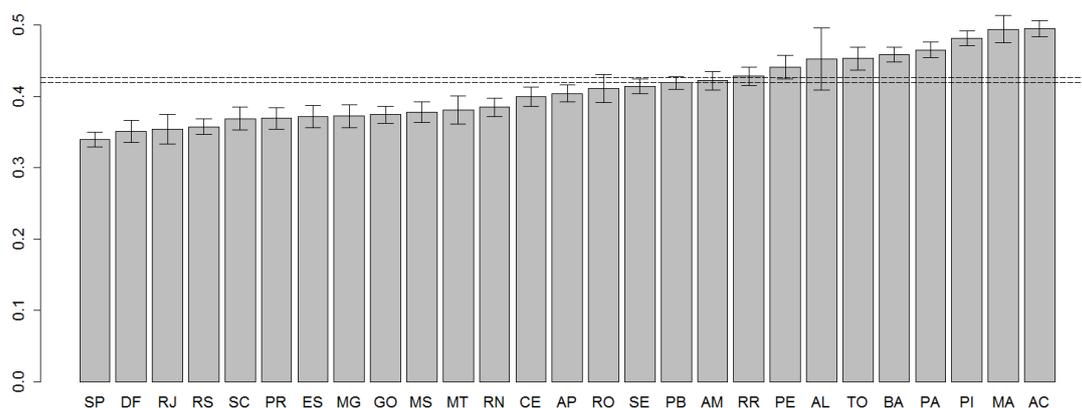


Figura 3: Privação média entre os domicílios pobres (A), por UF do Brasil. 2008/2009.  
Fonte: Elaboração própria com microdados da POF.

Vale notar ainda, que o quadro geral mostrado usando-se a  $H$  ou  $M_0$  foi substancialmente diferente da situação reportada em Diniz & Diniz (2009), que usando uma metodologia baseada em lógica *fuzzy* também construíram um ranking da pobreza entre os estados brasileiros, mas bem diferente do apresentado nas Figuras 1 e 2, pois não encontraram evidências regionais tão expressivas. Como exemplo, os autores reportaram o estado do Rio Grande do Sul como o estado mais pobre do Brasil e o Rio Grande do Norte como o quarto menos pobre. Isto mostra o quanto a escolha da metodologia para a construção do índice pode afetar o ranking de pobreza dos estados.

## 2.6 Eliminação de privações e o MPI dos estados brasileiros

Uma série de análises contra factuais podem ser simulados usando apenas o MPI, sem a necessidade de nenhum outro modelo auxiliar. Para tanto, basta que se alterem os vetores de privações das famílias do Brasil e se recalcule o índice para cada um dos estados novamente. Dentre os inúmeros cenários possíveis, optou-se aqui por simular apenas três, os quais se encontram descritos no Quadro 2. A ideia por trás da escolha destes cenários é que todos eles estão diretos ou indiretamente relacionados a disponibilidade de água no país.

Cenário	Descrição do cenário
S-MPI-I	Nenhuma família privada no subcomponente nutrição
S-MPI-II	Nenhuma família privada no subcomponente água
S-MPI-III	Nenhuma família privada no subcomponente saneamento

Quadro 2: Descrição dos cenários a serem simulados para o MPI das UFs brasileiras.  
Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 1 traz os resultados das três simulações para cada uma das UFs do Brasil, em duas colunas para cada simulação. Na primeira coluna encontra-se a variação do MPI em relação ao valor original. Enquanto que na segunda coluna tem-se a variação no *ranking* em decorrência da simulação, de modo que, que valores negativos indicam que a UF em questão passou a ser menos pobre em relação as demais. Observa-se que as maiores variações percentuais dos valores do MPI e as maiores quantidades de mudanças no ranking ocorreram na simulação S-MPI-III, seguida da S-MPI-II e S-MPI-I (ver Quadro 2). Existem dois motivos para isto: em primeiro lugar, os subcomponentes de acesso a água e de acesso ao saneamento foram os que mais apresentaram privações entre as famílias no Brasil, o que explica quedas significativas do MPI das UFs quando estas privações são eliminadas. Além disso, o subcomponente nutrição é distribuído de maneira mais uniforme entre os estados do país que os outros subcomponentes usados nas simulações aqui analisadas, de tal forma que sua eliminação (S-MPI-I) causou poucas e menores mudanças nas posições do *ranking*. Ainda no que tange especificamente à simulação S-MPI-I, a UF com maior redução do MPI foi São Paulo, com uma redução de mais de 40%, enquanto a menor redução foi a do Maranhão (0,75%). Na verdade, de maneira geral, UFs que originalmente tinham maiores MPIs (mais pobres) tiveram menores reduções no índice, enquanto as maiores reduções foram alcançadas pelas UFs com menores índices (menos pobres). Tal padrão não surpreende, haja vista que as variações na Tabela 1 estão em termos percentuais. Assim, variações absolutas semelhantes nos índices, devido a uniformidade na distribuição do componente nutrição entre os estados, apareceriam maiores em termos percentuais para aqueles estados com menores valores de MPI. Ademais, pode-se concluir deste resultado que em UFs mais pobres, estando as famílias sujeitas

a um número maior de privações, uma privação com uma menor incidência geral como a desnutrição, tem pouco efeito sobre o valor do seu MPI<sup>8</sup>.

Tabela 1: Simulações de eliminações de privações sobre o MPI das UFs brasileiras.

UF	S-MPI-I		S-MPI-II		S-MPI-III	
	Varição do MPI (%)	Varição no ranking	Varição do MPI (%)	Varição no ranking	Varição do MPI (%)	Varição no ranking
AC	-6,86	-1	-28,77	-1	-35,70	0
AL	-11,69	0	-28,16	-1	-40,69	-1
AM	-0,84	1	-33,06	-2	-41,53	0
AP	-11,47	0	-31,88	-1	-57,98	-1
BA	-7,06	0	-18,72	1	-37,27	-1
CE	-11,79	0	-27,42	1	-43,90	2
DF	-28,54	0	-7,85	0	-16,88	2
ES	-34,08	0	-3,99	0	-42,25	2
GO	-20,40	0	-3,81	1	-55,22	-1
MA	-0,75	1	-27,85	1	-37,69	0
MG	-27,62	0	-10,04	0	-34,34	2
MS	-24,02	0	-11,16	-1	-67,39	-4
MT	-17,20	0	-18,60	0	-52,56	0
PA	-3,83	0	-32,61	-2	-40,07	0
PB	-12,62	-1	-31,71	-2	-41,66	0
PE	-7,78	0	-25,66	-1	-46,05	-1
PI	-7,86	0	-21,51	0	-31,94	0
PR	-19,10	0	-7,89	0	-48,70	1
RJ	-36,57	0	-10,06	0	-52,02	-1
RN	-15,47	0	-25,84	0	-55,10	0
RO	-12,98	0	-21,17	3	-49,16	-1
RR	-10,64	-1	-15,43	2	-24,22	4
RS	-17,30	1	-10,09	0	-48,45	-1
SC	-25,16	-1	-3,13	0	-40,09	0
SE	-9,66	1	-25,70	1	-45,20	0
SP	-43,49	0	-3,60	0	-36,21	0
TO	-6,49	0	-20,16	1	-36,58	-1

Fonte: Elaboração própria com base na POF 2008/2009.

Na simulação S-MPI-II os resultados passam a apresentar um padrão, ainda que menos evidente, inverso aquele verificado na simulação S-MPI-I. Em resumo, as reduções do MPI sob este segundo cenário foram diretamente proporcionais ao nível de pobreza original, ou seja, quanto maior o MPI original de uma UF maior a redução alcançada pela chegada de água

<sup>8</sup>Apenas cerca de 9% dos domicílios brasileiros não consumiam o valor mínimo de 1200 Kcal por pessoa, enquanto 41% dos domicílios não tinha acesso a saneamento básico.

encanada a todos os domicílios do país; sendo a maior redução vivenciada pelo Amazonas (33,06%) e a menor por Goiás (3,88%). Tal fato mostra que o acesso a água encanada é um problema maior em regiões menos desenvolvidas do país como o Norte e o Nordeste do que nas demais regiões mais desenvolvidas. A distribuição desigual no país deste subcomponente, aparece também na quantidade e número de posições que se altera no *ranking*.

Por fim, na simulação S-MPI-III aparecem os resultados mais significativos. As reduções da pobreza variaram entre cerca de 16% para o DF e a 67% para o Mato Grosso do Sul. Já no que tange as mudanças de posições, houve mudanças de até quatro posições como foi o caso do Mato Grosso do Sul e de Roraima, o primeiro passando por uma queda na sua posição relativa e o segundo por um aumento. Porém, neste caso não conseguiu se identificar uma correlação entre os resultados da eliminação da privação em saneamento básico e o nível de pobreza inicial, medido pelo MPI, como no caso do acesso a água encanada. Isto indica, juntamente com a intensidade das variações, que o acesso ao saneamento é um fator com grande potencial para mudança nas condições de pobreza dos domicílios de uma forma geral em todo o país.

## **2.7 Considerações finais**

Como qualquer método em Economia, o MPI não é imune a falhas nem a críticas. A principal crítica que se faz a um índice de pobreza como o MPI, em que os pesos de cada dimensão e subcomponente são escolhidos pelo pesquisador, é que a medida de pobreza não deveria estar sujeita ao juízo de valor do pesquisador, implícito na escolha subjetiva dos referidos pesos. Existem várias estratégias para evitar este tipo de escolha.

Primeiro, alguns trabalhos optam por não agregar as dimensões do índice de nenhuma maneira, ou apesar de agregarem, o fazem de modo a construir uma medida de pobreza plenamente relativa (BELHADJ, 2012; BELHADJ & LIMAM, 2012; DINIZ & DINIZ, 2009). Outros trabalhos utilizam métodos de análise multivariada de dados para encontrarem os pesos de cada um dos subcomponentes com base nos próprios dados da pesquisa (EAKIN & BOJÓRQUEZ-TAPIA, 2008; ZELLER, SHARMA & HENRY, 2005; COHEN & SULLIVAN, 2010). Por fim, pode-se evitar o juízo de valor do pesquisador transferindo-se essa responsabilidade para representantes da comunidade que está sendo estudada, como fizeram Plummer et al (2013).

No entanto, cada uma das três estratégias alternativas relatadas acima também podem ser criticadas. Construir uma medida (agregada) de pobreza apenas relativa impede um diagnóstico direto sobre a pobreza em uma determinada região, uma vez que é sempre preciso comparar a pobreza de uma região com a de outra para que se obtenha algum significado. Enquanto isso, a não agregação das dimensões impede quase completamente uma comparação entre duas regiões, salvo os casos em que uma dominância vetorial, o que é de longe uma exceção, e desse modo não serviria aos objetivos desta tese sendo, portanto descartado desde o momento em que se optou pelo MPI. Por último, os métodos *data driven*, como os de análise multivariada de dados, ou o uso da opinião da comunidade, carecem de uma fundamentação teórica que guie a escolha dos pesos, o que os ainda deixa susceptíveis ao mesmo tipo de crítica destinadas a um esquema de pesos escolhido pelo pesquisador. Sendo assim, optou-se pelo esquema de pesos balanceado por sua simplicidade, o que facilita o seu uso por uma ampla gama de agentes públicos ou privados na avaliação da pobreza nas regiões. Ainda assim, uma extensão dos resultados apresentados acima seria verificar como eles se alterariam em face de pesos calculados por métodos *data driven*.

Outro ponto controverso, mas desta vez não do MPI em si, mas das suas aplicações realizadas aqui e em Ayuya et al (2014), Terzi (2013), Alkire & Santos (2010) e Alikire & Santos (2014), reside no uso de dados em nível de domicílios (ou famílias) ao invés de dados individuais. Vijaya et al (2014) demonstram que o uso de dados em nível de domicílio pode levar a subestimação da pobreza, sobretudo quando existe forte desigualdade na distribuição dos bens e serviços no domicílio, por exemplo, devido a uma discriminação de gênero. Não obstante este problema, optou-se aqui por calcular o MPI utilizando dados para domicílios devido a vários fatores. Em primeiro lugar, o objetivo desta tese não é medir até que ponto existe desigualdade de gênero, ou de qualquer outra característica individual, dentro dos domicílios, mas sim medir como políticas públicas de gestão de água podem afetar a pobreza. O que, por seu turno, se dará através de dois principais canais, o aumento no número de domicílios com acesso a água encanada e acesso a esgotamento sanitário, e variações nos preços dos alimentos, que por sua vez devem afetar o estado nutricional das pessoas. Sendo que o primeiro desses canais é intrinsecamente uma variável medida em termos de domicílios e o segundo, ainda que idealmente devesse ser calculado com base nos indivíduos, estava disponível nos dados apenas para os domicílios. Em segundo lugar, mesmo que esta tese se prestasse a tentar medir algum tipo de desigualdade dentro dos domicílios, nas bases de dados disponíveis, a educação era a única dimensão para a qual se tinha dados por indivíduo, de modo que tal tentativa não seria bem-sucedida.

Por último, Permanyer (2014) chama atenção para o fato de um aumento de uma realização de uma unidade que não estava privada naquela dimensão não afetaria o valor do MPI, independentemente daquela unidade ser considerada pobre ou não, o que seria algo excessivamente restritivo. Para resolver tal situação o autor sugere uma medida multidimensional que permite distinguir indivíduos pobres de acordo com o quão acima dos pontos de corte eles se encontram em dimensões que não estão privados<sup>9</sup>. Esta medida, no entanto, sofre da dependência de dados cardinais, tornando sua aplicação restritiva, uma vez que privações importantes como não ter acesso a saneamento básico ou acesso a água encanada são privações essencialmente ordinais.

Não obstante as críticas que possam ser feitas ao MPI no geral, ou a sua aplicação particular feita aqui, este trabalho mostrou que é possível construir um *ranking* de pobreza para os estados brasileiros que leve em conta um subcomponente nutricional direto, com base no consumo calórico *per capita* nos domicílios - o que ainda não tinha sido feito para o Brasil - e que ainda considerasse o acesso a água e ao esgotamento sanitário de forma direta. Através das simulações realizadas, pôde-se mostrar que não apenas a eliminação das privações relativas a nutrição, acesso a água e acesso a esgoto tiveram grande impacto sobre o índice de pobreza. Não apenas isso, foi possível também verificar que as maiores reduções na pobreza foram alcançadas com a universalização do acesso ao esgoto, seguida da universalização do acesso a água e por fim a universalização da nutrição. Por outro lado, a universalização do esgoto e da água tiveram impactos mais bem distribuídos entre as UFs, indicando que a falta de acesso aos mesmos é um problema mais generalizado no Brasil, enquanto a redução da pobreza devido a universalização da nutrição foi, em linhas gerais, inversamente proporcional a pobreza original. Pode-se concluir que as políticas de gestão de recursos hídricos, por afetarem a disponibilidade e a qualidade das águas<sup>10</sup>, têm, portanto, potencial de afetar este índice de pobreza.

### **3 UM SISTEMA DE DEMANDA POR ALIMENTOS PARA O BRASIL**

#### **3.1 Introdução**

---

<sup>9</sup>Assim, por exemplo, considere dois indivíduos pobres pela medida de Permanyer (2014), A poderia ser considerado mais pobre do que B se para uma determinada dimensão, para os quais os dois não estavam privados, A tivesse um menor (pior) valor do que B.

<sup>10</sup> Conforme Metha (2014) não basta simplesmente ter acesso a água, é preciso ter um tipo de acesso que permita aos indivíduos realizar suas capacidades. E um acesso a água suja, ou intermitente não preenche este requisito.

Estimar econometricamente equações de demanda está entre os tópicos mais férteis na literatura de economia aplicada, haja vista que o sistema de demanda é um bloco fundamental de praticamente todos os modelos microeconômicos e também de grande parte dos modelos macroeconômicos, sobretudo dos modelos de crescimento modernos (MAS-COLELL, WHINSTON & GREEN, 1995; ACEMOGLU, 2012). Afinal, não existe mercado para um bem, se não existir demanda por esse mesmo bem. E assim, todos os modelos que envolvem a determinação do equilíbrio de mercado envolvem alguma suposição sobre o comportamento da demanda, seja um equilíbrio parcial, onde apenas um ou alguns bens, serviços ou insumos são considerados, seja um equilíbrio geral, onde todos os bens, serviços e insumos, produzidos e consumidos são levados em conta.

Para utilização em Modelos de Equilíbrio Geral Computável (MEGC) o mais comum é supor uma função de utilidade simples, derivar a função demanda resultante do programa de maximização de utilidade e calibrar os parâmetros desta última função, sem fazer nenhuma estimação (JORGENSEN *et al*, 2013a). No entanto, demandas calibradas podem ser diretamente submetidas a testes de validade empírica, como é o caso da função Cobb-Douglas, que ainda que em geral seja apenas calibrada, goza de grande aceitação empírica, principalmente para dados mais agregados.

O procedimento de calibração tem vantagens e desvantagens. A principal vantagem é a facilidade com que a mesma é feita, sem exigir nenhum conhecimento de estatística ou matemática mais aprofundado. Por outro lado, existem também grandes desvantagens. A mais grave dessas desvantagens é que as formas funcionais que podem ser calibradas são justamente as formas funcionais menos flexíveis, ou olhando pelo outro lado, são aquelas que mais impõem restrições sobre o comportamento do consumidor. Por exemplo, formas funcionais que pressupõem que todos os bens sejam normais - tudo o mais constante, um aumento da renda implica em um aumento do consumo dos bens (JORGENSEN *et al*, 2013a).

Outra desvantagem do procedimento de calibração é que a mesma resulta, em geral, em valores exatos e únicos para os parâmetros, o que não enseja a construção de intervalos de confiança e conseqüentemente impede a verificação da significância estatística dos parâmetros. O fato é que os parâmetros de uma função demanda são parâmetros comportamentais, que seguem de suposições sobre as preferências da família implícitas na escolha da função utilidade. Mas a verdade é que ninguém, nem mesmo a própria família, sabe qual é o verdadeiro formato da sua função utilidade, muito menos qual o formato da sua função demanda. O que coloca sérias dúvidas se o valor calibrado está de fato refletindo o comportamento daquela família.

Enquanto isso, ao se utilizar a econometria para estimar parâmetros comportamentais, obtêm-se valores médios e desvios-padrões em relação aos mesmos, o que é uma vantagem dado que a verdadeira natureza do problema incorpora incerteza nesses parâmetros. Abre-se assim a possibilidade de analisar a confiabilidade dos resultados baseados nestes mesmos parâmetros. Mais do que isso, o uso da econometria permite a utilização de formas funcionais mais flexíveis do que aquelas exigidas pelo processo de calibração. Onde por flexível entenda-se a capacidade de uma função demanda de representar uma maior gama de comportamentos dos consumidores, coerentes com a teoria econômica. O resultado da soma dessas duas vantagens da estimação econométrica do comportamento da demanda frente a calibração é um modelo de demanda, ao mesmo tempo, mais realista e transparente, no sentido que explicita o quão confiável são as estimações, cujos resultados podem ser checados estatisticamente. E no caso de um modelo de demanda assim estimado incorporado a um MEGC leva a tais vantagens serem estendidas a este último modelo. Assim, o objetivo deste capítulo é estimar econometricamente um sistema de demanda por alimentos, por domicílio, que será usado como bloco fundamental de um MEGC construído para o Brasil e que pode ser usado também para outros MEGC a serem desenvolvidos para qualquer região do país.

### 3.2 Fundamentação Teórica

A estimação das funções demanda por alimentos ao invés de sua calibração, além dos dados brutos necessários para essa estimação, requer a escolha da forma funcional a ser estimada. Em primeiro lugar, tradicionalmente, as estimações econométricas das funções demanda na verdade se baseiam em estimações de curvas de Engel (WORKING, 1943; LESER, 1963; BANKS BLUNDELL & LEWBELL, 1997; ECKER & QAIM, 2010; BILGIC & YEN, 2013). Assim, elas estimam equações em que a variável dependente é a parcela do dispêndio total gasta com determinado bem e o dispêndio total (ou consumo total) está entre as variáveis independentes.

Um dos modelos de curva de Engel mais estimados até hoje é o chamado modelo de Working-Leser em homenagem aos trabalhos semanais de Working (1943) e Leser (1963), em que os autores se propõem a estudar o comportamento da demanda total por alimentos (ECKER & QAIM, 2010).

A equação estimada por esses autores é dada por:

$$w_F = \alpha_F + \gamma_F P_F + \beta_F \ln CTM \quad (5)$$

$$P_F = \sum_{AL} w_{AL} \ln p_{AL} \quad (6)$$

Onde:  $w_F$  é a parcela do dispêndio total gasta com alimentos sendo ;  $P_F$  é um índice de preço dos alimentos, definido pela equação (6);  $CTM$  é o dispêndio (consumo) total com todos os bens;  $AL$  é um índice para cada alimento;  $w_{AL}$  é a fração da despesa total com alimentos gasta com o alimento  $AL$ ;  $p_{AL}$  é o preço do alimento  $AL$ ; e  $\sum_{AL} w_{AL} = 1$

Por seu turno a fração do dispêndio total gasto com bens não alimentícios ( $w_{NF}$ ) é dada por:

$$w_{NF} = (1 - w_F) \quad (7)$$

Note-se que as equações acima são definidas para cada família, mas para facilitar a apresentação desta equação e dos modelos a seguir apresentados nesta fundamentação, omitese o subscrito  $HH$  associado a cada família.

Em palavras, o modelo Working-Leser supõe que a proporção do dispêndio gasto com todos os alimentos é linear no índice dos preços e no logaritmo do dispêndio. Esta suposição é baseada em observações empíricas feitas por Working (1943) e é muito conveniente para a realização da estimação, uma vez que a equação (5) dessa forma é linear nos seus parâmetros e, sendo assim, pode ser estimada por mínimos quadrados ordinários (MQO).

Observa-se que o modelo Working-Leser refere-se a apenas dois grandes grupos de bens e, por conseguinte, se resume a apenas uma equação por família, enquanto que no mundo real as famílias consomem inúmeros bens ao mesmo tempo e tem, portanto, não apenas um sistema de demanda com apenas duas equações (5) e (6), mas um sistema formado por inúmeras funções. Outro ponto a se destacar deste modelo é que o mesmo parte apenas de observações empíricas, e não atende todas as propriedades das funções demanda dada pela Teoria Econômica no que se refere ao comportamento do consumidor. Dito de outra forma, (5) e (6) não foram derivadas de um problema de maximização de utilidade, e sendo assim não respeitam todas as propriedades resultantes deste processo. A saber, (5) e (6) são homogêneas de grau zero nos preços, uma vez que se todos os preços aumentarem na mesma proporção (inclusive os preços dos bens não alimentícios) a demanda total por alimentos e por não alimentos não se altera, mas se a despesa total aumenta em 1%,  $w_F$  varia em  $\beta_F\%$ . Com outras palavras, o sistema (5) a (7) é homogêneo de grau zero nos preços, mas não no dispêndio<sup>11</sup> (MAS-COLELL, WHINSTON & GRENN, 1995).

---

<sup>11</sup> Uma forma de supor homogeneidade de grau zero nos preços e no dispêndio no sistema definido por (5) a (7) seria impor que  $\gamma_F + \beta_F = 0$ . Outra forma seria substituir  $CTM$  por  $CTM/PINDEX$ , onde  $PINDEX$  é um índice

Além do mais, como já observado no procedimento de calibração, a forma realista da função utilidade e, por conseguinte, a real forma da função demanda das famílias é desconhecida. Deste modo, idealmente é vantagem supor uma forma funcional flexível, que possa se adaptar a diferentes comportamentos de consumo. Ademais, considera-se que esta forma funcional das demandas, ou as curvas de Engel associadas, idealmente devem representar a dependência da parcela do dispêndio gasta com determinado bem, não apenas do preço do bem em questão, mas do preço de todos os demais bens. Pode-se notar que as equações (5) a (7) não atendem a nenhum desses requisitos.

Tendo em vista possibilitar a estimação de um sistema de demanda que satisfizesse as propriedades teóricas impostas pela Teoria do Consumidor e fosse ao mesmo tempo flexível o suficiente para se adaptar a diferentes comportamentos de consumo, Deaton & Muellbauer (1980) propuseram um sistema de curvas de Engel baseados na função de utilidade indireta<sup>12</sup>:

$$\ln V = \left\{ \frac{\ln m - \ln a(\mathbf{p})}{b(\mathbf{p})} \right\}^{-1} \quad (8)$$

$$\ln a(\mathbf{p}) = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j \quad (9)$$

$$b(\mathbf{p}) = \prod_i p_i^{\beta_i} \quad (10)$$

Onde:  $\ln a(\mathbf{p})$  é um índice de preços translog (*transcendental logarithmic*);  $b(\mathbf{p})$  é um índice de preços Cobb-Douglas;  $m$  é a despesa com o grupo de diversos bens  $i$  ( $m = \sum_i m_i$ );  $\alpha_0$ ,  $\alpha_i$ ,  $\gamma_{ij}$  e  $\beta_i$  são os parâmetros.

Aplicando a identidade de Roy a função de utilidade indireta em (8) pode-se mostrar que o sistema de curvas de Engel resultante é dado por:

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln p_j + \beta_i \ln \left( \frac{m}{a(\mathbf{p})} \right) \quad (11)$$

Onde:  $w_i$  é a parcela do dispêndio gasta com o bem  $i$ ;  $\alpha_i$  é um parâmetro adicional de intercepto; e  $a(\mathbf{p})$  e  $b(\mathbf{p})$  são dados novamente por (9) e (10), bem como os demais parâmetros.

Para garantir que o sistema em (11) represente um sistema de funções demanda que atendam a: i) as frações de dispêndio com cada bem somadas resultem no dispêndio total ( $\sum_i w_i = 1$ ); ii) seja homogêneo de grau zero em relação aos preços e o dispêndios tomados

---

de preços geral da economia, de forma que *CTM/PINDEX* passaria a ser a renda real da família. Esta última alternativa foi a escolhida quando do uso do modelo Working-Leser no Modelo de Equilíbrio Geral Computável.  
<sup>12</sup> A apresentação do modelo de Deaton & Muellbauer (1980) neste capítulo seguiu aquela feita por Banks, Blundell & Lewbell (1997) para facilitar de uma generalização do modelo feito pelos últimos autores.

juntos; e iii) a matriz de Slutsky seja simétrica e negativa semi-definida; são impostas as seguintes restrições adicionais:

$$\sum_i \alpha_i = \sum_i \gamma_{ij} = \sum_i \beta_i = 0 \quad (12)$$

$$\sum_j \gamma_{ij} = 0 \quad (13)$$

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad (14)$$

Assim, o sistema definido pelas equações (11) a (14) satisfaz todas as propriedades de um sistema de demanda derivadas da Teoria do Consumidor. O mesmo sistema também implica, que de maneira geral, a fração gasta com o bem  $i$  depende não apenas do preço do bem  $i$ , mas também do preço de todos os outros bens. Além disso, esse sistema pertence a uma classe de preferências chamada de PIGLOG (*Price-Independent Generalized Logarithmic*) (Banks, Blundell & Lewbell (1997)) pois as frações  $w_i$  são lineares nos logaritmos do dispêndio. Logo ele também satisfaz a chamada propriedade de agregação exata de Gorman. Esta propriedade demonstrada em Gorman (1981) mostra que se as famílias individuais se comportam conforme o sistema em (11) a (14), pode-se esperar que uma família representativa formada somando-se estas famílias individuais também se comportará conforme um sistema com a mesma forma do definido por (11) a (14) (BANKS, BLUNDELL & LEWBELL, 1997).

Esta propriedade de agregação exata é de extrema utilidade pois garante que: 1) a agregação das famílias de acordo com suas características não viola nenhum resultado da Teoria do Consumidor; 2) o uso de uma família representativa numa aplicação de um MEGC seja teoricamente consistente. Devido ao fato de ser as propriedades da teoria econômica todas atendidas para este sistema de demanda representado por (11) a (14), Deaton & Muellbauer (1980) o chamaram de *Almost Ideal Demand System* (AIDS).

Apesar disso, alguns autores (Banks, Blundell & Lewbell, 1997)) ao reavaliarem empiricamente o comportamento das curvas de Engel propuseram estender o modelo AIDS com um termo quadrático, o que gerou um novo sistema de curvas de Engel dado pela equação (15):

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln p_j + \beta_i \ln \left( \frac{m}{a(p)} \right) + \frac{\lambda_i}{b(p)} \left\{ \ln \left[ \frac{m}{a(p)} \right] \right\}^2 \quad (15)$$

Neste novo sistema (QUAIDS<sup>13</sup>), acrescenta-se, em relação ao modelo AIDS, o termo quadrático no final, de modo que, se o parâmetro  $\lambda_i$  for nulo (15) se resume a (11). Observe-se que mesmo no caso em que  $\lambda_i$  seja diferente de zero, todas as propriedades detidas pelo modelo

<sup>13</sup> *Quadratic Almost Ideal Demand System.*

AIDS conservam-se no modelo QUAIDS (BANKS, BLUNDELL & LEWBELL, 1997). O termo quadrático proposto vem da observação dos autores de que, para alguns grupos de bens, a fração do dispêndio gasta com aquele grupo variava não linearmente com o logaritmo do dispêndio total, num formato que lembrava uma parábola com concavidade voltada para baixo. Sendo assim, a decisão sobre qual dos dois modelos usar depende do comportamento dos dados (Banks, Blundell & Lewbell (1997) ; Working (1943)) .

Independente da escolha, deve-se notar uma outra vantagem do sistema de demandas além das já descritas. Todos estes modelos, Working-Leser, AIDS e QUAIDS podem ser estendidos para considerar variáveis sócio-demográficas, como o número de moradores ou a presença de crianças no domicílio, que podem ser inclusas modificando apenas o intercepto ou modificando também as inclinações (ATTANASIO, BATTISTIN & MESNARD, 2012).

Por último, uma vez que os sistemas AIDS ou QUAIDS não podiam ser utilizados para definir simultaneamente a demanda por cada alimento, bem como a demanda total por bens alimentícios e não-alimentícios, optou-se por estimar um sistema de demanda em dois estágios, conforme sugerem Ecker & Qaim (2010). No primeiro estágio a demanda total por bens alimentícios e bens não alimentícios foi determinada pela estimação de um modelo Working-Leser, enquanto a demanda por cada grupo alimentício específico foi estimada com base no modelo AIDS.

### 3.3 Metodologia utilizada

Com relação aos procedimentos de estimação dos modelos AIDS e QUAIDS, há duas formas básicas de fazê-los, dadas as restrições de aditividade. A primeira delas estima individualmente cada equação dos sistemas (11) ou (15), por exemplo por MQO, sem a necessidade de impor nenhuma das outras restrições, que em seguida podem então ser testadas estatisticamente. A outra forma estima os modelos como sistemas de equações, por exemplo através do método SUR (*Seemingly Unrelated Regression*), mas sem utilizar uma dessas equações, que depois tem seus parâmetros calculados por meio das restrições de aditividade e simetria. O motivo pelo qual no caso de se estimar o sistema como um todo deve-se excluir uma das equações, é a necessidade de que a restrição de aditividade ( $\sum_i w_i = 1$ ) seja atendida. Esta implica que a matriz de variância e covariância do sistema seja singular, condição necessária para que a estimação seja possível.

Independente da estratégia de estimação escolhida, caso as mesmas variáveis sejam usadas em todas as equações do sistema, os resultados devem coincidir. A vantagem de se estimar equação por equação é que este método é mais robusto e portanto menos influenciado por possíveis erros de especificação da equação. Por outro lado, considerar toda a estrutura do sistema possibilita uma estimação mais eficiente (menor variância) dos parâmetros (HAYASHI, 2008).

O modelo escolhido e aplicado neste trabalho foi o LA-AIDS (*Linear Approximate AIDS*), cuja única diferença em relação ao AIDS é que o primeiro usa uma aproximação linear dada pela equação (16) abaixo, para substituir o índice de preços translog (BLUNDELL & ROBIN, 1999; BILGIC & YEN, 2013).

$$a(\mathbf{p})^* = \sum_i \bar{w}_i \ln p_i \quad (16)$$

Onde  $\bar{w}_i$  é fração observada do dispêndio gasta com o bem  $i$ .

O mais importante sobre esta escolha, é que foi feita a opção por não incluir o termo quadrático  $\frac{\lambda_i}{b(\mathbf{p})} \left\{ \ln \left[ \frac{m}{a(\mathbf{p})} \right] \right\}^2$  na equação estimada, que se constitui na diferença entre o AIDS e o QUAIDS.

Na verdade, os motivos que guiaram essa decisão foram dados a partir da observação do comportamento dos dados conforme será descrito na seção 3,6.

Ainda nessa seção é interessante mencionar um grave problema econométrico que se manifesta na estimação tanto de um modelo quanto do outro, e que tem sido mais fortemente combatido em trabalhos mais recentes como Attanasio, Battistin & Mesnard (2012) e Attanasio & Lechene (2014). Trata-se da endogeneidade do dispêndio, ou seja, o dispêndio  $m$  é correlacionado com os erros da estimação. Isto resulta em estimações viesadas e inconsistentes dos parâmetros associados ao dispêndio total,  $\beta_i$  e  $\lambda_i$  (HAYASHI, 2008). Attanasio, Battistin & Mesnard (2012) listam dois principais motivos pelos quais o dispêndio pode ser endógeno. Em primeiro lugar, a interpretação usual de um sistema de demanda estático, como os implicados pelos modelos AIDS ou QUAIDS, é que este é o segundo estágio de um orçamento em dois estágios, onde o primeiro estágio determinaria a alocação do dispêndio total no tempo. Sendo assim, é possível, por exemplo, que indivíduos com preferências relativamente fortes em relação a um tipo de alimento sejam também relativamente impacientes, de modo que tendem a ter um maior nível de consumo por alimentos e também um valor mais elevado para a proporção gasta com aquele alimento. O segundo motivo seria um simples erro de medida no que diz respeito ao dispêndio.

Existem várias técnicas econométricas que visam contornar o problema da endogeneidade, sem a necessidade de um experimento aleatório, mas dentre todas elas, aquela com melhores e mais garantidos resultados é o uso de variáveis instrumentais (ANGRIST & PISCHKE, 2009). As demais são buscadas como alternativas na falta de um instrumento confiável. Contudo, propor um instrumento válido pode ser bastante complicado. Acontece que a primeira condição para ser um instrumento, qual seja que o mesmo esteja correlacionado com a variável explicativa endógena, pode ser testada estatisticamente, mas a segunda condição não pode. Para mostrar que o candidato a instrumento de fato não está correlacionado com a variável dependente, senão através da variável explicativa endógena, deve-se contar com uma forte argumentação (ANGRIST & PISCHKE, 2009).

Todavia, dada a prolífera literatura sobre estimação de sistema de curvas de Engel, já existem instrumentos para o dispêndio que são razoavelmente aceitos. Dentre eles destacam-se a renda total e a soma dos salários da família. Mas conforme apontado por Attanasio, Battistin & Mesnard (2012) ambas têm seus problemas. No que diz respeito a renda total, se a oferta de trabalho entra na função utilidade das famílias de uma maneira não separável, ou seja, se as decisões de consumo e trabalho são tomadas em conjunto, a renda pode estar correlacionada com preferências ao longo do tempo do mesmo modo que o dispêndio total. Já no que tange os salários, as decisões de lazer, trabalho e consumo também podem ser tomadas em conjunto pelas famílias, de modo que os mesmos problemas associados ao uso da renda como instrumento valeriam também para os salários. Além disso, estas duas variáveis estão sujeitas a possíveis choques transitórios elevados, o que também compromete o uso das mesmas como instrumentos, pois estes choques podem contaminar a relação entre elas e o dispêndio.

Existem duas variáveis presentes na POF que parecem estar menos susceptíveis a estes três problemas. A primeira delas (renda.min) indica qual a renda mínima que seria necessária para pagar todas as despesas do domicílio na opinião do entrevistado, enquanto a segunda (alimentação.min) indica qual seria a renda mínima necessária para pagar uma alimentação suficiente para o domicílio. Note que ambas: 1) estão fortemente correlacionadas com o dispêndio com alimentos, especialmente a segunda; 2) não estão sujeitas a choques transitórios, uma vez que se tratam de expectativas, ou opiniões<sup>14</sup>. Por exemplo, se vários membros do domicílio ficassem desempregados nenhuma destas duas variáveis iria mudar de valor. Sendo assim, decidiu-se pela utilização da variável alimentação.min como instrumento para o

---

<sup>14</sup> Attanasio, Battistin & Mesnard (2012) utilizaram como instrumento para o dispêndio com alimentos a média entre as rendas máxima e mínima esperadas pelas famílias para o mês seguinte. Ou seja, utilizaram um raciocínio semelhante aquele implícito nas variáveis “renda.min” e “alimentação.min” da POF.

dispêndio com alimentos. E de posse do instrumento a estimação pôde ser feita utilizando o método dos mínimos quadrados em três estágios (3SLS na sigla em inglês)<sup>15</sup>.

No que diz respeito a estimação do modelo Working-Leser, seu processo de estimação aparentemente não poderia ser mais convencional, pois uma vez que se trata de apenas uma equação linear nos parâmetros, o método MQO poderia ser utilizado diretamente. Porém, pelas mesmas razões que o dispêndio total com alimentos é endógeno no segundo estágio do sistema de demanda (modelo AIDS ou QUAIDS), o dispêndio total também é endógeno no primeiro estágio (o modelo Working-Leser). A solução neste caso também passa pelo uso de uma variável instrumental que está ligada ao consumo total de alimentos apenas através do dispêndio total. Sendo assim, a estimação do modelo Working-Leser foi feita utilizando mínimos quadros em dois estágios (2SLS na sigla em inglês) usando a variável da POF “renda.min”, explicitada no parágrafo anterior.

### 3.4 Aplicação e a base de dados utilizada

Assim como qualquer outra estimação econométrica, a estimação das funções de demanda é intensiva em dados. Em particular, é preciso um bom número de observações sobre o consumo e o preço de cada bem, e sobre a despesa. As informações sobre os preços em geral, são as mais difíceis de se obter. No Brasil, a única base de dados pública que apresenta esses dados, pelo menos em parte, é a POF 2008/2009 (Pesquisa de Orçamentos Familiares). Esta base tem como principal propósito traçar um perfil de como se divide o orçamento familiar das famílias brasileiras, principalmente no que tange ao seu consumo alimentar. O resultado é uma base de dados que contém informações detalhadas sobre a despesa com os mais variados bens para cerca de 57,000 domicílios espalhados pelo Brasil<sup>16</sup>.

Ainda que traga informações sobre despesas com inúmeros bens e serviços, somente para algumas dessas despesas, a POF traz informações sobre quantidade consumida. Ressalta-se que para nenhuma despesa existem informações explícitas sobre o preço pago. Relativo a essa questão, adotou-se a solução proposta por Barbosa, Menezes & Andrade (2013) de calcular o preço implícito dos bens para os quais se tinha informação sobre quantidade<sup>17</sup>. Dessa forma, sendo implícito, um mesmo bem pode ter tantos preços diferentes quanto existem domicílios

---

<sup>15</sup> Para detalhes sobre este método ver Hayashi (2000) ou Angrist & Pischke (2009).

<sup>16</sup> No caso desta aplicação, depois de algumas exclusões reduziu-se para 44.070, conforme já mencionado anteriormente.

<sup>17</sup> Dividiu-se a despesa por domicílio com cada bem, pela quantidade correspondente.

na base. Basicamente, os bens para os quais foram calculados preços implícitos, foram os alimentos e os serviços industriais de utilidade pública (SIUP), que incluem água encanada, energia elétrica, gás encanado e gás de botijão, pois eram os únicos para os quais se dispunha de informações de quantidade. Ressalta-se que as quantidades dos alimentos foram todas disponibilizadas em quilogramas por ano, o que facilitará a interpretação dos resultados.

Para os demais bens, não foi possível estimar a função demanda, dada a ausência na base de dados de seus preços. Assim, para esses bens, utilizaram-se formas funcionais simples e o procedimento de calibração dos parâmetros, conforme descrito na seção anterior.

Foram encontrados trabalhos, como o de Jorgenson *et al* (2013a) e Pintos-Payeras (2009) sugerindo utilizar os preços calculados por índices de preço para contornar esta dificuldade. Decidiu-se não utilizar essa estratégia, pois implicaria num mesmo preço para cada grupo de bens entre todos os domicílios, o que levaria a não consideração de possíveis variações de qualidade dos bens consumidos entre os domicílios. Ademais, a única fonte de dados para preços de bens não alimentícios encontrada consistia numa tabela de preços de 1999 calculada pelo IBGE apenas para as principais regiões metropolitanas do Brasil (PINTOS-PAYERAS, 2009).

<b>Código</b>	<b>Grupo de Alimentos</b>	<b>Alimentos Incluídos</b>
AL 1	Açucares	Açúcar refinado, Açúcar cristal, Adoçantes
AL 2	Animais	Aves, Carne de boi, Peixes, Frutos do mar e Carnes industrializadas
AL 3	Líquidos	Cervejas, Refrigerantes, Café moído, Outras bebidas alcoólicas
AL 4	Outros	Enlatados, Alimentos preparados, Condimentos
AL 5	Cereais	Feijão, Arroz, Milho, Soja
AL 6	Trigo	Farinha de trigo, Farinha de Mandioca, Pães, Macarrão
AL 7	Frutas	Banana, Laranja, Maçã
AL 8	Leite	Leite, Leite em pó, Queijos
AL 9	Óleos e Gorduras	Óleo de soja, Azeite de Oliva
AL 10	Temporárias	Cebola, Alface, Bata-Inglesa, Cenoura, Macaxeira

Quadro 3 - Código dos grupos de alimentos e principais alimentos pertencentes a cada um dos grupos.

Fonte: Elaboração própria com base na POF 2008/2009.

O sistema de curvas de demanda por alimentos foi levantado para grandes grupos de alimentos, já que estimar o sistema de curvas de demanda para cada um dos alimentos da POF

seria completamente inviável, haja vista a quantidade existente. A agregação foi feita tomando como base não só uma divisão por grupos já sugerida por uma documentação auxiliar da POF (IBGE, 2011a), mas também o fato de que as curvas seriam utilizadas para aplicação num MEGC.

O resultado foram dez grandes grupos de alimentos, listados no Quadro 3. Na primeira coluna do Quadro 3 encontram-se os códigos destes grupos, os quais serão usados para facilitar a apresentação gráfica dos resultados, já nas segunda e terceira colunas tem-se, respectivamente, o nome do grupo de alimentos e os principais alimentos que compõem aquele grupo. E como pode ser notado ainda no Quadro 3, os dez grupos de alimentos representam bem os tipos de alimentos consumidos no Brasil. Ressalta-se que não foram considerados as refeições realizadas fora do domicílio, uma vez que não se tinha informação sobre a quantidade consumida.

Diversos autores chamam atenção para o problema da estimação de um sistema de curvas de demanda em que existem muitas observações com consumo nulo (BARBOSA, MENEZES & ANDRADE, 2013; ECKER & QAIM, 2010; BATTISTIN & NADAI, 2013). Existem vários motivos pelos quais uma família pode aparecer nos dados como não tendo consumido um determinado bem, um deles é porque quando a entrevista foi realizada aquela família não tinha comprado aquele bem no período de tempo considerado pela entrevista, ou pelo menos não se lembrava de tê-lo feito, mesmo que durante o ano o bem tenha em algum momento sido consumido. No caso da POF a entrevista é realizada durante sete dias (IBGE, 2011). Outro motivo é a não disponibilidade do bem na região em que a família vive. Por fim, o consumo nulo de um bem pode ser resultado do próprio problema de maximização de utilidade da família, em que aparece, uma solução de canto para este problema.

Independentemente da causa, no caso em que a base de dados apresenta muitas observações de consumo nulo, há formas de contorná-lo. A agregação dos alimentos em grupos já utilizada, com a formação dos dez grupos escolhidos é um passo neste sentido<sup>18</sup>. Como exemplo, a frequência de domicílios com nenhum consumo de cenoura era de mais de 90%, enquanto que quando agrupa-se em consumo de “temporárias” o consumo nulo passa a ser de cerca de 45,36%. Porém, como só a agregação não foi suficiente no caso desta aplicação, levantaram-se duas opções: 1) utilizar modelos econométricos que levam em conta explicitamente a presença de dados censurados, ou seja, os dados em que constam bens com

---

<sup>18</sup> Ver Quadro 3.

consumo nulo; 2) agregar os domicílios em grupos de acordo com suas características, e atribuir o preço médio de cada grupo ao domicílio que não havia consumido o bem.

Observou-se em pesquisa de literatura recente, a utilização da primeira alternativa por alguns autores (Ecker & Qaim (2010) e Bilgic & Yen (2013)) implementada através de um processo desenvolvido por Shonkwiler & Yen (1999). Ao passo em que o método lida com a censura nos dados, o processo não lida com a questão da endogeneidade entre despesa e participação de um determinado bem no dispêndio total<sup>19</sup>. Isto resulta em estimações viesadas dos parâmetros associados ao dispêndio (ATTANASIO; BATTISTIN; & MESNARD, 2012). Há mais recentemente desenvolvido um estimador para executar regressões quantílicas na presença de dados censurados e endogeneidade (Chernozhukov, Fernández-Val & Kowalski (2014)). No entanto, o novo método ainda não é usado para estimação de sistemas de equações e por isso não pôde ser usado nesta aplicação<sup>20</sup>.

Partiu-se então para a agregação dos domicílios em grupos de acordo com suas características. Barbosa, Menezes & Andrade (2013) fizeram uma agregação das famílias da POF 2002 - 2003 por: Unidade Federativa do Brasil (UF), exceto Roraima e Distrito federal; por local, zona urbana ou rural; e por faixa de renda, sendo dez faixas de renda com mais ou menos a mesma quantidade de observações por faixa. O resultado foi uma redução da amostra de 44,213 famílias para 250 observações para a zona urbana e 250 observações para a zona rural.

Nesta tese, dado que o sistema de funções de demanda (ver equações (11) ou (15)) a ser estimado, visa a utilização das mesmas em um MEGC, há o requerimento de que a renda seja uma variável endógena ao modelo, e deva variar diante da implementação de cenários diferentes de políticas públicas de água na região. Logo, a agregação dos domicílios em grupos de acordo com faixas de renda não se constitui adequada aos objetivos do presente estudo. Ademais, não haveria número suficiente de observações mesmo incluindo os dados de Roraima e do Distrito Federal.<sup>21</sup>

As categorias usadas na agregação e seus níveis foram definidas com base em variáveis demográficas que supostamente afetam o comportamento de consumo dos domicílios conforme

---

<sup>19</sup> Ver seção 3.3.

<sup>20</sup> Haviam outras formas de contornar simultaneamente o problema de dados censurados e endogeneidade, mas estes não se encontram plenamente implementados nos softwares estatísticos mais comuns, o que exigiria a construção nestes softwares de funções que fizessem este trabalho. Por exemplo, poder-se-ia combinar o processo de Shonkwiler & Yen (1999) com funções já utilizadas para estimações com variáveis instrumentais, mas tal exercício foi considerado fora do escopo desta tese.

<sup>21</sup> O número resultou em 500 observações no total, ou 540, caso se considerasse os dados de Roraima e Distrito Federal.

apontado por Barbosa, Menezes & Andrade (2013), Attanasio, Battistin & Mesnard, Pereda & Alves (2012), Ecker & Qaim (2010) e Attanasio & Lechene (2014). Como exemplo, domicílios com crianças podem ter uma tendência a gastar uma parcela maior do seu dispêndio com leite e derivados, do que domicílios sem crianças, de modo que a presença de crianças foi uma dessas variáveis demográficas usadas para agregar os domicílios em categorias.

As categorias usadas nesta agregação são descritas na primeira coluna da Tabela 2, enquanto que na segunda coluna encontram-se os níveis de cada categoria. Por exemplo, o local do domicílio na UF foi dividido em três regiões: região metropolitana, zona urbana exceto a região metropolitana e a zona rural. De modo geral, cada um dos níveis de uma categoria corresponde a uma partição de um conjunto dado pela categoria em si, ou seja, um mesmo domicílio não pode fazer parte de dois ou mais níveis de uma mesma categoria, o que implica que, com base nos 15 níveis, foram definidas 1575 combinações possíveis. Desta feita um domicílio que não havia consumido açúcares no determinado período e, portanto, não dispunha de informação sobre o seu preço implícito dos açúcares teve este último estimado como o preço médio do grupo do qual fazia parte. Como exemplo de um grupo podemos citar grupo dos domicílios na zona rural da Paraíba, com crianças, mulheres e idosos morando no domicílio e totalizando oito moradores.

Tabela 2 – Categorias usadas na agregação dos dados de preços alimentícios por domicílio, seus níveis e frequência de cada uma no Brasil.

<b>Categoria</b>	<b>Níveis</b>	<b>Frequência de Cada Nível (%)</b>
Local na UF	Região metropolitana	28,29
	Zona urbana	48,99
	Zona rural	22,72
Crianças e Bebês	Domicílio com criança	57,68
	Domicílio sem criança	42,32
Idosos	Domicílio com idosos	25,20
	Domicílio sem idosos	74,80
Mulheres	Domicílio com mulheres	93,56
	Domicílio sem mulheres	6,44
Moradores	Um	10,01
	Dois	20,87
	Três a cinco	58,84
	Seis a dez	9,94
	Onze a quinze	0,33
	Mais de quinze	0,01

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Uma crítica que surge automaticamente ao processo de agregação dos domicílios e a consequente atribuição de preços médios para os domicílios que não consumiram determinados tipos de alimentos, é que o número total de grupos considerado foi pequeno. De forma que um aumento na diversidade destes grupos implicaria em maior precisão do preço implícito que cada domicílio que não consumiu determinado tipo de bem, estava sujeito. Porém, quando foram consideradas outras categorias - como domicílios que tinham apenas pessoas da mesma cor, ou que tinham crianças, mas não tinham bebês – ainda que o número de grupos de famílias de fato tenha aumentado, o número de observações sem informações de preço aumentou. Isto aconteceu, pois na medida em que a quantidade de grupos de domicílios cresce além de certo ponto, cresce também o número de domicílios que não se encaixa em nenhuma categoria. Desta forma o número de categorias considerados na Tabela 2 e, por conseguinte, o número de grupos de domicílios usados foi resultado de um processo em que se buscou o maior número possível de observações completas de preços e a maior precisão na atribuição desses preços possível.

### 3.5 Resultados do Modelo Working-Leser

Os resultados referentes ao primeiro estágio da estimação do sistema de demanda encontram-se na Tabela 4. E correspondem a estimação do modelo Working-Leser explicitado nas equações (5) a (7), com a adição de variáveis sócio demográficas que segundo Barbosa, Menezes & Andrade (2013), Attanasio, Battistin & Mesnard, Pereda & Alves (2012), Ecker & Qaim (2010) e Attanasio & Lechene (2014), estariam entre as variáveis que afetam o consumo total de alimentos por parte de uma família. Tais variáveis encontram-se listadas na Tabela 3, que traz o tipo, uma breve descrição e o valor médio de cada uma das variáveis explicativas do modelo em questão. Na primeira coluna da Tabela 4 encontram-se as denominações das variáveis, enquanto na segunda coluna estão dispostos os valores médios dos coeficientes, bem como seus intervalos de confiança de *bootstrap* de 90%.

De maneira geral, o que a Tabela 4 mostra é que o grau de ajuste do modelo foi aparentemente baixo, com um  $\bar{R}^2$  de apenas 0,24. Ou seja, apenas 24% da variação do consumo total de alimento seguiu o comportamento das variáveis selecionadas. Não obstante, em que pese o fato do modelo estimado neste caso ser um modelo de consumo usando microdados, este grau de ajuste na verdade não é pequeno. Por outro lado, quase todas as variáveis sócio-demográficas consideradas resultaram em impactos sobre o consumo total de alimentos

estatisticamente diferentes de zero. As exceções foram as variáveis: mulheres, moradia, inundações e existência de banheiro.

Tabela 3 – Descrição das variáveis usadas na estimação do modelo Working-Leser para o Brasil.

Variáveis	Tipo	Significado	Média
Moradores	Número Inteiro	Número de moradores no domicílio	3,457
Crianças	<i>Dummy</i>	1 se havia pelo menos uma criança ou bebê no domicílio	0,580
Idosos	<i>Dummy</i>	1 se havia alguma pessoa com mais de 65 anos no domicílio	0,248
Mulheres	<i>Dummy</i>	1 se havia pelo menos uma mulher no domicílio	0,947
Estudo	<i>Dummy</i>	1 se todas as pessoas do domicílio tinham menos do que cinco anos de estudo	0,179
Nordeste	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio se encontrava na região Nordeste	0,365
Centro-Oeste	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio se encontrava na região Centro-Oeste	0,136
Sudeste	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio se encontrava na região Sudeste	0,247
Sul	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio se encontrava na região Sul	0,119
Moradia	<i>Dummy</i>	1 se a condição de moradia era considerada ruim pelos moradores	0,104
Inundações	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio está sujeito a inundações	0,098
Teto	<i>Dummy</i>	1 se o teto do domicílio não era feito de material não-durável	0,018
Energia Elétrica	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio não tinha acesso à energia elétrica	0,028
Coleta de Lixo	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio não contava com coleta de lixo	0,183
Combustível	<i>Dummy</i>	1 se o combustível usado para cozinhar não era gás nem eletricidade	0,202
Transporte	<i>Dummy</i>	1 se não havia acesso ao transporte público próximo	0,332
Banheiro	<i>Dummy</i>	1 se não havia banheiro no domicílio	0,046
Preço dos Alimentos	Contínua	Índice de preço de Stone dos Alimentos	3,756
Despesa	Contínua	Logaritmo da despesa total do domicílio	9,598

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Quanto ao sinal das variáveis sócio demográficas estatisticamente significativas, todos seguiram o esperado. O número de moradores, a presença de crianças e de idosos, e a maior

escolaridade geral do domicílio, bem como variáveis associadas a uma melhor condição geral do domicílio (teto, energia elétrica, coleta de lixo, combustível e transporte) implicaram em uma maior fração do dispêndio total gasto com alimentos. Enquanto isso, domicílios localizados nas regiões Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste gastaram uma parcela menor de seus orçamento com alimentos frente aos domicílios localizados na região norte.

Sobre as variáveis explicativas de principal interesse para a construção da plataforma integrada, o índice de preço dos alimentos e a despesa total dos domicílios, os resultados ficaram de acordo com a literatura, ambos apresentando sinal negativo (ECKER & QAIM, 2010). Ou seja, quanto maior o dispêndio total de uma família ou o preço relativo dos alimentos, menor é a fração do dispêndio que a família gasta com alimentos. No entanto, ainda que o sinal da estimativa média para o impacto do índice de preços dos alimentos tenha sido correto, tal estimativa não foi estatisticamente diferente de zero, ainda que por muito pouco. Não obstante, como veremos na próxima seção, isto não significa que cada alimento tomado individualmente não responda a um aumento no seu preço.

Para complementar as informações trazidas na Tabela 4, as Figuras 4 e 5 trazem dois diagramas de dispersão dos dados sobre a fração gasta com o consumo total com alimentos<sup>22</sup>. Em ambos os casos se têm também uma *spline* cúbica (linha preta), que constitui um tipo de ajuste não-paramétrico que fornece o sentido e a curvatura da relação entre as duas variáveis em cada figura. Sobre a relação entre a fração dos gastos com alimentos e o logaritmo da despesa total, a Figura 4 corrobora os resultados da literatura e da Tabela 4, de modo que esta relação é negativa e linear. A mesma relação foi encontrada por Banks, Blundell & Lewbell (1997) para os dados da Grã Bretanha.

---

<sup>22</sup> Nas duas figuras nem todos os dados estão representados, pois o número total de observações de 44070 tornaria a visualização das mesmas uma tarefa difícil. Sendo assim, nos dois casos foram selecionadas inicialmente os 90% centrais da amostra no que diz respeito a fração do dispêndio total gasto com alimentos, cujas frações eram maiores do que zero e menores do que um. E, em seguida, foram selecionados aleatoriamente 1000 observações para compor os diagramas de dispersão e estimar as regressões *splines*.

Tabela 4 – Modelo Working-Leser para o consumo total de alimentos no Brasil.

Variáveis	Coefficiente
Intercepto	0,856 (0,825, 0,887)
Moradores	0,011 (0,010, 0,013)
Crianças	0,005 (0,001, 0,009)
Idosos	0,012 (0,009, 0,016)
Mulheres	0,004 (-0,004, 0,012)
Estado	0,022 (0,017, 0,027)
Nordeste	-0,030 (-0,035, -0,026)
Centro-Oeste	-0,056 (-0,062, -0,051)
Sudeste	-0,057 (-0,062, -0,052)
Sul	-0,046 (-0,052, -0,041)
Moradia	0,001 (-0,005, 0,007)
Inundações	0,003 (-0,002, 0,008)
Teto	0,056 (0,040, 0,072)
Energia Elétrica	0,065 (0,050, 0,090)
Coleta de Lixo	0,028 (0,022, 0,033)
Combustível	0,025 (0,020, 0,030)
Transporte	0,021 (0,017, 0,024)
Banheiro	-0,004 (-0,013, 0,006)
Índice de Preços dos Alimentos	-0,001 (-0,002, 0,000)
Logaritmo da Despesa Total	-0,069 (-0,072, -0,066)
$\bar{R}^2$	0,24
OBS	44070

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

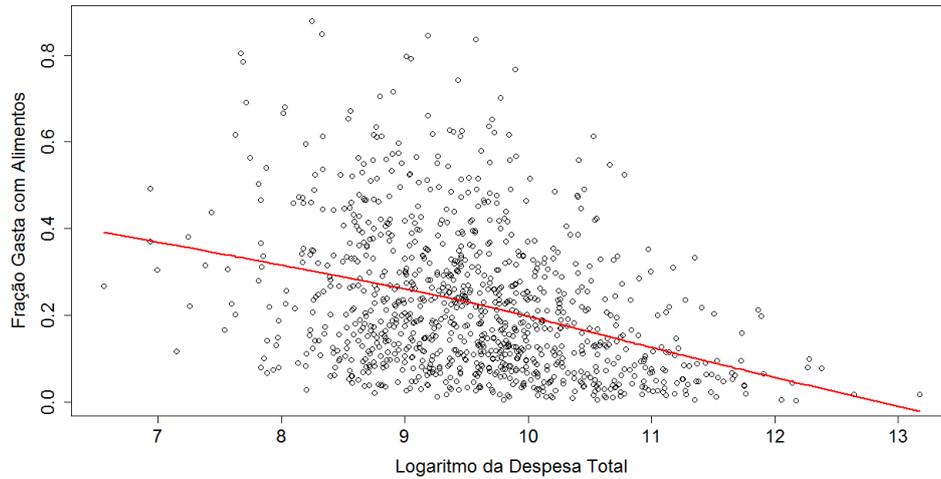


Figura 4: Diagrama de dispersão, e *spline* cúbica para a fração gasta com alimentos e o logaritmo da despesa total. Brasil.

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

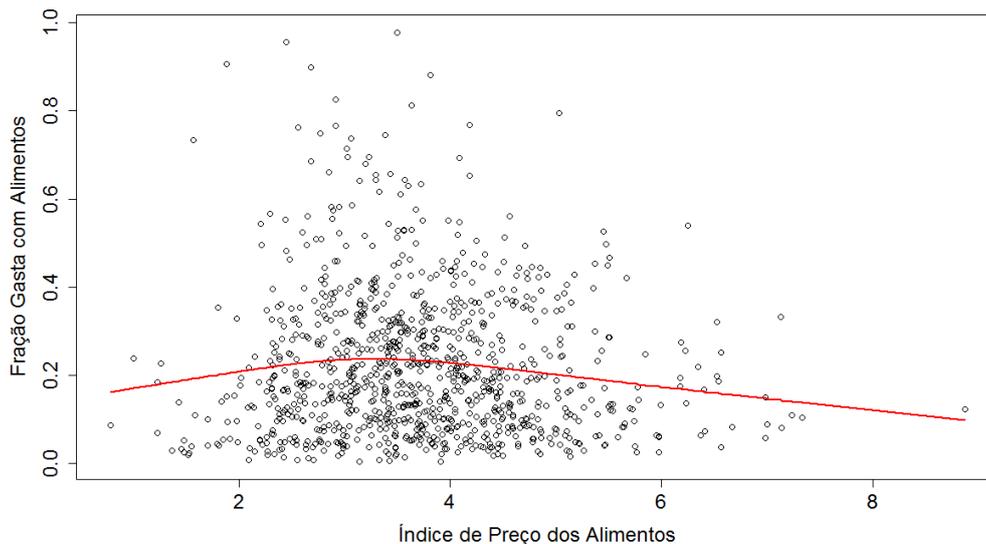


Figura 5: Diagrama de dispersão, e *spline* cúbica para a fração gasta com alimentos e o índice de preço dos alimentos. Brasil.

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Por outro lado, a Figura 5 corrobora em parte o que fora estimado para o modelo Working-Leser, uma vez que na Tabela 4 o índice de preços dos alimentos ( $P_F$ ) afetou negativamente a fração gasta com alimentos ( $w_F$ ), mas não de forma significativa. Isto porque a regressão *spline* mostra uma curva em forma de parábola com concavidade voltada para baixo, ou seja, um aumento de  $P_F$  inicialmente aumenta  $w_F$ , mas em seguida passa a reduzi-lo. Isto pode ser consequência do fato de que famílias mais pobres (menos renda e conseqüentemente, menos despesa total) quando sujeitas a um aumento no preço dos alimentos acabam por aumentar a fração total gasta com alimentos, uma vez que não podem deixar de comer.

Enquanto isso, famílias mais ricas, que gastam com alimentos um valor bem acima do necessário para manter sua subsistência, ao se depararem com um aumento dos preços dos alimentos, reduzem a fração total gasta com os mesmos. De modo que, o efeito do preço geral dos alimentos é menos homogêneo entre as famílias do que o efeito da despesa total, o que resultou naquele coeficiente negativo, mas estatisticamente igual a zero para  $P_F$  na Tabela 4.

### 3.6 Resultados do modelo LA-AIDS para os alimentos

Resolvido o problema da endogeneidade do consumo total de alimentos, conforme mencionado na seção 3,3, precisava-se definir o modelo a ser estimado, o AIDS ou o QUAIDS. Para tanto, seguindo Banks, Blundell & Lewbell (1997) e Working (1943) observou-se o comportamento das relações entre a fração gasta com cada um dos dez grupos de alimentos e o logaritmo do dispêndio total com alimentos dos dados para o Brasil. Esta análise foi feita com a ajuda da Figura 6 abaixo, que plota um diagrama de dispersão para cada uma dessas relações, além de uma regressão por *spline* cúbica (linhas pretas).

No eixo  $y$  de cada um dos gráficos apresentam-se as frações gastas com os dez grupos de alimentos (AL 1 a 10), conforme o código dado no Quadro 3, enquanto o eixo  $x$  reporta sempre o logaritmo do consumo total com alimentos. Como pode ser notado, tanto pelo diagrama de dispersão em si, quanto pelas curvas das regressões *spline*, parece haver, de maneira geral, pouca evidência de uma relação quadrática do logaritmo do dispêndio total com alimentos com as frações deste dispêndio gastas com cada um dos grupos alimentícios. Os únicos grupos para os quais houve evidência a favor desta relação quadrática, foram os grupos: AL 1 (açúcares), AL 2 (animais), AL 6 (trigo) e AL 8 (leite). Quanto a direção da relação entre o dispêndio total e a fração gasta com cada um dos alimentos, as evidências em geral também não foram claras. Afora os grupos já citados para os quais se tem uma evidência de relação quadrática, apenas os grupos AL3 (líquidos), AL 4 (outros) e AL 5 (cereais) apresentaram uma relação linear relativamente explícita, que por seu turno foi, positiva para os cereais e negativa para os derivados do trigo.

Todavia, de modo geral as evidências geradas pela Figura 6 não são conclusivas, como foram anteriormente as evidências geradas pela Figura 4, haja vista que a quantidade de domicílios que não consumiam algum dos grupos alimentícios, ou consumiam uma fração do

seu dispêndio com alimentos muita baixa, foi sempre bastante elevada<sup>23</sup>, mesmo para níveis de despesa com alimentos bastante elevados. Fato que dificulta fortemente a descoberta de um padrão entre a fração gasta com cada grupo alimentício e a despesa total com alimentos.

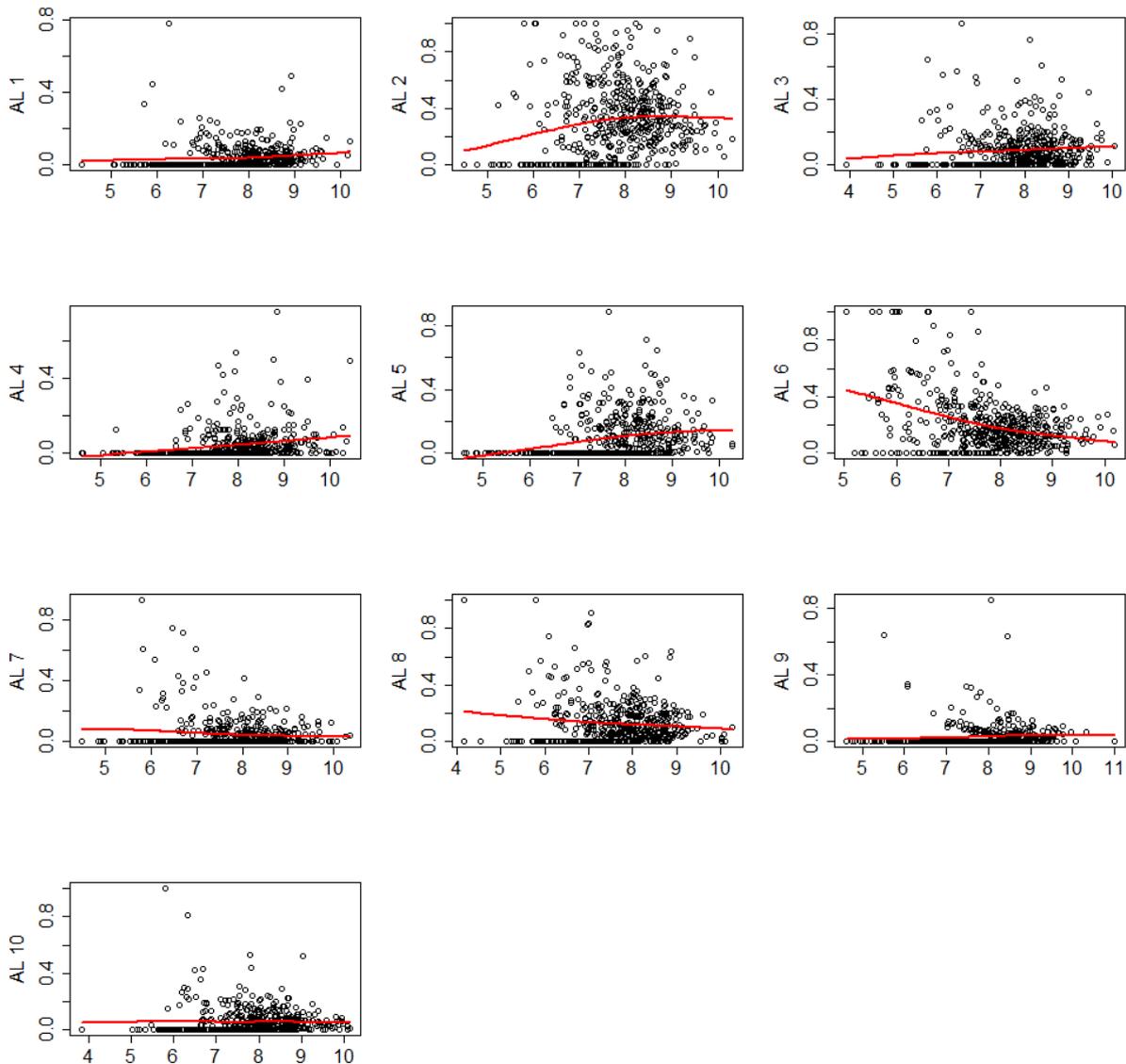


Figura 6: Diagrama de dispersão, e *splines* cúbicas para todos os dez grupos de alimentos. Brasil.

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

<sup>23</sup> Assim como no caso das Figuras 4 e 5, nem todos os dados estão representados na Figura 6, devido ao número total de observações ser muito alto. Sendo assim, também para representação na Figura 6 foram selecionadas inicialmente os 90% centrais da amostra no que diz respeito a fração do dispêndio total gasto com cada grupo alimentício, cujas frações eram maiores do que zero e menores do que um. E, em seguida, foram selecionados aleatoriamente 1000 observações para compor os diagramas de dispersão e estimar as regressões *splines*.

Portanto, considerando apenas as evidências geradas pela Figura 6 ainda não há base suficiente para propor o uso do AIDS em detrimento de sua versão quadrática. Contudo, para que qualquer dúvida restante fosse dirimida, o modelo QUAIDS foi estimado utilizando o método desenvolvido por Poi (2012) para o *software* STATA, e os valores relativos aos termos quadráticos do dispêndio com alimentos ( $\lambda_i$ ) foram compilados na Tabela 5 abaixo, bem como sua significância estatística com base em erros-padrão de *bootstrap*<sup>2425</sup>. Os resultados desta tabela corroboram a análise gráfica feita anteriormente, pois tomando como base um nível de significância de 90%, apenas os alimentos AL 4 (outros), AL 7 (frutas), AL 9 (óleos) e AL 10 (temporárias) tiveram valores de  $\lambda_i$  estatisticamente iguais a zero. Para os grupos que a análise gráfica já apontava para uma relação quadrática (AL 1, AL 2, AL 6 e AL 8) os valores de  $\lambda_i$  também foram estatisticamente diferentes de zero. Por outro lado  $\lambda_i$  também foi estatisticamente diferente de zero para os grupos AL 3 e AL 5, para os quais a Figura 6, não apontava a existência de uma relação quadrática.

Não obstante o número de grupos alimentícios para os quais o termo quadrático do modelo QUAIDS se mostrou relativo (seis de dez grupos) ainda assim optou-se pelo uso do AIDS em detrimento do QUAIDS por diversas razões. Em primeiro lugar, as rotinas de estimação disponíveis para o QUAIDS não contavam com a opção de usar uma variável instrumental para resolver o problema da endogeneidade do dispêndio, de modo que as estimações na Tabela 5 podem estar viesadas e inconsistentes por conta desta endogeneidade. Ademais construir uma função, no R ou no STATA que permitisse o uso de variáveis instrumentais, ainda que possível, estava fora do escopo desta tese. Em segundo lugar, uma vez que as estimações do QUAIDS não eram confiáveis por conta da endogeneidade do dispêndio, o fato de que seis dos dez grupos alimentícios foram melhores representados pelo QUAIDS do que pelo AIDS não constituía evidência suficiente a favor do primeiro. E em terceiro lugar, a simplicidade e por conseguinte a velocidade de estimação, do LA-AIDS em comparação ao QUAIDS era um fator importante para geração de resultados, sobretudo no contexto da plataforma integrada em que os resultados de um modelo alimentam o próximo, e assim por diante. Para se ter uma ideia desta diferença de velocidade de estimação dos dois modelos, levou-se menos de 2 horas<sup>26</sup> para estimar e calcular os intervalos de confiança de *bootstrap* com

<sup>24</sup> As matrizes de elasticidades-preço marshallianas e hicksianas e de elasticidade de dispêndio para o modelo QUAIDS podem ser encontradas no Apêndice B.

<sup>25</sup> Dada a complexidade do QUAIDS os intervalos de confiança de *bootstrap* foram calculados usando apenas 100 replicações. E mesmo assim as estimações demoraram mais de 48hs para serem concluídas.

<sup>26</sup> No R foi utilizada a função “aidsEst()” do pacote “micEconAids” desenvolvido por Henningsen (2010) para realizar a estimação do LA-AIDS e o pacote “boot” para calcular os intervalos de confiança de *bootstrap*.

mil replicações usando o LA-AIDS usando um instrumento para corrigir a endogeneidade do dispêndio no R . Ao passo que estimar o QUAIDS com intervalos de confiança de *bootstrap* com apenas 100 replicações levou basicamente três dias. Em resumo, uma vez que o custo em termos de simplicidade e performance computacional para se usar o QUAIDS eram muito elevados, e os ganhos eram duvidosos, uma vez que a endogeneidade do dispêndio poderia estar contaminando seus resultados, foi feita a opção pelo uso do modelo LA-AIDS.

Tabela 5 – Coeficientes estimados relativos ao dispêndio ao quadrado com alimentos do modelo QUAIDS para os dez grupos de alimentos. Brasil.

Alimentos	Coefficiente
AL 1	0,002 (0,001, 0,002)
AL 2	-0,019 (-0,020, -0,018)
AL 3	0,002 (0,001,0,002)
AL 4	0,001 (0,000,0,001)
AL 5	-0,001 (-0,002, -0,001)
AL 6	0,020 (0,019, 0,022)
AL 7	-0,001 (-0,002, 0,000)
AL 8	-0,002 (-0,004, -0,001)
AL 9	0,001 (0,000, 0,001)
AL 10	-0,001 (-0,002, 0,000)

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Mesmo o AIDS tendo menos parâmetros a serem de fato estimados do que sua versão quadrática, ele ainda implica na estimação de 73 parâmetros distribuídos em 9 parâmetros  $\alpha_i$  e 9  $\beta_i$ , além de 55  $\gamma_{ij}$ . Sendo os demais parâmetros calculados de forma residual. Com base nestes parâmetros foram calculadas 100 elasticidades-preço marshallianas, 100 elasticidades-preço hicksianas e dez elasticidades-dispêndio. Dado a quantidade de valores a se apresentar, optou-se por apresentar abaixo as elasticidades-preço próprias e as elasticidades-dispêndio, e incluir no Apêndice A os valores de todas as elasticidades, próprias e cruzadas. Os parâmetros não foram apresentados<sup>27</sup>.

<sup>27</sup> Os modelos LA-AIDS e QUAIDS poderiam ter sido estimados utilizando variáveis sócio demográficas como modificadoras do intercepto, de forma similar ao que fora feito quando da estimação do modelo Working-Leser.

A Figura 7 traz os valores médios e os intervalos de confiança de *bootstrap* das elasticidades-preço marshallianas próprias de cada bem. Ou seja, denotam o quanto varia a demanda marshalliana<sup>28</sup> de cada bem em termos percentuais, dado um aumento de 1% do preço do próprio bem.

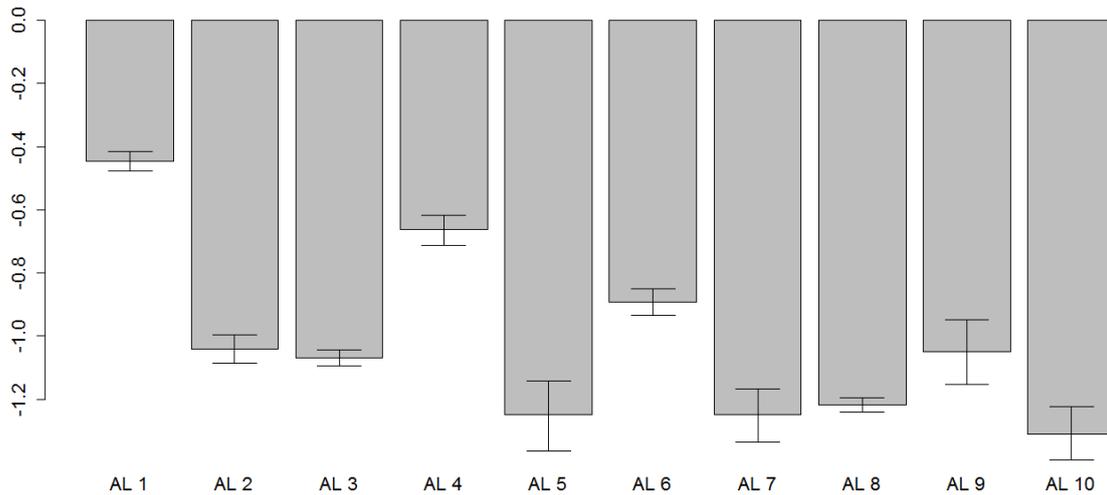


Figura 7 – Elasticidades-preço marshallianas do modelo LA-AIDS para os dez grupos alimentícios. Brasil.

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

A primeira observação que pode ser feita em relação as informações contidas na Figura 7 é que, conforme esperado, todas as elasticidades-preço marshallianas foram negativas. Uma segunda observação diz respeito aos intervalos de confiança, que tomando como base um nível de significância de 90%, foram bastante estreitos. Deste modo, todos os valores das elasticidades marshallianas foram estatisticamente diferentes de zero. Sobre a magnitude destas elasticidades, os alimentos AL 2, AL 3, AL 5, AL 7, AL 8, AL 9, e AL 10 apresentaram demandas consideradas elásticas, ou seja, com elasticidades-preço acima de 1. O que significa dizer que o aumento em uma dada proporção no preço desses alimentos reduziria suas demandas numa proporção maior do que a aplicada nos preços. Por outro lado, as demandas marshallianas por AL 1 e AL 4 foram as que se mostraram menos sensíveis aos seus preços, com elasticidades-preço iguais a -0,45 e -0,66, respectivamente. Isto pode parecer estranho à

Mas no caso dos modelos LA-AIDS e QUAIDS, como existiam dez grupos de alimentos, cada variável sócio demográfica corresponderia a estimação de dez parâmetros adicionais, de modo que mesmo com a amostra de 44.070 domicílios, o uso de apenas algumas variáveis sócio demográficas resultava em um número de parâmetros adicionais bastante elevado.

<sup>28</sup> A demanda marshalliana é resultante do problema de maximização de utilidade dado um nível de riqueza. Enquanto isso, a demanda hicksiana é o resultado do problema de minimização do dispêndio, dado um nível de utilidade (MAS-COLELL, WHINSTON & GRENN, 1995).

primeira vista, pois os alimentos industrializados estão entre os mais caros. Porém pode ser um indicativo de que quem consome este tipo de alimento não o faz porque quer, mas sim porque não tem opção. Por exemplo, pessoas que moram só e trabalham o dia inteiro se enquadrariam nesta situação.

Um quadro muito parecido com aquele relatado pela Figura 7 é apresentado pela Figura 8 abaixo. Nesta última encontram-se os valores das elasticidades-preço hicksianas. Os valores médios são próximos aos das elasticidades-preço marshallianas, mas um pouco menores.

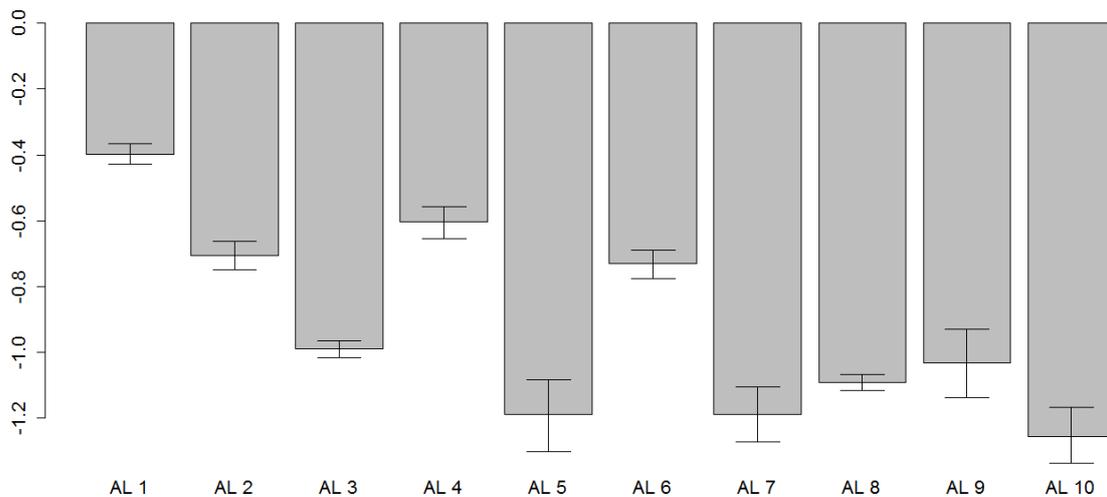


Figura 8 – Elasticidades-preço hicksianas do modelo LA-AIDS para os dez grupos alimentícios. Brasil.

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Por fim, a Figura 9 traz as elasticidades-dispêndio. O que se vê nesta figura é um quadro muito mais homogêneo do que o que fora apresentado até então para as elasticidades-preço. Com todos os valores positivos, de acordo com o esperado, e com intervalos de confiança bem mais estreitos. Sendo que os maiores valores foram associados aos grupos AL 4 (1,14) e AL 7 (1,14) e o menor valor foi associado ao grupo AL 5 (0,81). No entanto, ao se considerar os intervalos de confiança apenas para AL 5 e AL 6 pode-se rejeitar a hipótese de que todos os grupos podem ter elasticidade-dispêndio maior do que 1. Ou seja, para todos os dez grupos de alimentícios considerados é possível que um aumento do dispêndio total com alimentação aumente o consumo de cada grupo mais do que proporcionalmente, exceto para AL 5 e AL 6.

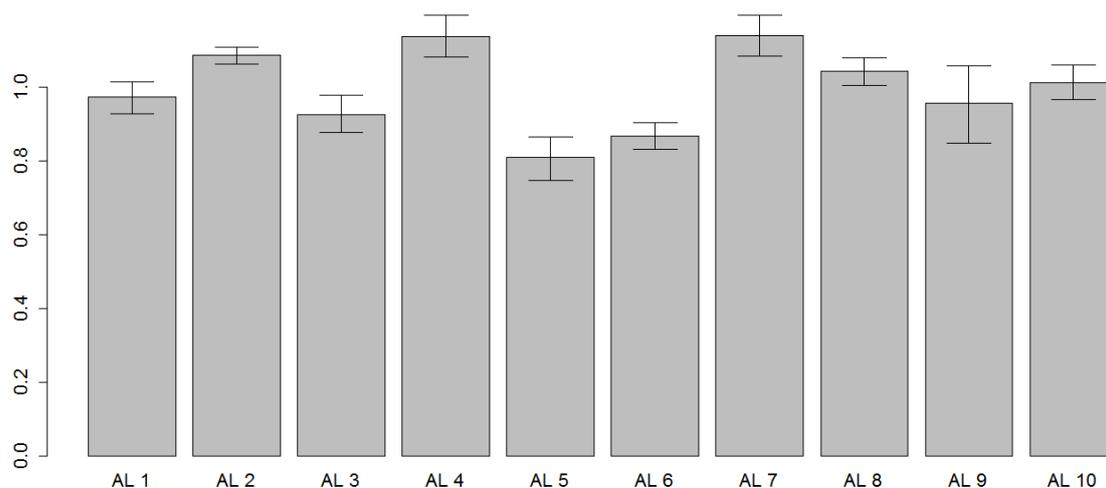


Figura 9 – Elasticidades–dispêndio do modelo LA-AIDS para os dez grupos alimentícios. Brasil.

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

### 3.7 Considerações finais

Em que pese todo o esforço feito nas seções anteriores deste capítulo para que se escolhesse um modelo de demanda que fosse ao mesmo tempo: robusto do ponto de vista econométrico, teoricamente consistente e adequado às necessidades dos objetivos a que se propõe esta tese; alguns problemas persistem e alguns aspectos precisam ser melhorados.

Um primeiro ponto que pode suscitar críticas diz respeito a forma como foram usados os preços médios dos grupos de domicílios para inferir preços para alimentos que não haviam sido consumidos por determinados domicílios. Estimar o preço de bens para os quais o domicílio não havia consumido quantidade alguma com base no preço médio do grupo do qual aquele domicílio fazia parte, foi uma estratégia para contornar não apenas o problema de de observações com consumo nulo, mas também o de dados de consumo irrealis que estavam contaminando as estimações. Por exemplo, nos dados brutos de consumo por domicílio, eram relativamente comuns preços implícitos acima de R\$ 50,00/Kg para grupos como temporárias ou derivados do trigo. Não obstante a isto, as categorias usadas na construção dos grupos de domicílios não são de forma nenhuma definitivas e seria interessante verificar como os resultados iriam variar, caso outras categorias fossem usadas, mas mantendo-se mais ou menos o mesmo número de observações finais. Pode-se ainda criticar a agregação feita na dimensão dos alimentos, mas neste caso pode-se argumentar que esta agregação foi guiada, por um lado, pelas necessidades do MEGC e do MPI de se ter um número razoável de grupos alimentícios

para que o estado nutricional fosse medido com razoável precisão. Por outro lado, pela restrição no número de observações que se dispunha.

Outro ponto discutível acerca dos resultados apresentados acima recai sobre o uso do modelo LA-AIDS, ao invés da sua generalização quadrática. Porém, espera-se que as evidências apresentadas pela Figuras 6 e pela Tabela 5 e os argumentos que as seguiram, tenham sido suficientes para mostrar que pouco se ganharia com o uso do QUAIDS, enquanto o preço a se pagar seriam valores viesados e inconsistentes para os parâmetros associados ao dispêndio, bem como haveria um custo em forma de tempo de processamento muito maior. Mas se aquelas evidências não foram suficientes, o leitor é convidado a comparar os valores das elasticidades calculadas pelos dois métodos e reportadas nos apêndices A e B e verificar que tais valores não são tão diferentes e, de maneira geral, apresentam o mesmo sinal.

## **4 ESTIMAÇÃO DAS FUNÇÕES DE PRODUÇÃO DE BENS AGRÍCOLAS NO BRASIL**

### **4.1 Introdução**

Assim como o sistema de demanda é um bloco fundamental de praticamente todos os modelos microeconômicos e também de grande parte dos modelos macroeconômicos, o comportamento da produção dos bens também é um bloco fundamental destes modelos (MASCOLLELL, WHINSTON & GREEN, 1995; ACEMOGLU, 2012). Pois, assim como não existe mercado para um bem, se não existir demanda por esse mesmo bem, o mercado também não existirá se não houver produção e, por conseguinte, oferta daquele bem. E assim, todos os modelos que envolvem a determinação do equilíbrio de mercado envolvem também suposições sobre o comportamento da produção, seja um modelo de equilíbrio parcial, seja um modelo de equilíbrio geral.

No entanto, a despeito de sua vital importância para os MEGC, o comportamento da produção, representado usualmente como funções de produção ou por funções custo, costuma ser baseado em processos de calibração. Os resultados disso são valores de parâmetros, assim como acontece com a calibração do sistema de demanda, com as seguintes características: 1) o uso de forma funcionais excessivamente restritivas no que tange ao comportamento da produção das firmas; 2) valores de parâmetros apresentados sem intervalos de confiança; e 3) o uso de parâmetros com valores baseados em suposições *ad hoc*, quando a calibração não é satisfatória ou possível, (JORGENSEN *ET AL*, 2013a; ARNDT, BENFICA & THURLOW,

2011; GUO ET AL, 2014; HONG ET AL, 2014). Não obstante, funções calibradas, como a Cobb-Douglas, podem ser validadas empiricamente.

Portanto, também para a estimação das funções de produção decidiu-se pela estimação econométrica para representar o comportamento da produção dos principais setores agrícolas do Brasil, com base nas suas funções de produção. Com isso, pretende-se subsidiar o uso de modelos de equilíbrio, em particular MEGC, que possam utilizar os parâmetros obtidos por esta estimação e com base neles possam fazer uma análise de sensibilidade sistemática, nos mesmos moldes daquela realizada por Jorgenson *et al*, (2013a). Além do mais, espera-se que os resultados de um MEGC usando parâmetros estimados sejam mais realistas do que os mesmos resultados obtidos usando parâmetros calibrados ou suposições *ad hoc*, como verificaram Beckman, Hertel & Tyner (2011) para um MEGC global voltado para a análise de políticas energéticas (o GTAP-E).

#### 4.2 Formas funcionais CES e translog usadas para a função de produção

Uma vez feita a opção pela estimação de uma função de produção como restrição tecnológica, é necessário definir a forma funcional que a função deve assumir. Do mesmo modo que as equações de demanda, a forma para a função de produção deve ser tão flexível quanto possível, ao mesmo tempo satisfazendo as propriedades exigidas pela teoria subjacente. A literatura sobre economia da produção traz várias opções de funções que passam nestes dois critérios de flexibilidade e consistência teórica. Mas como mostram os trabalhos de Jorgenson *et al* (2013a), Watto & Mugera (2014), Tang, Folmer & Xue (2015), Calzadilla *et al* (2010 e 2013), Debowicz & Golan (2014), entre outros, duas delas se destacam no que tange a aplicações econométricas e em MEGC. São elas a função translog (*Transcendental Logarithmic*) e a função CES (*Constant Elasticity of Substitution*)<sup>29</sup>. Seguindo Henningsen & Henningsen (2012), uma função de produção CES genérica com dois insumos pode ser escrita como:

$$y = \gamma (\delta x_1^{-\rho} + (1 - \delta)x_2^{-\rho})^{-\frac{1}{\rho}} \quad (23)$$

Onde:  $x_1$  e  $x_2$  são os dois fatores de produção;  $\gamma \in [0, \infty)$  determina a produtividade total dos fatores;  $\delta \in [0,1]$  é a proporção do insumo  $x_1$ ;  $\rho \in [-1,0) \cup (0, \infty)$  é o parâmetro que

<sup>29</sup> Para outras funções de produção ver Saunders (2008).

determina a elasticidade de substituição;  $v \in [0, \infty)$  determina se os retornos de escala são constantes ( $v = 1$ ), crescentes ( $v > 1$ ), ou decrescentes ( $v < 1$ ).

A elasticidade de substituição que dá nome a CES é um conceito mais geral relacionado a funções de produção e corresponde a uma medida da curvatura da isoquanta, de forma que quanto maior o seu valor, mais fácil é a substituição entre os insumos, enquanto o produto permanece constante<sup>30</sup>. De maneira formal, a elasticidade de substituição entre dois insumos  $i$  e  $j$  no ponto  $\mathbf{x}^*$  é dada, para qualquer função de produção, como:

$$\sigma_{ij}(\mathbf{x}^*) \equiv \left( \frac{d \ln TMS_{ij}(x(r))}{d \ln r} \right)^{-1}, \text{ avaliada em } r = x_j^*/x_i^* \quad (24)$$

No caso específico da CES em (23), a elasticidade de substituição se resume a

$$\sigma_{1,2} = 1/(1 - \rho) \quad (25)$$

Que é claramente uma constante, que depende apenas do parâmetro  $\rho$ .

O exemplo dado em (23) supõe apenas dois fatores de produção, mas a CES pode ser estendida para quantos fatores de produção se desejar. Isto pode ser feito de forma “plana”, ou seja, de modo que todos os fatores sejam combinados em um único nível para formar o produto, como mostra a equação (26).

$$y = \gamma \left( \sum_i^n \delta_i x_i^{-\rho} \right)^{\frac{v}{\rho}} \quad (26)$$

Onde:  $\sum_i^n \delta_i = 1$ .

Outra possibilidade é utilizar uma estrutura aninhada, em que grupos de insumos são combinados em níveis diferentes. Por exemplo, a equação (27) traz uma CES que representa uma estrutura de produção com dois níveis. No primeiro nível terra (T) e água (WT) são combinados através de uma CES para formar um bem composto, e no nível seguinte este bem composto e o trabalho (L) são combinados através de outra CES, para só então formar o produto.

$$y = \gamma \left[ \delta (\delta_T T^{-\rho_1} + (1 - \delta_T) WT^{-\rho_1})^{\frac{\rho}{\rho_1}} + (1 - \delta) L^{-\rho} \right]^{\frac{v}{\rho}} \quad (27)$$

Neste último caso a elasticidade de substituição continuaria sendo calculada conforme (24), mas agora o bem 1 refere-se ao bem composto CES<sub>1</sub> (combinação entre terra e água) e o

---

<sup>30</sup> Este tipo de elasticidade de substituição é chamado de Hicks-McFaden. Para outros conceitos de elasticidade de substituição ver Henningsen & Henningsen (2011) e suas referências.

bem 2 se refere ao trabalho. Esta possibilidade de criar facilmente estruturas de produção com vários níveis, aumenta a flexibilidade que se consegue com o uso de funções do tipo CES e lhe concedeu grande popularidade, principalmente em aplicações de MEGC. Isto acontece, em primeiro lugar, porque muitos desses modelos estão interessados em diferenciar as combinações de insumos usadas. Por exemplo, é comum em modelos focados em pobreza o trabalho ser subdividido em trabalho qualificado e não qualificado, como em Breisinger & Ecker (2014). E igualmente comum em modelos focados em energia, a energia elétrica ser um insumo formado diversas outras fontes de energia, como em Guo *et al* (2014). Em segundo, mesmo que não possa ter todos os seus parâmetros calibrados, pois  $\sigma$  e  $\rho$  são determinados simultaneamente em uma única equação (25), a função CES requer que se suponha ou estime apenas um destes dois parâmetros, o que torna mais simples o trabalho.

Não obstante as vantagens do uso da forma funcional CES há problemas na sua estimação econométrica. A CES, seja ela com dois ou  $n$  insumos, plana ou aninhada, é sempre não linear no parâmetro  $\rho$ , de forma que são necessários métodos de estimação não lineares. Esses métodos, por seu turno sofrem de problemas de convergência, e muitas vezes retornam valores estimados que não têm nenhum significado econômico, por exemplo, uma participação negativa de um determinado insumo ( $\delta_i < 0$ ). Outro problema é que a CES apresenta uma descontinuidade em  $\rho = 0$ , o que torna a estimação muito sensível quando o algoritmo de otimização encontra-se próximo deste valor (HENNINGSEN & HENNINGSEN, 2012) . Porém, na verdade, quando  $\rho = 0$  ( $\sigma = 1$ ) a CES converge para a função Cobb-Douglas, de modo que pode-se estimar a CES para verificar se a Cobb-Douglas seria ou não uma aproximação razoável para a tecnologia que se deseja modelar (WERF, 2008).

A outra opção citada na literatura, a função de produção translog com  $n$  fatores de produção é dada pela seguinte equação:

$$\ln y = \beta_0 + \sum_i^n \beta_i \ln x_i + \frac{1}{2} \left( \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j \right), \quad \beta_{ij} = \beta_{ji} \quad (28)$$

A partir da equação (28) uma vantagem da função translog em relação a CES fica imediatamente clara, qual seja que a função translog é linear nos parâmetros. Isto significa dizer que mesmo que os valores dos insumos apareçam elevados ao quadrado, como de fato acontece se o termo entre parênteses for colocado por extenso, os parâmetros  $\beta_0$ ,  $\beta_i$  e  $\beta_{ij}$  não aparecem na função de forma não linear. Isto significa que os algoritmos usuais para estimação de equação lineares nos parâmetros podem ser utilizados, o que implica maior velocidade e precisão na estimação. Além do mais, a função em (28) é contínua para todo  $x_i > 0$ , o que também facilita

a estimação. Outra vantagem em relação a CES foi demonstrada no trabalho seminal de Christensen, Jorgenson & Lau (1973), em que os autores mostraram que a função translog é uma aproximação por uma série de Taylor de segunda ordem em logaritmos para qualquer função de produção. Este fato é de extrema valia para a estimação de uma função de produção, pois a priori poderia representar qualquer forma funcional. Por outro lado, há uma desvantagem no uso da função translog no contexto desta tese, pois para ser usada em um MEGC todos os seus parâmetros precisam ser estimados, daí a razão pela qual esta função ser pouco usada neste tipo de modelo (JORGENSEN *et al*, 2013a).

#### **4.3 Aplicação: A obtenção das funções de produção como representativas da restrição tecnológica para grupos agrícolas no Brasil**

O que se percebe do resultado da seção anterior é a existência de uma dualidade dentro da Teoria da Firma. Não importa a forma com que se deseje representar a restrição tecnológica, seja através de uma função de produção, ou através de uma função custo, as duas representações são apenas pontos de vista diferentes acerca de um mesmo problema. E esta constatação é bastante conveniente para o processo de estimação ou calibração do comportamento da produção, pois fornece duas opções para tal processo, que podem ser mais ou menos convenientes em cada aplicação, a depender dos dados disponíveis. Especificamente, a função de produção requer dados sobre a quantidade produzida e sobre a quantidade dos insumos usados na produção. Pelo menos para os insumos chamados de fatores primários, como trabalho, terra, capital. Por outro lado, a função custo requer também dados sobre a quantidade produzida, mas além disso exige informações detalhadas sobre os preços dos insumos. Assim, a escolha da forma de representação da restrição tecnológica é guiada primeiramente pela escolha dos insumos e em seguida pela disponibilidade de dados de quantidades e preços sobre aqueles insumos.

Independente de se representar a tecnologia usando a função de produção ou a função custo, permanece a opção de estimar ou calibrar a função escolhida da mesma forma que num sistema de funções de demanda. As vantagens e desvantagens de um e de outro processo permanecem no caso da produção, de modo que, também para o seu comportamento, pelo menos dos setores agrícolas, foi feita a escolha nesta aplicação pelo processo de estimação.

Nesta tese, era essencial representar com precisão o comportamento da produção de bens agrícolas, especialmente no que diz respeito a como tal produção reage a uma menor ou maior disponibilidade de água. Por isso, consideraram-se quatro fatores primários de produção,

a saber, além da água: a terra, o trabalho e um agregado formado pelos demais insumos (exclusivo o capital). Os dados do Censo Agropecuário de 2006 publicados pelo IBGE trazem informações sobre a quantidade e preço do trabalho e da terra, bem como sobre a quantidade produzida e o valor gasto com o restante dos insumos para vários produtos agrícolas por município. Porém, o preço da terra nestes dados estava disponível para poucos municípios brasileiros, pois se referia apenas ao valor pago por terra arrendada. Ou seja, a maior parte da produção agrícola no Brasil se dá em terras de propriedade dos produtores. Enquanto isso, os dados da Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE, 2011) encomendados pelo Ministério do Meio Ambiente trazem, também por município, a quantidade de água retirada de cada bacia para uso na irrigação de plantações de vários produtos agrícolas. Enquanto que a água usada pela pecuária não foi modelada, uma vez que não se dispunha de dados. Por outro lado, o preço por cada mil metros cúbicos de água consumida na irrigação era de R\$ 0,40, segundo a deliberação do Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF, 2008). Mas este valor dizia respeito apenas ao consumo da água pela agricultura na Bacia do São Francisco. Logo, na medida em que as informações para a estimação de funções de produção estavam completas, enquanto que não se tinha informação suficiente sobre os preços da terra e água, foi feita a escolha pelo uso da abordagem da função de produção para representar a restrição tecnológica dos agricultores, em detrimento do uso da função custo.

Como as estimações realizadas neste capítulo devem ser usadas na construção de um MEGC, que por seu turno utiliza outras bases de dados<sup>31</sup>, fez-se necessária uma compatibilização entre as mesmas. Para isso, as culturas foram agrupadas de forma a ter dados comuns em todas as bases. O Quadro 4 traz os grupos formados para os quais foram estimadas a função de produção. Vale ressaltar que o título de cada grupo, não enseja que todas as culturas consideradas naquele grupo sigam aquela definição. Por exemplo, o palmito certamente não é uma fruta, mas por ser uma cultura de lavoura permanente foi colocado no grupo “frutas”, que na verdade abarca a maior parte dos produtos de lavoura permanente. Por outro lado, o grupo “hortaliças” compreende a maioria dos produtos de lavoura temporária. Enquanto o grupo “resto” abrange culturas que não estavam bem definidas entre as bases de dados usadas para estimação das funções de produção e as bases usadas para a construção do MEGC. Com outras palavras, dada a necessidade de se utilizar bases de dados não diretamente compatíveis para a construção da plataforma integrada, não foi possível criar grupos de culturas que fossem exatamente compatíveis com os grupos de alimentos, para as quais se levantou curvas de

---

<sup>31</sup> Sobre os dados utilizados para construir o MEGC ver a seção 6.3.

demanda. Por exemplo, não foi possível estimar uma função de produção para um grupo constituído apenas por frutas (AL 7).

Grupos de Culturas	Culturas
Cana	Cana-de-açúcar
Cereais	Arroz, Aveia, Cevada, Milho, Soja, Sorgo, Tricale, Trigo
Frutas	Abacate, Acerola, Ameixa, Amora, Banana, Caju, Caqui, Coco, Figo, Goiaba, Graviola, Laranja, Limão, Maçã, Mamão, Manga, Maracujá, Pêssego, Tangerina, Uva, Fruta-do-conde, Cacau, Pimenta do Reino, Seringueira, Palmito, Açaí.
Hortaliças	Alho, Cebola, Abacaxi, Batata-inglesa, Feijão, Mandioca, Melão, Melancia, Ervilha, Fava, Abóbora, Forrageira para corte, Tomate
Resto	Algodão, Agave, Amendoim, Café, Fumo, Girassol, Mamona

Quadro 4 – Grupos formados por culturas para os quais se dispunha de dados sobre terra, trabalho e água.

Fonte: Censo Agropecuário 2006 e FUNARBE (2011).

Com relação à forma funcional, feita uma ponderação entre as vantagens e desvantagens das funções CES e translog (ver capítulo quatro), foi escolhida esta última dada a sua flexibilidade e facilidade de estimação.

Para cada um dos grupos de cultura do Quadro 4 (cana, cereais, frutas, hortaliças, e resto) foi estimada a seguinte equação:

$$\ln Y_k = \beta_0 + \sum_i^3 \beta_i \ln x_{ik} + \frac{1}{2} \left( \sum_i^3 \sum_j^3 \beta_{ij} \ln x_{ik} \ln x_{jk} \right) + u_k, \quad (29)$$

Onde:  $Y_k$  é a quantidade produzida em toneladas (ton) do grupo de cultura em questão por município  $k$ ;  $x_i$ ,  $i = T, L, WT$  e  $CI$ ;  $T$  é a área destinada a colheita ou em hectares (ha);  $L$  é o número de trabalhadores usados na produção, com e sem laços de parentesco com o produtor; e  $WT$  é a quantidade de água em metros cúbicos ( $m^3$ );  $CI$  é o valor total gasto com consumo intermediário (despesas com energia elétrica, adubos, corretivos, combustíveis e etc.); e  $u_k$  é o termo de erro com média zero.

#### 4.4 Resultados das funções de produção irrestritas dos grupos de culturas

Mesmo antes da estimação da equação (29), algumas observações a respeito da produção de gêneros agrícolas no Brasil podem ser inferidas, com base em um exame rápido

das informações contidas na base de dados final construída para tal estimação. A Tabela 6 apresenta a distribuição do valor da produção e do uso dos insumos entre os grupos de culturas definidos no Quadro 4. Esta distribuição mostra quão desequilibrada é a produção agrícola brasileira. Por exemplo, a cana-de-açúcar representa apenas 2,32% da área colhida, usa 58,51% da água consumida, e é responsável por 21,34% do valor da produção agrícola brasileira, o que demonstra o quanto a produção de cana-de-açúcar é intensiva em água, e quão importante é o setor, pois lembra-se que este setor envolve a produção de uma única cultura (ver quadro anterior). Já as frutas, representaram 49,58% da área colhida, mas consumiram apenas 6,52% da água total, sendo responsáveis por 16,45% do valor total da produção. A produção de hortaliças tem baixa participação em todas as variáveis da Tabela 6, exceto no que tange a participação no uso do trabalho total, com 38,18%. Já, o grupo que inclui as demais culturas tem a segunda maior participação em termos de área colhida (39,09%), 15,97% do valor produzido e responde pela menor participação no consumo da água, apenas 3,98%. Por outro lado, os cereais respondem pela maior participação no que diz respeito ao valor da produção, mas o mesmo não vale para a sua participação na água consumida, que usa menos da metade daquela utilizada pelo cultivo de cana<sup>32</sup>.

Tabela 6 – Distribuição percentual do valor produzido e dos fatores de produção entre os grupos de culturas. Municípios do Brasil. Em percentual.

Variáveis	Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
Valor da Produção	21,34	34,86	16,45	11,37	15,97
Área Colhida	2,32	7,29	49,58	1,71	39,09
Trabalhadores	7,28	24,28	13,89	38,18	16,37
Água Consumida	58,51	26,61	6,52	4,39	3,98
Consumo Intermediário	17,41	48,46	6,98	10,93	16,21

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

Quando se analisa as produtividades da terra (em R\$ 1000/ha), do trabalho (em R\$ 1000/trabalhador) e da água (em R\$/m<sup>3</sup>) (ver Tabela 7), percebe-se a baixa produtividade da cana em relação ao consumo de água, bem como a baixa produtividade da terra para os grupos frutas e resto. Por outro lado, a maior produtividade para à água foi encontrada no grupo resto,

<sup>32</sup> É importante ressaltar que os valores referentes a área colhida, valor da produção e área colhida (e/ou plantada) foram retiradas das Tabelas 1823 (lavoura temporária) e 1821 (lavoura permanente) do Censo Agropecuário 2006. As quantidades e valores de cada uma destas tabelas foi somada por cultura (por exemplo para a cana-de-açúcar) e o resultado foi usado na construção da base dados da tese, inclusive na construção da Tabela 6. Diferentes tabelas do Censo Agropecuário forneciam valores diferentes para estas variáveis, mas as Tabelas 1823 e 1821 foram escolhidas devido a sua consistência entre elas. Isto porque, para a estimação é essencial que os valores entre as observações sejam consistentes entre si, para que o parâmetro estimado seja consistente.

seguido pelo grupo hortaliças, enquanto a menor destas produtividades foi registrada para o grupo frutas<sup>33</sup>.

Tabela 7 – Produtividade de cada fator de produção por grupo de culturas e total dos setores agrícolas. Municípios do Brasil.

Variáveis	Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
Área Colhida (R\$ 1000/ha)	216,46	112,69	7,82	156,67	9,64
Trabalhadores (R\$ 1000/trabalhador)	30,56	14,97	12,35	3,11	10,17
Água Consumida (R\$/m <sup>3</sup> )	1,71	6,14	11,83	12,15	18,83
Consumo Intermediário (R\$/ R\$)	2,64	1,55	5,08	2,24	2,12

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

Os valores estimados dos parâmetros da equação (29), juntamente com seus intervalos de confiança de bootstrap com nível de confiança de 90% e o grau de ajuste do modelo ( $\bar{R}^2$ ) são apresentados na Tabela 8. Pode-se ver que o ajuste das equações aos dados, denotado pelos valores de  $\bar{R}^2$  foram mais do que satisfatórios, sobretudo para os grupos com menos observações. Isto significa dizer que a função de produção translog com quatro fatores de produção (terra, trabalho, água e consumo intermediário) foi capaz de representar de forma bastante razoável o comportamento da produção de bens agrícolas dos municípios brasileiros. No que diz respeito aos valores individuais dos parâmetros, a Tabela 8 omite os valores dos parâmetros simétricos, por exemplo,  $\beta_{TL} = \beta_{LT}$  de modo que apenas  $\beta_{TL}$  teve seu valor e intervalo de confiança reportado. Pode-se observar também na Tabela 8, que o número de parâmetros estatisticamente diferentes de zero, ficou entre dez (cana, frutas e resto) e treze (cereais e hortaliças).

Os sinais dos parâmetros cruzados ( $\beta_{ij}$ ) indicam relações de substitutibilidade (sinal negativo) ou complementaridade (sinal positivo) entre os fatores de produção. Assim, por exemplo, para o cultivo de cana-de-açúcar, a terra foi complementar ao trabalho, a água e ao consumo intermediário, no sentido de que o aumento no uso de qualquer um destes fatores aumenta a participação do uso da terra na produção. Enquanto isso, trabalho e água foram encontrados como sendo substitutos, ou seja, o aumento no uso da água reduz a participação do trabalho na produção. Uma vez que têm este significado, os parâmetros do tipo  $\beta_{ij}$  são chamados de *share elasticities*, pois medem a elasticidades das participações dos fatores  $i$  em decorrência do aumento no uso dos fatores  $j$ . Quando  $\beta_{ij} = 0$  para todo  $i$  e para todo  $j$ , a função

<sup>33</sup> Ressalta-se que a produtividade foi calculada como o valor da produção sobre a quantidade ou valor do insumo, ao invés de ter sido utilizado o valor adicionado.

de produção translog se reduz em uma Cobb-Douglas, em que as proporções dos fatores em relação à produção são fixas e a elasticidade de substituição é unitária.

Tabela 8 – Estimação da função de produção translog irrestrita com terra (T), trabalho (L), água (WT) e consumo intermediário(CI). Setores agrícolas. Municípios do Brasil.

Parâmetros	Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
$\beta_0$	4,408 (2,482, 6,421)	2,090 (1,518, 2,704)	7,961 (0,037, 15,953)	2,426 (1,413, 3,742)	7,151 (5,315, 8,848)
$\beta_T$	-0,158 (-0,515, 0,214)	1,681 (1,549, 1,815)	-1,423 (-2,224, -0,694)	0,528 (0,316, 0,747)	-0,282 (-0,467, -0,073)
$\beta_L$	-0,044 (-0,489, 0,421)	-1,058 (-1,219, -0,885)	0,895 (-0,200, 2,005)	-0,385 (-0,688, -0,105)	1,561 (1,092, 1,994)
$\beta_{WT}$	-0,036 (-0,234, 0,157)	-0,070 (-0,125, -0,010)	0,359 (0,037, 0,653)	-0,380 (-0,469, -0,279)	-0,030 (-0,178, 0,115)
$\beta_{CI}$	1,404 (1,090, 1733)	0,194 (0,074, 0,317)	0,918 (0,271, 1,529)	1,018 (0,820, 1,200)	-0,291 (-0,660, 0,090)
$\beta_{TT}$	-0,283 (-0,347, -0,218)	0,042 (0,008, 0,092)	-0,187 (-0,239, -0,128)	-0,105 (-0,152, -0,060)	0,069 (0,037, 0,100)
$\beta_{TL}$	0,044 (0,001, 0,087)	0,113 (0,086, 0,138)	-0,120 (-0,175, -0,068)	0,045 (0,006, 0,087)	-0,052 (-0,081, -0,019)
$\beta_{TL}$	0,035 (0,015, 0,054)	-0,012 (-0,024, 0,001)	0,015 (-0,005, 0,035)	0,015 (-0,001, 0,031)	-0,026 (-0,037, -0,015)
$\beta_{TCI}$	0,164 (0,123, 0,206)	-0,106 (-0,137, -0,074)	0,199 (0,161, 0,230)	0,042 (0,019, 0,065)	-0,015 (-0,038, 0,008)
$\beta_{LL}$	-0,009 (-0,065, 0,050)	-0,172 (-0,198, -0,147)	0,069 (-0,006, 0,146)	-0,078 (-0,133, -0,027)	0,180 (0,116, 0,238)
$\beta_{TWT}$	-0,036 (-0,058, -0,015)	-0,015 (-0,022, -0,007)	0,010 (-0,013, 0,030)	-0,056 (-0,071, -0,041)	-0,015 (-0,034, 0,003)
$\beta_{LCI}$	0,032 (0,000, 0,066)	0,039 (0,020, 0,058)	0,024 (-0,020, 0,066)	0,061 (0,034, 0,086)	-0,097 (-0,146, -0,046)
$\beta_{WTWT}$	0,001 (-0,017, 0,016)	0,023 (0,017, 0,028)	0,039 (0,031, 0,046)	-0,009 (-0,020, 0,002)	0,026 (0,015, 0,036)
$\beta_{WT CI}$	-0,031 (-0,052, -0,009)	0,002 (-0,007, 0,011)	-0,044 (-0,059, -0,029)	0,029 (0,018, 0,040)	0,009 (-0,007, 0,025)
$\beta_{CI CI}$	-0,118 (-0,163, -0,077)	0,040 (0,010, 0,066)	-0,077 (-0,120, -0,029)	-0,100 (-0,125, -0,071)	0,110 (0,058, 0,157)
$\bar{R}^2$	0,92	0,95	0,77	0,72	0,94
OBS	999	2627	3405	2808	1201

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

Ainda que a proporção de parâmetros estatisticamente significativos tenha sido elevada, vale lembrar que aqui foram utilizados dados por municípios, e que o ideal seria utilizar dados por unidades produtoras. De qualquer forma, a ideia aqui é que, com esses dados municipais as funções de produção estimadas representem unidades produtoras agrícola típicas no Brasil, de cada um dos grupos de produtos agrícolas considerados, usando os quatro fatores de produção

mencionados. Assim, considera-se o uso dos valores da Tabela 8 em um MEGC, um avanço substancial em relação à prática usual de atribuir valores *ad hoc* para os parâmetros das funções de produção de todos os setores (OLIVEIRA & TEIXEIRA, 2009; ROBINSON *et al*, 1999). A respeito do baixo número de observações para alguns grupos em relação a outros, isto ocorreu devido a não produção daquele grupo de culturas em vários municípios, como foi o caso, por exemplo, da produção de cana-de-açúcar.

Apesar da importância de cada um destes parâmetros da função de produção para a construção das demandas por fatores no MEGC<sup>34</sup>, tais parâmetros per si trazem poucas informações e de difícil interpretação. Diferentemente do que ocorreria com a estimação de uma CES, em que os valores estimados das elasticidades de substituição ( $\sigma_{ij}$ ) e do parâmetro de retornos de escala ( $v$ ) já trariam consigo fortes implicações econômicas. No caso da translog costuma-se então calcular a média das elasticidades de produção para cada um dos fatores, que no presente caso encontram-se na Tabela 9. Estas elasticidades estimam o aumento proporcional em média na produção do produto final, no caso de acontecer um aumento proporcional na quantidade do insumo ou fator em questão.

O primeiro fato que chama atenção sobre estas elasticidades é que para os grupos cana e cereais, a elasticidade de produção do trabalho foi negativa, ou seja, o aumento proporcional do fator trabalho resultaria em redução, na produção destes grupos, ainda que proporcionalmente menor do que o aumento proporcional do fator. Este resultado é corroborado pela Tabela 10, em que se reportam o percentual dos municípios que apresentaram elasticidades de produção positiva para cada fator e cada grupo de culturas. Verifica-se que, para estes mesmos grupos, cana e cereais, a maioria dos municípios apresentou elasticidade de produção do trabalho negativa. No caso da cana, apresenta-se negativa para mais de 90% dos municípios. Contudo, este resultado deve ser tomado com cautela. Pois os dados sobre quantidades de trabalhadores no Censo Agropecuário (2006) referem-se ao número de trabalhadores em 31/12/2006, e como é sabido o uso de trabalho na agricultura, em especial no cultivo da cana-de-açúcar, se caracteriza pelo uso de trabalhadores temporários, ou seja aqueles empregados durante o período da safra. Como a safra (colheita e moagem) da cana-de-açúcar na região Sudeste, que é a maior região produtora do país<sup>35</sup>, ocorre entre abril e novembro, é de se esperar que os mesmos não estejam mais nas propriedades no final de dezembro.

---

<sup>34</sup> Ver capítulo seis.

<sup>35</sup> Estava na região Sudeste em 2012, 64% da área plantada de cana-de-açúcar segundo dados da Produção Agrícola Municipal de 2012, disponibilizada pelo IBGE em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam>.

Outro fato que chama a atenção acerca das elasticidades de produção dos fatores é que para as hortaliças a água apresentou uma elasticidade média negativa. Fato novamente corroborado pela Tabela 10, uma vez que o grupo hortaliças foi o único para o qual menos da metade dos municípios apresentou elasticidade de produção da água positiva. Neste caso a explicação pode estar na definição não tão precisa do grupo hortaliças, que inclui culturas com coeficientes de consumo de água bem diversos. Outro fator que ajuda a explicar a existência de elasticidades de produção negativas para a água e o trabalho é o próprio uso dos municípios como unidade básica. Na medida em que os dados usados na estimação encontram-se agregados por municípios, pequenas propriedades de agricultura familiar de subsistência, que possivelmente fazem um uso excessivo do fator trabalho ou da água, estão misturados a grandes propriedades do agronegócio, que presumivelmente demandam uma quantidade mais próxima do ótimo de cada fator, inclusive o trabalho. Assim, este resultado pode não se manter no caso em que a unidade amostral passe a ser a unidade produtora ao invés do município.

Tabela 9 – Médias das elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog irrestrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil. Em percentual.

Fatores	Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
Terra	0,473	0,697	0,463	0,615	0,139
Trabalho	-0,151	-0,123	0,016	0,125	0,338
Água	0,172	0,032	0,090	-0,024	0,031
CI	0,563	0,295	0,369	0,332	0,387
Escala	1,057	0,901	0,939	1,049	0,896

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

Na última linha da Tabela 9 são apresentados os valores das elasticidades de escala, que nada mais são que a soma dos valores das elasticidades de produção. Assim, os valores de elasticidade de escala acima, abaixo e iguais a um implicam, respectivamente, em retornos crescentes, decrescentes e constantes de escala. Esses resultados então mostram a cana e as hortaliças apresentando retornos levemente crescentes, enquanto cereais, frutas e as demais culturas, apresentando retornos decrescentes de escala.

Tabela 10 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog irrestrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil. Em percentual.

Fatores	Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
Terra	93,8	100,0	94,3	100,0	88,8
Trabalho	6,9	32,0	54,0	74,5	98,9
Água	99,1	77,0	79,6	36,6	72,9
CI	100,0	100,0	91,4	98,7	100,0

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

Quanto a monotonicidade da produção no que diz respeito aos fatores terra e consumo intermediário, a Tabela 10 denota que todos os grupos apresentaram funções de produção monotônicas para estes fatores para a quase totalidade das observações. Mas outra propriedade teórica essencial das funções de produção, qual seja a quase-concavidade da função, não foi atendida com sucesso. De acordo com a Tabela 11, o grupo com o maior número de observações para as quais a função de produção estimada foi quase-côncava para no máximo 34,5% das observações, no caso do grupo hortaliças, e no mínimo 5,5% das observações para o caso do cultivo de cana-de-açúcar.

Tabela 11 – Frequência de observações para as quais a função de produção era quase-côncava. Translog irrestrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil

Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
5,5	26,8	13,4	34,5	11,3

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

#### 4.5 Resultados das funções de produção restritas dos grupos de culturas

Uma vez que as funções de produção translog estimadas para os cinco grupos agrícolas (cana, cereais, frutas, hortaliças e resto) na seção anterior não satisfizeram de maneira satisfatória as propriedades de monotonicidade e quase-concavidade, as estimações da seção anterior não foram utilizadas no modelo de equilíbrio geral computável (MEGC). Como as mesmas são necessárias para construir o MEGC, estimaram-se novas funções de produção impondo tais propriedades. Outra propriedade conveniente de tal função para ser usada num MEGC, apesar de não necessária, é a de retornos constantes de escala, pela qual se o uso de todos os fatores de produção aumenta por um fator qualquer “ $\tau$ ” a quantidade produzida aumenta na mesma proporção  $\tau$ . Assim, a seção anterior foi mantida pois fornece interessantes resultados que podem ser usados em outros estudos, que não a aplicação dos mesmos a um MEGC.

Considerando-se então novamente uma função de produção translog genérica (30), a condição de monotonicidade para esta função é dada pela desigualdade (31).

$$\ln y = \beta_0 + \sum_i^n \alpha_i \ln x_i + \frac{1}{2} (\sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j), \quad \beta_{ij} = \beta_{ji} \quad (30)$$

$$v_i = \beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j \geq 0 \quad \forall i \quad (31)$$

Onde  $v_i$  é a derivada de  $\ln y$  em relação a  $\ln x_i$ , ou seja,  $v_i$  é a elasticidade de produção em relação ao fator de produção  $x_i$ <sup>36</sup>.

Sendo assim, a condição suficiente para que a desigualdade (31) seja satisfeita, uma vez que todos os fatores têm valores maiores do que zero, é que  $\beta_i, \beta_{ij} \geq 0$ . Contudo, esta seria uma condição excessivamente restritiva sobre a estimação das funções de produção, uma vez que implicaria que todos os pares de produtos fossem complementares entre si ( $\beta_{ij} \geq 0$ ). A solução para este dilema, conforme apontam Henningsen & Henningsen (2009) e Watto & Mugerá (2013), é a imposição de monotonicidade local, ou seja, impor monotonicidade dos fatores entre os dados da estimação. Segundo estes mesmos autores existem três formas de impor esta monotonicidade local: 1) através de estimações bayesianas como em O'Donnell & Coelli (2005) e Pascoe, Punt & Dichmont (2010); 2) usando métodos não paramétricos como em Grosskopf, Margaritis & Valdmanis (1995); 3) usando estimação de distância mínimo conforme Henningsen & Henningsen (2009). Dentre esses três métodos, resolveu-se por seguir o método de Henningsen & Henningsen (2009), dada a sua simplicidade e o uso de técnicas econométricas mais frequentes.

No caso simples de uma função de produção, o método de Henningsen & Henningsen (2009) para impor monotonicidade dos fatores em cada uma das observações da pesquisa resume-se a apenas dois estágios<sup>37</sup>. No primeiro estágio, estima-se a função de produção sem nenhuma restrição, tal como fora feito na seção 4,4. No segundo estágio resolve-se o seguinte problema de minimização.

$$\hat{\beta}^0 = \arg \min(\hat{\beta}^0 - \hat{\beta})\hat{\Sigma}_{\beta}^{-1}(\hat{\beta}^0 - \hat{\beta}) \quad (32)$$

sujeito a:

$$v_{ik} = \beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_{jk} \geq 0 \quad \forall i, k$$

Onde:  $\hat{\beta}$  é o vetor de parâmetros estimado no primeiro estágio;  $\hat{\Sigma}_{\beta}^{-1}$  é a inversa da matriz de variância e covariância da estimação de  $\hat{\beta}$ ;  $\hat{\beta}^0$  é a estimação corrigida impondo-se monotonicidade; e o subscrito  $k$  indica cada uma das observações da amostra

Na verdade, o que o segundo estágio faz é encontrar um vetor  $\hat{\beta}^0$  tão próximo quanto possível do vetor estimado original  $\hat{\beta}$ , mas tal que a restrição de monotonicidade seja respeitada em todas as observações da amostra. Mais do que isso, o problema (32) pode ser facilmente

<sup>36</sup> Lembre-se que  $\frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_i} = \frac{x_i}{y} * \frac{\partial y}{\partial x_i}$ .

<sup>37</sup> Na verdade, quando desenvolveram seu método, Henningsen & Henningsen (2009) tinham como objetivo impor monotonicidade a fronteiras de produção estocástica, o que implica um terceiro estágio ao processo, que aqui, como foram estimadas funções de produção, foi desnecessário.

estendido, e daí a opção por este método, para levar em conta outras restrições. No presente caso optou-se por impor também retornos constantes de escala em relação a terra, ao trabalho e ao consumo intermediário, o que implicou adicionar as seguintes restrições ao problema em (32)

$$\beta_T + \beta_L + \beta_{CI} = 1 \quad (33)$$

$$\beta_{TT} + \beta_{TL} + \beta_{TWT} + \beta_{TCI} = 0 \quad (34)$$

$$\beta_{TL} + \beta_{LL} + \beta_{LWT} + \beta_{LCI} = 0 \quad (35)$$

$$\beta_{TWT} + \beta_{LWT} + \beta_{WTWT} + \beta_{WCI} = 0 \quad (36)$$

$$\beta_{TCI} + \beta_{LCI} + \beta_{WTCTI} + \beta_{CICI} = 0 \quad (37)$$

Tabela 12 – Estimação da função de produção translog restrita com terra (T), trabalho (L) água (WT) e consumo intermediário (CI). Setores agrícolas. Municípios do Brasil.

Parâmetros	Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
$\beta_0$	5,970	2,180	15,565	4,170	6,335
$\beta_T$	0,125	1,181	-1,147	0,439	0,087
$\beta_L$	0,069	-0,367	2,459	0,056	1,193
$\beta_{WT}$	0,125	0,105	0,241	0,018	0,070
$\beta_{CI}$	0,806	0,186	-0,312	0,506	-0,280
$\beta_{TT}$	-0,112	-0,007	0,019	-0,055	0,017
$\beta_{TL}$	0,008	0,112	-0,116	0,014	-0,001
$\beta_{TWT}$	0,015	-0,011	-0,015	0,002	0,000
$\beta_{TCI}$	0,090	-0,094	0,111	0,039	-0,016
$\beta_{LL}$	0,001	-0,168	0,150	-0,019	0,115
$\beta_{LWT}$	-0,010	0,014	0,015	0,000	-0,018
$\beta_{LCI}$	0,001	0,042	-0,049	0,005	-0,097
$\beta_{WTWT}$	-0,011	-0,004	-0,002	-0,002	-0,001
$\beta_{WTCTI}$	0,006	0,001	0,002	0,000	0,018
$\beta_{CICI}$	-0,097	0,051	-0,064	-0,044	0,095

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

A razão para impor retornos constantes de escala apenas para terra, trabalho e consumo intermediário está no processo de calibração usado no MEGC. Neste modelo, a produção dos setores é dada inicialmente como a soma das despesas com estes três fatores, uma vez que não se dispunha de dados sobre a despesa com água bruta<sup>38</sup>. Em outras palavras, os dados usados para calibrar o MEGC já assumiam implicitamente retornos constantes de escala apenas nestes três fatores. Por conseguinte, foram definidos dois tipos de elasticidades, uma elasticidade total que inclui a água, definida pela equação (38) e uma elasticidade que não inclui a água e, portanto, deve ser igual a um para todas as observações, definida pela equação (39).

<sup>38</sup> Água não tratada.

$$v_{Ik} = v_{Tk} + v_{Lk} + v_{WTk} + v_{CIk} \quad (38)$$

$$v_{IIk} = v_{Tk} + v_{Lk} + v_{WTk} + v_{CIk} - \alpha_{WT} \quad (39)$$

Tabela 13 – Razão entre a diferença entre os coeficientes do modelo restrito e irrestrito e o erro-padrão original. Setores agrícolas. Municípios do Brasil.

Parâmetros	Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
$\beta_0$	1,466	0,258	1,941	2,983	-0,806
$\beta_T$	1,245	-5,346	0,966	-0,608	3,214
$\beta_L$	0,457	7,195	2,910	2,394	-1,377
$\beta_{WT}$	1,447	4,340	-0,848	6,667	1,240
$\beta_{CI}$	-3,111	-0,097	-4,229	-4,266	0,051
$\beta_{TT}$	4,380	-1,627	11,486	1,471	-3,171
$\beta_{TL}$	-1,396	-0,034	0,227	-1,057	2,949
$\beta_{TWT}$	-1,541	0,086	-4,301	-1,210	4,158
$\beta_{TCI}$	-2,808	0,596	-6,207	-0,172	-0,124
$\beta_{LL}$	0,306	0,246	2,187	1,633	-1,823
$\beta_{LWT}$	2,012	5,333	0,541	5,741	-0,228
$\beta_{LCI}$	-1,516	0,259	-3,682	-3,234	0,006
$\beta_{WTWT}$	-1,210	-7,283	-10,696	1,101	-4,400
$\beta_{WTCI}$	3,075	-0,159	7,037	-4,296	1,039
$\beta_{CICI}$	0,795	0,601	0,694	2,934	-0,526

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

A Tabela 12 traz os resultados das estimações resultantes das funções de produção translog para os cinco grupos agrícolas sujeitas as restrições de monotonicidade e de retornos constantes de escala. Mas diferentemente da Tabela 8, a Tabela 12 não traz os intervalos de confiança de *bootstrap* para as estimações restritas, pois segundo Henningsen & Henningsen (2009) e Andrews (2000), estes intervalos de confiança poderiam ser inconsistentes para estas estimativas restritas. Contudo, mais informativos que os resultados da Tabela 12, são os resultados da Tabela 13, a qual reporta a razão entre a diferenças entre as duas estimativas (irrestrita e restrita) e o erro-padrão original das estimações restritas. E o que pode ser visto nesta última tabela é que, para a maioria dos coeficientes (cerca de 60%), a diferença entre as estimativas restritas e irrestritas foi menor do que duas vezes o erro-padrão original. Tomando cada grupo de culturas individualmente, os grupos cana, cereais e resto, apresentaram cinco diferenças acima de duas vezes o erro-padrão, enquanto os grupos frutas e hortaliças apresentaram, respectivamente, nove e oito diferenças com valor acima de duas vezes o erro-padrão.

Quanto aos objetivos desejados com a estimação restrita, as Tabelas 14 e 15 trazem novamente a média das elasticidades em relação a cada fator, as chamadas elasticidades de

escala, além da frequência com que estas elasticidades foram positivas entre as observações da amostra. Quanto aos valores médios das elasticidades por fator de produção, não surpreendentemente, todas passaram a ser positivas, uma vez que conforme a Tabela 15, para praticamente todas as observações elas também foram positivas<sup>39</sup>. E quanto às elasticidades de escala, com exceção do grupo resto, todos os grupos exibiram retornos totais de escala crescentes, enquanto os retornos de escala considerando apenas terra, trabalho e consumo intermediário foram constantes para todos os grupos, inclusive resto. Desta feita se as quantidades de terra, trabalho e consumo intermediário aumentam em uma determinada proporção, enquanto a quantidade de água permanece constante, a produção de todos os grupos de cultura também aumentam nessa mesma proporção. Por outro lado, se a quantidade usada de todos os fatores, inclusive a água aumentam numa determinada proporção, a produção de cana, cereais, frutas e hortaliças aumenta mais do essa proporção, enquanto a produção do grupo resto aumenta proporcionalmente um pouco menos (0,93).

Tabela 14 – Médias das elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog restrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil. Em percentual.

Fatores	Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
Terra	0,43	0,41	0,43	0,56	0,07
Trabalho	0,04	0,45	0,45	0,13	0,42
Água	0,15	0,05	0,05	0,02	0,06
Consumo Intermediário	0,50	0,20	0,31	0,32	0,38
Escala I	1,12	1,10	1,24	1,02	0,93
Escala II	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

Por fim, quanto a quase-concavidade, a aplicação das restrições de monotonicidade e retornos constantes de escala, parecem ter sido suficientes para implicar em quase-concavidade para quase todas as observações em todos os cinco grupos de cultura, como mostram os resultados da Tabela 16<sup>40</sup>.

<sup>39</sup> Acredita-se que, para algumas observações, a elasticidade de um ou outro fator não foi considerada positiva simplesmente por conta da tolerância usada pela função aplicada para checar a monotonicidade de cada observação.

<sup>40</sup> Este mesmo resultado de quase-concavidade sendo alcançada uma vez que restrições de monotonicidade foram impostas, também fora registrado por Henningsen & Henningsen (2009) e Watto & Mugerá (2013).

Tabela 15 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog restrita. Municípios do Brasil. Setores agrícolas. Em percentual.

Fatores	Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
Terra	99,9	100,0	100,0	100,0	99,9
Trabalho	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0
Água	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Consumo Intermediário	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

Tabela 16 – Frequência de observações para as quais a função de produção era quase-côncava. Translog restrita. Setores agrícolas. Municípios do Brasil.

Cana	Cereais	Frutas	Hortaliças	Resto
100	94,1	92,4	100	89,5

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo Agropecuário 2006 e da FUNARBE (2011).

## 5 ESTIMAÇÃO DE FUNÇÕES DE PRODUÇÃO PARA O SETOR DE ÁGUA & ESGOTO BRASILEIRO

### 5.1 Introdução

Outro setor que de vital importância para a construção de uma plataforma integrada que visa medir os impactos sobre a pobreza multidimensional de políticas de gerenciamento dos recursos hídricos é o setor de Água & Esgoto (doravante AE). Em primeiro lugar, porque tal qual os setores agrícolas, o setor de AE também utiliza a água bruta, ou seja, a água retirada diretamente dos mananciais para produzir os seus serviços, que incluem principalmente a água tratada usada pelos demais setores da economia e a coleta de esgoto. Ademais, o setor de AE é responsável pela criação de novas ligações de água encanada e ligações de coleta de esgoto, o que o coloca como um importante setor no combate a pobreza multidimensional, uma vez que foi visto no capítulo dois, que o acesso a água encanada e o acesso a esgotamento sanitário, estão entre as dimensões com maiores impactos sobre a pobreza multidimensional em todo o país. De tal forma que modelar explicitamente como este setor produz as ligações de água e de esgoto é de fundamental importância para calcular com maior precisão os impactos dos cenários a serem simulados na plataforma integrada sobre a pobreza multidimensional.

Dada esta importância do setor de AE para se alcançar os objetivos desta tese, o presente capítulo se dedica exclusivamente a este setor, com dois objetivos. Primeiro, estimar uma função de produção translog para o setor de AE que pudesse ser usada como “insumo” do MEGC, nos mesmos moldes do que foi feito no capítulo anterior para as funções de produção dos subsetores agrícolas. Segundo, estimar como este mesmo setor de AE usa os fatores de

produção disponíveis para produzir ligações à rede de água encanada e à rede de coleta de esgoto. Além disso, também foi estimada uma função de produção, mas com uma forma funcional um pouco mais peculiar, a função de produção *translog ray*, que será detalhada mais adiante. Não obstante as peculiaridades desta última função, todas as estimações deste capítulo podem ser rotuladas como estimações de funções de produção, de modo que, toda a fundamentação teórica do capítulo anterior se aplica no contexto do presente capítulo e por isso foi omitida aqui<sup>41</sup>. Por isso, na próxima seção faz-se uma breve descrição da base de dados utilizada e em seguida parte-se diretamente para os resultados.

## 5.2 Descrição da base de dados

Os dados para as estimações referentes ao setor de AE foram retirados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) mantido pelo Ministério das Cidades (<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>). Este sistema traz informações sobre mais de 200 indicadores relativos aos ao setor de AE no Brasil, que podem ser consultados tanto agregados por empresas prestadoras do serviço, por exemplo a Companhias regionais de abastecimento de água (p.ex. COMPESA), como podem ser desagregados por municípios, para os anos de 1995 a 2013. Dentre os mais de 200 indicadores que podem ser consultados e importados, encontram-se informações que vão desde o volume total de esgoto coletado até aos indicadores de qualidade da água, passando por informações financeiras como receita operacional total.

Como precisava-se estimar funções de produção para o setor de AE, inicialmente optou-se por utilizar os dados em nível municipal, ao invés de agregados por prestadora de serviço, com vistas a obtenção de maior precisão nas estimativas. Em seguida foram selecionados apenas os dados referentes aos anos de 2006 a 2010. Como será mencionado mais adiante, o MEGC em desenvolvimento utilizava dados referentes ao ano de 2010, de modo que utilizar os dados do SNIS desde 1995 não só seria desnecessário como poderia levar a estimativas que já não mais representavam a estrutura de produção típica do setor de AE em 2010.

Com relação aos indicadores, foram selecionados aqueles que melhor representavam a produção do setor, a saber: os três fatores primários de produção (capital, trabalho e água bruta), o consumo intermediário e seguindo Sampaio & Sampaio (2007) o número de domicílios com água encanada e o número de domicílios com coleta de esgoto. Como *proxy* para o capital (K) foi utilizada a soma das redes de tubulações de água e tubulações de esgoto em quilômetros.

---

<sup>41</sup> Para mais detalhes ver especificamente a seção 4.2.

Quanto ao fator trabalho este foi aproximado pelo número total de trabalhadores no setor de AE, uma vez que não havia dados em separado sobre o número de trabalhadores no subsetor “Água” e no subsetor “Esgoto”.<sup>42</sup>. No que se refere ao fator de produção água bruta, utilizou-se o volume total de água medida na saída das unidades de abastecimento (em 1.000 m<sup>3</sup>/ano), volume este que inclui águas sem nenhum tratamento e águas que passaram por diferentes tipos de tratamento, ou seja, corresponde ao total de água consumido pelo setor AE<sup>43</sup>. Já o consumo intermediário foi aproximado pela soma das despesas com: energia elétrica, serviços de terceiros, produtos químicos, água importada (água tratada ou não tratada recebida de outros municípios) e esgoto exportado (esgoto não tratado enviado para ser tratado em outros municípios); todas em R\$/ano. E, por fim, foi usado como *proxy* do produto do setor AE a soma dos volumes de água total consumidos pelas economias e o volume total de esgoto coletado (em 1.000 m<sup>3</sup>/ano). Ao todo, excluindo-se as observações para as quais tinha-se valor nulo para cada uma destas variáveis, a base de dados final contou com 5330 observações.

### 5.3 Resultados da função de produção translog irrestrita para o setor de AE

Os parâmetros estimados para a função de produção translog do setor AE encontra-se, juntamente com seus intervalos de confiança de *bootstrap* com nível de confiança de 90%, e o grau de ajuste do modelo ( $\overline{R^2}$ ), apresentados na Tabela 17. Novamente, assim como ocorrera com as funções de produção dos grupos agrícolas, o grau total de ajuste foi bastante elevado, com cerca de 96% da variação da produção do setor, ou pelo menos do indicador usado como *proxy* para o produto do setor, sendo explicada pelas variações no uso dos fatores capital, trabalho, consumo intermediário e água bruta. Ainda sobre o desenho geral da produção do setor AE esboçado na Tabela 17, vale lembrar que foram omitidos desta tabela, os resultados dos parâmetros simétricos. Por exemplo, na tabela encontra-se reportado apenas o valor e intervalo de confiança do parâmetro  $\beta_{KL}$ , mas não do parâmetro  $\beta_{LK}$ , uma vez que sabemos da igualdade dos dois.

No que diz respeito a significância estatística de cada parâmetro, apenas três do total de quinze parâmetros não foram estatisticamente diferentes de zero ( $\beta_L$ ,  $\beta_{KL}$  e  $\beta_{LCI}$ ) todos eles ligados ao fator trabalho. E mais uma vez os sinais dos parâmetros indicam relações de

<sup>42</sup> Esta foi também a razão de se estimar funções para o setor AE como um todo e não para os dois subsetores em separado

<sup>43</sup> Ressalta-se que o ideal seria usar como fator de produção “água” o volume total de água que entra no setor AE, mas tal informação não estava disponível.

substitutibilidade (sinal negativo) ou complementaridade (sinal positivo) entre os fatores de produção. Assim, por exemplo, o capital foi considerado substituto do trabalho e da água, enquanto complementar ao consumo intermediário, no sentido de que o aumento no uso do capital reduz a participação do uso do trabalho e da água.

Tabela 17 - Estimação da função de produção translog irrestrita com capital (K), trabalho (L), consumo intermediário (CI) e água (WT). Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil.

Parâmetros	Coefficientes
$\beta_0$	1,489 (0,520, 2,383)
$\beta_K$	-0,425 (-0,738, -0,124)
$\beta_L$	0,142 (-0,008, 0,284)
$\beta_{CI}$	-0,317 (-0,056, -0,108)
$\beta_{WT}$	1,481 (1,205, 1,731)
$\beta_{KK}$	0,100 (0,074, 0,150)
$\beta_{KL}$	-0,020 (-0,048, 0,006)
$\beta_{KCI}$	0,082 (0,053 0,114,)
$\beta_{KWT}$	-0,108 (-0,153, -0,079)
$\beta_{LL}$	0,031 (0,009, 0,053)
$\beta_{LCI}$	-0,017 (-0,034, 0,000)
$\beta_{LWT}$	0,030 (0,004, 0,062)
$\beta_{CICI}$	0,066 (0,043, 0,086)
$\beta_{CIWT}$	-0,116 (-0,136, -0,092)
$\beta_{WTWT}$	0,140 (0,114, 0,166)
$\bar{R}^2$	0,96
OBS	5924

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

Mais importante e informativo do que os valores específicos dos parâmetros específicos da função translog dados na tabela acima, foram os valores de produção de cada fator e a elasticidade de escala resultante. Estes valores encontram-se dispostos na Tabela 18, enquanto

a monotonicidade da produção em relação a cada fator pode ser verificada na Tabela 19. As duas tabelas mostram um quadro bem mais homogêneo e teoricamente adequado do que aquele apresentado pelas estimações das funções de produção irrestritas para os setores agrícolas. Para o setor água e esgoto, a média de todas as elasticidades foi positiva (Tabela 18), uma vez que para quase 100% das observações, com relação a todos os fatores, estas elasticidades também foram positivas, indicando que a propriedade da monotonicidade foi respeitada quase que completamente pelos dados da amostra. Isto parece ser consequência da melhor qualidade dos dados para o setor AE, que não apenas vieram de uma mesma fonte, como não sofrem do mesmo problema do grande número de trabalhadores temporários que sofriam alguns dos setores agrícolas, como por exemplo o cultivo de cana-de-açúcar. Além disso, os retornos de escala totais foram quase constantes, com valor de apenas 1,03%. Porém, para apenas 1,9% das observações a função estimada nesta seção apresentou-se quase-côncava.

Tabela 18 – Elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog irrestrita. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.

Fatores	Água & Esgoto
Capital	0,33
Trabalho	0,12
CI	0,08
Água	0,49
Escala	1,03

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

Tabela 19 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog irrestrita. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.

Fatores	Água & Esgoto
Capital	99,7
Trabalho	99,9
CI	92,0
Água	99,7

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

#### 5.4 Resultados da função de produção translog restrita para o setor de AE

Ainda que a propriedade da monotonicidade tenha sido atendida de maneira mais do que satisfatória pela estimação irrestrita, o fato da quase-concavidade não ter sido atendida requereu mais uma vez o uso do procedimento em dois estágios desenvolvido por Henningsen & Henningsen (2009) para impor monotonicidade regional. O referido procedimento já se mostrou eficaz no capítulo anterior, e no próprio trabalho onde foi desenvolvido, além de em

Watto & Mugerá (2014). O mesmo ao ser aplicado, não apenas força o respeito à propriedade da monotonicidade, mas também o da quase-concavidade da função de produção.

A ideia novamente aqui é resolver o seguinte problema de minimização de distância

$$\hat{\beta}^0 = \arg \min (\hat{\beta}^0 - \hat{\beta}) \hat{\Sigma}_{\beta}^{-1} (\hat{\beta}^0 - \hat{\beta}) \quad (40)$$

Sujeito às seguintes restrições

$$v_{ik} = \beta_i + \sum_j^4 \beta_{ij} \ln x_{jk} \geq 0 \quad \forall i, k \quad (41)$$

$$\beta_T + \beta_L + \beta_{CI} = 1 \quad (42)$$

$$\beta_{TT} + \beta_{TL} + \beta_{TWT} + \beta_{TCI} = 0 \quad (43)$$

$$\beta_{TL} + \beta_{LL} + \beta_{LWT} + \beta_{LCI} = 0 \quad (44)$$

$$\beta_{TWT} + \beta_{LWT} + \beta_{WWT} + \beta_{WTCTI} = 0 \quad (45)$$

$$\beta_{TCI} + \beta_{LCI} + \beta_{WTCTI} + \beta_{CICI} = 0 \quad (46)$$

Onde:  $\hat{\beta}$  é o vetor de parâmetros estimado no primeiro estágio, inclusive os parâmetros  $\alpha_0$  e  $\alpha_i$ ;  $\hat{\Sigma}_{\beta}^{-1}$  é a inversa da matriz de variância e covariância da estimação de  $\hat{\beta}$ ;  $\hat{\beta}^0$  é a estimação corrigida impondo-se monotonicidade; o subscrito  $k$  indica cada uma das observações da amostra; e os subscritos  $i$  e  $j$  denotam os fatores de produção capital (K), trabalho (L), consumo intermediário (CI) e água (WT). O grupo de restrições definido pela equação (41) define as restrições de monotonicidade, enquanto as restrições (42) a (46) correspondem a restrição de retornos constantes de escala apenas para K, L e CI.

Tabela 20 – Estimação da função de produção translog restrita com capital (K), trabalho (L), Consumo Intermediário (CI) e água (WT). Setores Água & Esgoto. Municípios do Brasil.

Parâmetros	Água & Esgoto
$\beta_0$	2,215
$\beta_K$	0,696
$\beta_L$	0,419
$\beta_{CI}$	-0,115
$\beta_{WT}$	0,043
$\beta_{KK}$	0,067
$\beta_{KL}$	0,005
$\beta_{KCI}$	-0,026
$\beta_{KWT}$	-0,047
$\beta_{LL}$	0,044
$\beta_{LCI}$	-0,008
$\beta_{LWT}$	-0,042
$\beta_{CICI}$	0,021
$\beta_{CIWT}$	0,013
$\beta_{WTWT}$	0,076

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

Os resultados do problema de minimização acima se encontram na Tabela 20, que mais uma vez não traz intervalos de confiança de *bootstrap*, uma vez que os mesmos seriam potencialmente inconsistentes (ANDREWS, 2000). Enquanto isso, a Tabela 21 traz mais uma vez a razão entre a diferença entre as estimativas restritas e irrestritas em relação ao erro-padrão original. E curiosamente, apesar de que a estimação original tenha respeitado a monotonicidade já para quase todas as observações, a maior parte destas razões ficou (bem) acima de dois, ou seja, a variação nos valores estimados dos parâmetros para a função de produção do setor AE, entre os modelos restrito e irrestrito, foi relativamente bem superior àquela verificada entre os modelos restritos e irrestritos dos subsetores agrícolas, uma vez que o erro-padrão da estimação original foi bem mais baixo aqui.

Tabela 21 – Razão entre a diferença entre os coeficientes do modelo restrito e irrestrito e o erro-padrão original. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil.

Parâmetros	Água & Esgoto
$\beta_0$	1,841
$\beta_K$	11,042
$\beta_L$	4,040
$\beta_{CI}$	2,601
$\beta_{WT}$	-16,588
$\beta_{KK}$	-2,833
$\beta_{KL}$	2,308
$\beta_{KCI}$	-10,877
$\beta_{KWT}$	5,461
$\beta_{LL}$	1,351
$\beta_{LCI}$	1,336
$\beta_{LWT}$	-7,804
$\beta_{CICI}$	-5,358
$\beta_{CIWT}$	16,445
$\beta_{WTWT}$	-7,323

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

No que tange às elasticidades de produção e de escala, as Tabelas 22 e 23 atestam para o fato do processo usado para impor a monotonicidade ter sido bem-sucedido, uma vez que todas as elasticidades de produção para todas as observações passaram a apresentar valores positivos. E quanto aos retornos de escala, a elasticidade de escala considerando todos os fatores foi maior do que a unidade, indicando retornos crescentes de escala quando todos os fatores são considerados (Escala I). Mas a elasticidade de escala considerando apenas os fatores capital, trabalho e consumo intermediário (Escala II) foi igual a unidade (retornos constantes de escala)

conforme requerido no processo de minimização (40) a (46). Por fim, o verdadeiro motivo pelo qual o modelo restrito foi estimado, qual seja a imposição indireta de quase-concavidade, por meio da imposição de monotonicidade, também foi bem-sucedida: a função de produção translog restrita passa a ser quase-côncava para 99,2% das observações.

Tabela 22 – Elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog restrita. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.

Fatores	Água & Esgoto
Capital	0,35
Trabalho	0,16
CI	0,11
Água	0,42
Escala I	1,04
Escala II	1,00

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

Tabela 23 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog restrita. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.

Fatores	Água & Esgoto
Capital	100,0
Trabalho	100,0
Consumo Intermediário	100,0
Água	100,0

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

## 5.5 Um modelo translog *ray* para o setor de AE

### 5.5.1 Funções de produção multiproduto

Até o momento este capítulo tem se dedicado a estimação de uma função de produção uni produto para o setor AE, que no caso foi aproximado como sendo o volume total de água encanada consumida mais o volume total de esgoto coletado. Todavia, o setor de Água & Esgoto, não produz apenas um produto, aliás a não ser em níveis de desagregação em que o número de produtos passa de uma centena, os setores são basicamente multiprodutos, ainda que cada setor seja claramente dominado pela produção do seu produto característico. Por exemplo, uma mesma fazenda pode produzir culturas diferentes no mesmo ano como forma de aumentar sua lucratividade e reduzir a degradação do solo. No caso específico do setor AE, entre os produtos que ele é capaz de produzir, além do já mencionado, destacam-se o número de ligações

à rede de água encanada e o número de ligações à rede de esgoto<sup>44</sup>. Estes dois últimos quer se ressaltar, como já mencionado anteriormente, são de suma importância para a simulação dos impactos das políticas de gestão dos recursos hídricos sobre a pobreza multidimensional.

Na literatura existem basicamente duas formas de se estimar tecnologias multiproducto (HENNINGSEN & HENNINGSEN, 2014). A primeira delas estima as chamadas funções de produção de distância, em que basicamente um dos  $m$  produtos, por exemplo o último produto, denotado por  $M$ , é escolhido para normalizar os demais produtos e estes valores normalizados são usados como fatores de produção de uma função de produção que tem  $y_M$  como produto. Em outras palavras, utilizam-se as razões entre os produtos como variáveis explicativas de uma função de produção que passa a ter apenas um produto, qual seja aquele produto usado na normalização dos demais, e com isso contorna-se o problema de ter que se estimar uma função com múltiplos produtos. Para tornar o resultado final desta transformação mais clara, considere-se novamente uma especificação translog genérica com  $n$  insumos, em que  $M$  denota o número total de produtos, bem como o último destes produtos, neste caso, conforme Henningsen & Henningsen (2014), a função de produção de distância é dada pela equação (47)

$$-\ln y_M = \alpha_0 + \sum_i^n \alpha_i \ln x_i + \frac{1}{2} \left( \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j \right) + \sum_m^{M-1} \alpha_m \ln(y_m/y_M) + \frac{1}{2} \left( \sum_m^{M-1} \sum_l^{M-1} \beta_{ml} \ln(y_m/y_M) \ln(y_l/y_M) \right) + \sum_m^{M-1} \sum_i^n \gamma_{mi} \ln(y_m/y_M) \ln x_i \quad (47)$$

Onde as condições de simetria passam a ser  $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ ,  $\beta_{ml} = \beta_{lm}$ ,  $\gamma_{mi} = \gamma_{im} \forall i, j, m, l$ .

Segundo Kumbhakar & Lovell (2000) a abordagem acima sofre de dois problemas. Primeiramente não existe consenso sobre qual deve ser a variável dependente. Por exemplo estes mesmos autores sugerem utilizar a norma euclidiana do vetor de produtos  $\|y\|$  como variável dependente no lugar de  $y_M$ . Segundo, também não existe um critério objetivo para determinar qual produto deve ser utilizado na normalização, ao passo em que o resultado da estimação depende desta escolha.

Uma segunda abordagem para contornar o problema de múltiplos produtos foi proposta por Löthgren (2000). A ideia deste autor foi, assim como Kumbhakar & Lovell (2000) usar  $\|y\|$  como variável dependente, mas ao invés de utilizar as razões  $\|y\|/y_M$  como as variáveis explicativas ele transformou as coordenadas cartesianas em coordenadas polares, e usou os ângulos como variáveis explicativas. Deste modo eliminando a arbitrariedade na escolha do produto usado na normalização.

---

<sup>44</sup> Se considerarmos ainda a diferenciação entre os produtos, a água não tratada e a água tratada, por exemplo, podem ser consideradas produtos diferentes. E continuando neste raciocínio a água tratada por diferentes métodos também podem ser consideradas produtos distintos, e assim por diante.

Matematicamente, seguindo a apresentação de Henningsen & Henningsen (2014), ele definiu o vetor de produtos como sendo dado por (48)

$$y = \|y\| * p(\vartheta) \quad (48)$$

Onde  $p(\vartheta)$  é um vetor direcional, que representa o *mix* de produtos, cujo elemento típico é dado pela equação (49).

$$p_m(\vartheta) = \frac{y_m}{\|y\|} = \cos(\vartheta_m) \prod_{j=0}^{M-1} \sin(\vartheta_j) \quad \forall m = 1, \dots, M \quad (49)$$

Onde  $\vartheta_m \in [0, \pi/2]^{M-1} \quad \forall m = 1, \dots, M$  e  $\sin(\vartheta_0) = \cos(\vartheta_M) = 1$ .

Novamente, para tornar tudo mais explícito, usando a forma funcional translog, a função de produção translog *ray* é dada pela equação (50).

$$\ln\|y\| = \alpha_0 + \sum_i^n \alpha_i \ln x_i + \frac{1}{2} \left( \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j \right) + \sum_m^{M-1} \alpha_m \vartheta_m + \frac{1}{2} \left( \sum_m^{M-1} \sum_l^{M-1} \beta_{ml} \vartheta_m \vartheta_l \right) + \sum_m^{M-1} \sum_i^n \gamma_{mi} \vartheta_m \ln x_i \quad (50)$$

Sujeita as mesmas restrições de simetria da função de produção de distância:  $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ ,  $\beta_{ml} = \beta_{lm}$ ,  $\gamma_{mi} = \gamma_{im} \forall i, j, m, l$ . Ou seja, a função de produção translog *ray* em (50) define a norma euclidiana máxima, dados os fatores de produção e os ângulos das coordenadas polares  $\vartheta_m$ .

Para tornar este último modelo ainda mais claro convém utilizar o exemplo de Niquideta & Nelson (2010). Considere que existem apenas dois produtos  $y_1$  e  $y_2$ . A fronteira de possibilidades de produção neste caso pode ser representada graficamente como a curva na Figura 10. Cada ponto nesta curva representa as quantidades máximas dos dois produtos que podem ser obtidas, dadas as combinações de fatores de produção. O que Löthgren (2000) percebeu é que ele podia representar cada um desses pontos em termos de coordenadas polares. E, por conseguinte, cada valor de  $y_1$  e  $y_2$  é um dos pontos da fronteira de possibilidade de produção e pode ser recuperado usando a distância  $\|y\|$  e o ângulo  $\vartheta$ , usando a função de transformação  $p_m(\vartheta)$ , de modo que  $\vartheta$  claramente passa a ser um determinante da produção e por isso foi usado como variável explicativa. Com outras palavras, uma vez estimado o modelo (50) poderia se utilizar os valores estimados na norma e os ângulos  $\vartheta$ , de forma exógena, podendo-se calcular os valores estimados de cada um dos produtos individuais usando  $p_m(\vartheta)$ .

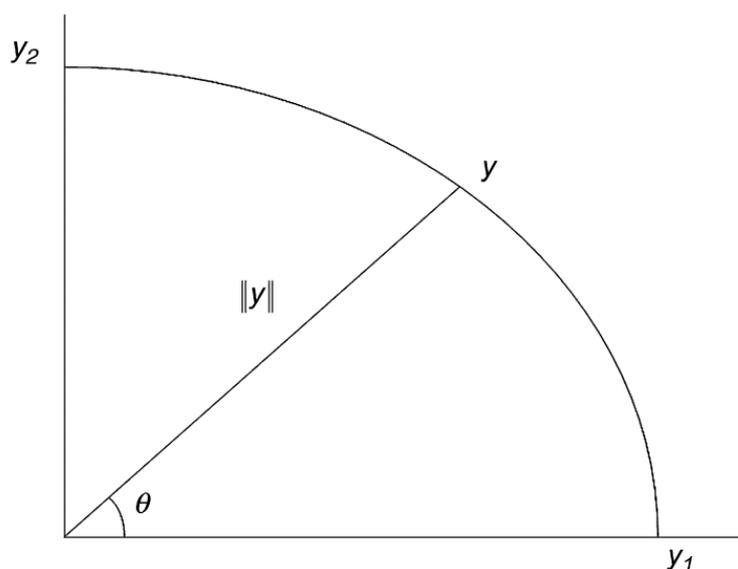


Figura 10 – Representação gráfica da função de produção *ray* com dois produtos.  
Fonte: Niquideta & Nelson (2010).

## 5.6 Resultados da função de produção translog restrita para o setor de AE

Logo, dadas as vantagens da abordagem de Löthgren (2000) para funções multiproducto, resolveu-se utilizar a função de produção translog *ray* para modelar a produção do número de domicílios com acesso água encanada e domicílios com acesso a esgotamento sanitário. A base de dados utilizada para estimar esta nova função também foram os dados do SNIS já mencionados na seção 5.2.

Idealmente o que deveria ter sido feito seria uma única estimação de uma função translog *ray* com três produtos, dos dois tipos de ligação e o volume total de água e esgoto coletado usado na seção anterior. Todavia, não haviam rotinas disponíveis para estimar funções de produção com mais de dois produtos. Havia apenas rotinas para estimar fronteiras de produção estocástica, que basicamente são funções de produção estimadas sobre a suposição que existe um componente de ineficiência aleatório que faz com que as unidades produtoras possam se situar fora da fronteira<sup>45</sup>. Porém, ao utilizar os parâmetros da função de produção translog *ray* com três produtos sob esta hipótese de ineficiência estocástica, monotonicidade e retornos constantes de escala para capital, trabalho e consumo intermediário, no MEGC o resultado não foi satisfatório. Pois as produções dos três produtos do setor AE se mostraram quase que absolutamente insensíveis a quantidade de insumos utilizados. Sendo assim, optou-

<sup>45</sup> Para mais detalhes sobre estimação de fronteiras de possibilidades de produção estocásticas ver Watto & Mugeru (2014), Tang, Folmer & Xue (2015), Pablo-Romero & Gómez-Calero (2013) e Yigezu *et al* (2013), além os trabalhos seminais de Battese & Coelli (1992) e Battese & Coelli (1995).

se pela estimação da função de produção translog *ray* sem o componente de ineficiência estocástica apenas para o número de domicílios com água encanada e com esgotamento sanitário como um modelo em separado do MEGC, mas ainda assim fazendo parte da plataforma integrada<sup>46</sup>. Desta feita, a função translog *ray* estimada serviu mais como um modelo de previsão para o número de ligações do que como uma função de produção propriamente dita.

A Tabela 24 traz os parâmetros estimados para o modelo translog *ray* bem como os seus intervalos de confiança de *bootstrap* de 90%, além do grau de ajuste e número de observações. Novamente, assim como ocorrera com as estimações de todas as funções de produção até aqui o grau de ajuste deste modelo foi bastante elevado, chegando a quase 90%. No entanto é bom lembrar que a variável dependente neste caso é a norma euclidiana das ligações de água e esgoto, e não as ligações em si. Para se chegar ao valor estimado destas últimas é necessário usar a função de transformação em (49).

Quanto aos valores individuais dos parâmetros, dos 21 parâmetros de fato estimados, 12 deles se mostraram estatisticamente iguais a zero. Em especial todas as *shares elasticities* envolvendo apenas fatores de produção (parâmetros  $\beta_{ij}$ ) foram estatisticamente iguais a zero, com exceção de  $\beta_{CI}$  e  $\beta_{CICI}$ , de tal forma que uma especificação Cobb-Douglas não estaria tão distante da especificação correta neste caso. Já quanto as relações de substitutibilidade e complementaridade entre os fatores, desconsiderando-se a significância estatística dos parâmetros, o aumento do uso do consumo intermediário reduziria a participação de todos os outros fatores, enquanto o aumento do uso do capital reduziria a participação do trabalho, ao passo em que aumentaria a participação da água. Por fim, a água e o trabalho foram considerados complementares, com o aumento do uso de um implicando o aumento da participação do outro.

---

<sup>46</sup> Para mais detalhes sobre como este modelo entrou na plataforma integrada ver a seção 7,1.

Tabela 24 - Estimação da função de produção translog *ray* com capital (K), trabalho (L), consumo intermediário (CI) e água (WT). Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil.

Parâmetros	Coefficientes
$\beta_0$	3,907 (2,533, 5,659)
$\beta_K$	-0,273 (-0,723, 0,186)
$\beta_L$	0,031 (-0,258, 0,368)
$\beta_{CI}$	-0,453 (-0,805, -0,174)
$\beta_{WT}$	1,348 (0,946, 1,783)
$\beta_{\vartheta}$	0,757 (0,101, 1,551)
$\beta_{KK}$	0,055 (-0,024, 0,168)
$\beta_{KL}$	-0,042 (-0,089, 0,008)
$\beta_{KCI}$	-0,002 (-0,049, 0,042)
$\beta_{KW}$	0,064 (-0,024, 0,144)
$\beta_{K\vartheta}$	0,100 (-0,031, 0,250)
$\beta_{LL}$	0,010 (-0,036, 0,061)
$\beta_{LCI}$	-0,006 (-0,038, 0,020)
$\beta_{LW}$	0,026 (-0,029, 0,085)
$\beta_{L\vartheta}$	0,253 (0,164, 0,337)
$\beta_{CICI}$	0,078 (0,048, 0,116)
$\beta_{CIW}$	-0,056 (-0,095, -0,020)
$\beta_{CI\vartheta}$	0,097 (-0,004, 0,184)
$\beta_{WW}$	-0,066 (-0,129, 0,001)
$\beta_{W\vartheta}$	-0,384 (-0,525, -0,248)
$\beta_{\vartheta\vartheta}$	-1,225 (-1,365, -1,076)
$\bar{R}^2$	0,89
OBS	5924

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

Para interpretar o significado dos parâmetros associados ao ângulo  $\vartheta$ , a Figura 10 é de grande ajuda. Conforme a referida figura um maior valor de  $\vartheta$  significa uma maior produção de  $y_2$  em relação a  $y_1$ . E no caso da Tabela 24  $y_1$  representa o número de domicílios com água encanada, enquanto  $y_2$  representa o número de domicílios com esgotamento sanitário. Desta forma, por exemplo, o valor estatisticamente positivo de  $\alpha_{\vartheta}$  implica que um aumento no número de domicílios com esgotamento sanitário em relação ao número de domicílios com água encanada implica em um aumento da norma euclidiana dos dois produtos. Mais importante porém, são os valores dos parâmetros cruzados que envolvem  $\vartheta$  e os fatores de produção, pois conforme apontam Niquideta & Nelson (2010), quando estes são estatisticamente diferentes de zero, eles indicam que não há independência entre produtos e insumos, ou seja, a taxa marginal de substituição técnica entre os produtos depende do nível dos insumos e *vice versa*. Ou de maneira mais simples, o valor positivo de  $\beta_{L\vartheta}$  significa que quanto maior a produção de  $y_2$  em relação a  $y_1$  a participação do fator trabalho aumenta, ou seja, a produção de domicílios com esgotamento sanitário usa mais trabalho do que a produção de domicílios com água encanada, com a mesma lógica se aplicando para os demais parâmetros do tipo  $\beta_{i\vartheta}$ .

Do mesmo modo que fora feito quando da análise das funções de produção anteriores as Tabelas 25 e 26 trazem informações que denotam o respeito, ou não, da estimação da função de produção translog *ray* a propriedade de monotonicidade dos fatores de produção. E o resultado geral da análise das duas tabelas é que apenas para o fator trabalho a propriedade de monotonicidade não foi satisfeita de forma razoável, uma vez que sua elasticidade média foi negativa (Tabela 25), uma vez que para mais de 95% das observações a norma euclidiana dos produtos aumentaria se menos trabalhadores fossem utilizados (Tabela 26). Já quanto aos retornos de escala, o modelo apresentou retornos decrescentes de escala com relação aos quatro fatores de produção. Mais especificamente, um aumento proporcional de quaisquer dos insumos capital, trabalho, consumo intermediário e água aumentariam o valor da norma numa proporção um pouco menor do que a do fator (93% da proporção de aumento do fator)(Tabela 25). Já no que tange a concavidade da função, a mesma se mostrou quase-côncava para apenas 0,5% das observações.

Em resumo, as propriedades fundamentais de uma função de produção não foram atendidas pela função translog *ray* estimada na Tabela 24, o que ensejaria, assim como fora feito para estimações de funções deste tipo feitas anteriormente o uso do método de Henningsen & Henningsen (2009) para impor monotonicidade e com isso indiretamente conseguir também quase-concavidade para a função translog *ray*. No entanto, como esta função não entrou

diretamente no modelo de equilíbrio geral computável, mas funcionou como um modelo de previsão dentro da plataforma integrada, tal procedimento não só era desnecessário, como poderia implicar em um pior desempenho do modelo no que diz respeito ao seu uso como modelo de previsão. Logo, os valores estimados da função (50) reportados na Tabela 24 foram aqueles usados na plataforma integrada sem o uso de nenhum procedimento extra para correção destes valores.

Tabela 25 – Elasticidades de produção, por cada fator de produção. Translog *ray*. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.

Fatores	Água & Esgoto
Capital	0,33
Trabalho	-0,04
CI	0,16
Água	0,49
Escala	0,93

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

Tabela 26 – Frequência de elasticidades de produção positivas, por cada fator de produção. Translog *ray*. Setor Água & Esgoto. Municípios do Brasil. Em percentual.

Fatores	Água & Esgoto
Capital	99
Trabalho	3,8
Consumo Intermediário	99,4
Água	100,0

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SNIS.

## 6 O MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL

### 6.1 Introdução

Como vimos no capítulo dois, uma das dimensões do índice de pobreza multidimensional usado neste estudo (MPI) é a dimensão desnutrição, em que domicílios com consumo per capita de calorias abaixo de 1000 kcal foram considerados privados nesta dimensão<sup>47</sup>. Além da importância intuitiva da dimensão nutricional em um índice de pobreza que visa captar diversos aspectos da pobreza dos domicílios, no presente estudo tal dimensão tem uma importância adicional, uma vez que deve funcionar como principal, ou pelo menos um dos principais canais, pelo qual as políticas de gestão de recursos hídricos a serem simuladas

<sup>47</sup> Ver Quadro 1.

irão afetar a pobreza dos domicílios brasileiros. O raciocínio aqui é simples. Ao interferirem na quantidade de água alocada para os subsetores agrícolas, novas políticas de gestão de recursos hídricos irão implicar em redução ou aumento da produção de commodities agrícolas, que em geral servem, direta ou indiretamente, para o consumo alimentício das famílias. Por sua vez, a variação da oferta de produtos alimentícios afetará seus preços de mercado, elevando-os no caso de restrição da oferta de recursos hídricos e consequente redução da oferta de certos produtos, ou diminuindo-os, em caso de aumento na quantidade dos recursos hídricos e consequente expansão da oferta das commodities. Por fim, a demanda por alimentos responderá à alteração no preço o que fará com que as famílias aumentem o consumo de alimentos, se o preço diminuir, ou o reduzam se o preço aumentar. Logo, o número de famílias consideradas privadas na dimensão nutrição irá diminuir ou aumentar, o que deve se refletir em um maior ou menor MPI para o Brasil e seus estados.

Desse caminho explicitado acima entre a política de gestão de recursos hídricos e a pobreza, até agora o que se obteve é um índice de pobreza multidimensional onde a nutrição é uma das dimensões, o comportamento da demanda por alimentos nos domicílios brasileiros, além do comportamento da produção dos setores agrícolas. A outra dimensão relacionada ao MPI e ligada a questão de políticas de acesso a água, é a quantidade de domicílios com água encanada e com esgotamento sanitário. E para esta dimensão obteve-se a função de produção que simula o comportamento da oferta do setor Água & Esgoto. Para que se possa simular os efeitos de políticas de gestão de demanda sobre os Recursos Hídricos sobre a pobreza no Brasil é preciso ainda conectar estas partes, que até aqui são modelos separados. Isto deve ser feito usando um modelo que leve em conta tanto o lado da produção dos bens agrícolas e a demanda por alimentos, quanto a produção de serviços de água e esgoto e a determinação de quais domicílios receberão estes serviços.

Se os bens consumidos como alimentos fossem produzidos diretamente pela agropecuária um simples modelo de equilíbrio parcial para cada produto poderia prestar-se a tal integração. Todavia este não é o caso. Para que uma família possa consumir açúcar é preciso que a cana-de-açúcar cultivada por um setor específico seja transformada em açúcar em uma usina. Do mesmo modo o leite consumido pela maioria dos domicílios não saiu diretamente do setor agropecuário para a mesa, mas passa-se antes por um processo de pasteurização e embalagem em outro setor específico, que por seu turno compra suas máquinas, equipamentos e embalagens de outros setores. Além do mais, os produtos agrícolas estão intimamente ligados entre si, e o mesmo vale para os produtos alimentícios. Por exemplo, é razoável supor que um aumento no preço do milho tenha um impacto significativo no preço da carne bovina, haja vista

que o milho é um componente importante da ração do gado criado de forma intensiva. Sendo assim, o uso de um modelo de equilíbrio geral computável (MEGC) se torna necessário para que todas estas interligações sejam levadas em conta.

Quanto a política a ser implementada em si, uma das formas mais simples de se induzir uma diminuição no uso de um recurso natural, que está percebendo-se como sobre explorado, ou reduzir o despejo ou emissão de um subproduto indesejável da produção ou do consumo, é a aplicação de um imposto corretivo ou Pigouviano. A ideia por trás deste tipo de imposto é que ao tomarem suas decisões de consumo ou produção os agentes econômicos não considerariam o custo social de suas ações, mas somente o custo individual das mesmas. Desta forma um imposto poderia eliminar, ou pelo menos reduzir a diferença destes custos ao internalizar total ou parcialmente os custos sociais. (VARIAN, 1992). E aqui novamente os modelos de equilíbrio geral computável têm um papel importante. Isto porque, dentre as ferramentas usadas para simular os impactos deste tipo de imposto estes modelos estão entre as mais populares, com diversas variações tendo sido usadas em uma extensa quantidade de artigos publicados sobre o tema, sobretudo no que tange aos impactos dos impostos sobre as emissões de CO<sub>2</sub> e outros gases do efeito estufa, como por exemplo Abrell (2010), Elliot *et al* (2010), Elliot & Fullerton (2014) e Allan *et al* (2014). E esta predileção por MEGCs para o estudo deste tema se dá principalmente por três motivos: 1) pela supracitada capacidade destes modelos de levarem em conta um impacto desses impostos sobre todos os setores da economia; 2) ao passo em que modelam explicitamente os preços de todos os bens, uma vez pronto e calibrado o modelo, a introdução de um novo imposto é bastante simples; 3) a consideração de todos agentes econômicos, famílias, governo e resto do mundo permitir uma ampla gama de possibilidades para alocação da renda obtida com o novo imposto, o que por sua vez abre espaço para o estudo da melhor forma de alocar essa renda para minimizar e até reverter o prejuízo econômico causado pelo imposto.

Uma literatura um pouco mais recente e bem menos vasta do que a já citada sobre os efeitos de impostos sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, tem se formado em torno da introdução de um imposto sobre o uso da água. Segundo Nugent & Sarma (2002) um dos maiores problemas que distorcem a alocação de água em um país ou em uma bacia hidrográfica é a diferença entre os preços cobrados para o uso da água na irrigação (água bruta) e aqueles cobrados às indústrias, estabelecimentos comerciais e domicílios (água encanada). De tal forma que um imposto sobre o uso da água bruta pelos setores agrícolas seria uma forma simples de corrigir este problema. Todavia, além de uma já esperada redução no uso da água para irrigação por conta da introdução desse imposto, os artigos que usam MEGCs para avaliar os impactos deste tipo de imposto

sobre água apresentam resultados muito distintos, a depender do esquema de taxação. Quando o imposto é implementado sem qualquer medida de compensação o resultado parece ser uma redução do consumo da água, acompanhada por uma redução do bem-estar, da produção de *commodities* agrícolas e do PIB (NUGENT & SARMA, 2002; HEERDEN, BLIGNAUT & HORRIDGE, 2008). No entanto, quando um esquema de compensação é implementado paralelamente ao imposto sobre o uso da água para fins agrícolas, como redução do imposto sobre a renda, produção ou consumo, pode-se chegar a um duplo dividendo, ou seja, uma redução no consumo da água acompanhado de aumento do PIB, conforme mostram Kilimani, Heerden & Bohlman (2015) para Uganda, ou até mesmo um triplo dividendo, que inclui uma redução da pobreza (medida pela renda), conforme mostram Letsoalo *et al* (2007) para a África do Sul. De acordo com Nugent & Sarma (2002), uma maneira alternativa de se chegar a este triplo dividendo é ao invés de introduzir um imposto sobre o uso dos recursos hídricos para irrigação, eliminar os subsídios sobre a produção de alimentos e fertilizantes e usar os recursos liberados com o fim destes subsídios para aumentar o capital fixo do setor de água e esgoto, seguindo a mesma alocação original, anterior ao fim dos subsídios. Isto seria uma forma de contrariar a tendência de queda do PIB resultante de uma queda na produção agrícola, causada pelo fim dos subsídios. Isto parece interessante, pois ao invés de possivelmente criar novas distorções com um novo imposto, reduz-se as distorções pré-existentes.

Uma alternativa a cobrança de tarifas diretamente sobre o uso da água é a implementação de um mercado de direitos sobre o seu uso.. Em particular, Diao & Roe (2003) usando um MEGC calibrado para o Marrocos mostram que a criação de um mecanismo deste tipo pode gerar, ao mesmo tempo, uma redução no uso da água e um aumento do bem-estar geral na economia, uma vez que a criação de um mercado para os direitos de uso da água acaba por induzir a realocação da água dos setores onde está tem baixo valor para setores onde a mesma tem alto valor. Enquanto que Dixon, Rimmer & Wittwer (2011), usando um MEGC calibrado para uma bacia específica na Austrália, onde já existia um mercado de direitos sobre o uso da água para irrigação, mostram que uma recompra destes direitos por parte do governo local não só reduziria o uso da água como também aumentaria o PIB da bacia.

Deve-se observar que todas as referências citadas até então, sobre o uso de MEGC para avaliar políticas como instrumentos de controlar a demanda por água, analisaram a questão do controle do uso da água no que se refere a sua quantidade ou disponibilidade. Porém, este tipo de modelo pode ser usado também para focar a água como meio para descargas de poluentes, e com isso analisar qual seria o preço que melhor induziria uma queda nestas descargas. Neste sentido, os trabalhos de Xie & Saltzman (2000) e Brouwer, Hofkes & Linderhof (2008),

respectivamente para a China e Holanda, mostram que os resultados de impostos sobre as descargas de água contaminada, criação de um mercado para direitos de poluição da água e até mesmo de subsídios a atividades de descontaminação da água, levam a resultados bem menos favoráveis. Em ambos os estudos, a redução nas descargas de água contaminada alcançadas por qualquer um destes três mecanismos, foi proporcionalmente menor do que as perdas em termos de redução do PIB.

Por fim, outra aplicação dos MEGCs para analisar problemas relacionados a alocação da água que tem ganho destaque recentemente é o estudo de como possíveis variações climáticas vindouras e, por conseguinte, reduções na disponibilidade de água em muitas regiões, devem afetar as economias. Sobre este tema específico destacam-se os trabalhos de Calzadilla *et al* (2013) e Calzadilla *et al* (2014). Ambos usam o GTAP-W, um MEGC global que tem como principal característica distinguir as terras usadas na agricultura em terras irrigadas e não irrigadas. E o quadro geral desenhado por estes trabalhos, é que os cenários de mudanças climáticas previstos tendem a reduzir a área total plantada e a produção total de alimentos, bem como o PIB e o bem-estar, caso não se adote nenhuma estratégia de adaptação. Contudo quando estratégias de adaptação, como aumento exógeno de 25% da área total plantada ou duplicação da área total irrigada são implementadas estes impactos negativos podem ser revistos e a economia mundial pode apresentar crescimento. Contudo, ambos os trabalhos destacam que independente do cenário de mudança climática e da estratégia de adaptação simuladas, os impactos entre as diferentes regiões da economia global não são homogêneos, existem sempre perdedores e ganhadores, a depender do quanto cada região depende da produção de *commodities* agrícolas, do quanto a agricultura irrigada já é disseminada e da eficiência geral da produção agrícola em cada uma dessas regiões. Assim por exemplo, quando se simula como estratégia de adaptação um aumento da produtividade geral da agricultura de 25% na África Subsaariana, esta região passa a apresentar crescimento do PIB, enquanto quando a estratégia de adaptação passa a ser um aumento de 25% da área irrigada o impacto negativo das mudanças climáticas sobre o PIB da região é o que prevalece.

Em resumo, dados todos os artigos mencionados nos parágrafos anteriores, pode-se concluir que o MEGC é uma ferramenta importante para se analisar os impactos econômicos diretos e indiretos de políticas que podem ser usadas para induzir um uso mais racional dos Recursos Hídricos. Haja vista a natureza do modelo que já enseja um alto grau de detalhamento no que tange a descrição dos preços na economia, e ainda alia a isso a sua capacidade de considerar todos os setores da economia e não apenas aqueles ligados diretamente ao uso da água. Todavia, a despeito desta adaptabilidade dos MEGC a este tipo de problema e a

importância de se analisar os impactos econômicos deste tipo de políticas, não foi encontrado nenhum trabalho que fizesse este tipo de análise especificamente para o Brasil. Além do mais, os trabalhos encontrados na literatura internacional sobre o tema aparecem com as seguintes características: 1) não tratam do impacto destas políticas de mercado para o uso da água sobre a pobreza, ou quando o fazem tratam apenas da pobreza medida pela renda; 2) a estrutura de produção e de demanda se baseiam em suposições *ad hoc* e no uso de funções teóricas, sem testes empíricos ajustando-as para as regiões de origem. O presente trabalho então se propõe a desenvolver um MEGC, a partir de dados da economia brasileira de 2010, para avaliar diferentes políticas alocativas, tanto aquelas classificadas como baseadas em mercado quanto as de comando-e-controle, voltadas a induzir o uso racional e eficiente da água. As políticas simuladas vão de um imposto sobre o uso da água para a agricultura, até uma redução de valores outorgados para o setor. O modelo mede os efeitos das mesmas sobre a pobreza multidimensional no Brasil, nos estados e entre as classes sociais e usa uma estrutura de produção agrícola e de demanda por alimentos, com parâmetros estimados econometricamente para o país, conforme explicitado em capítulos anteriores desta tese.

## 6.2 Metodologia Utilizada

Resumidamente, um MEGC pode ser definido como um modelo matemático, representado por um conjunto de equações, em sua maioria, não lineares, que descrevem como os bens são produzidos e alocados entre os diferentes setores econômicos a partir de um sistema de preços relativos (OLIVEIRA & TEIXEIRA, 2009).

Esta classe de modelos tem sua gênese na teoria do equilíbrio geral de Walras. De acordo com essa teoria, existiria um vetor de preços para o qual não haveria excesso de demanda positivo para nenhum produto, levando em conta que existem produtos desejados e outros indesejados. No caso de todos os produtos serem desejados, o vetor de preços de equilíbrio geral implicaria na igualdade entre oferta e demanda em todos os mercados (VARIAN, 1992a).

Os MEGCs se subdividem em duas grandes classes: 1) estáticos, que não levam em conta a passagem do tempo; 2) dinâmicos, que consideram o tempo.

Por sua vez, os MEGCs dinâmicos se subdividem em mais duas categorias, os modelos verdadeiramente dinâmicos, ou intertemporais, e os modelos sequenciais, também chamados de recursivos. Nos modelos intertemporais os consumidores maximizam suas utilidades intertemporais, sujeitas a restrições sobre as suas riquezas, para determinarem suas decisões de

consumo ao longo do tempo; ao passo em que as firmas decidem: suas demandas por fatores, com vistas à maximização de lucros; e o quanto devem investir, com base na maximização, ao longo de todo o horizonte temporal, do seu fluxo de caixa. Quanto aos modelos sequenciais, eles são caracterizados por agentes com comportamento míope, de maneira que, o modelo dinâmico sequencial é, tão somente, uma série de modelos estáticos, ligados entre si por processos de atualização (ANNABI; COCKBURN; DECALUWÉ, 2004). Os modelos dinâmicos costumam dar uma grande ênfase ao processo de desenvolvimento tecnológico e suas relações com a economia. Por exemplo, com este tipo de modelo é possível simular como impostos sobre as emissões de gases do efeito estufa e subsídios a pesquisa de tecnologias menos poluidoras induziriam um progresso tecnológico menos intensivo em insumos poluidores (JORGENSEN *ET AL*, 2013b). Outra aplicação comum de MEGC dinâmicos são aqueles desenvolvidos para simular diferentes regimes de previdência ou reformas fiscais e seus impactos sobre o desenvolvimento econômico (MARTÍN, 2010 e ZODROW & DIAMOND, 2013).

Mas ao passo que em que não se negue que um imposto sobre o uso da água, na agricultura e nos setores industriais, ou uma restrição diretamente sobre a quantidade de água utilizada por estes setores, tem impactos que devem se acumular ao longo do tempo e podem induzir inovações tecnológicas, foi feita a opção por um modelo estático. Isto permitiu uma distribuição mais fácil dos impactos entre os domicílios, refletindo na pobreza, do que um modelo dinâmico que tivesse como foco a complexidade do processo de acumulação de capital. Ademais, o foco desta tese é identificar os ganhadores e perdedores, da forma mais desagregada possível de diferentes políticas de incentivo ao uso racional e eficiente da água num novo equilíbrio considerando tudo o mais no contexto econômico inalterado (variáveis exógenas mantidas constantes). As formas de adaptação, como por exemplo o investimento em novas tecnologias e consequente uso de mais eficientes métodos de irrigação sobre a quantidade total produzida pela economia brasileira, não são avaliadas, uma vez que tais mecanismos exigiriam a inclusão de mecanismos mais complexos no MEGC, que já estavam fora do escopo desta tese.

Para a composição do modelo foi suposto que existem apenas três agentes: resto do mundo (ROW); uma família representativa (*HH*) e o governo (*G*). Além de uma conta de formação bruta de capital fixo (*CC*).

Na sua maioria, as equações do modelo foram adaptadas de Robinson *et al.* (1999) e são divididas em seis blocos: preço, produção, renda e poupança, demanda, comércio exterior e equilíbrio. As equações que são usuais na literatura sobre modelos de equilíbrio geral computáveis, e que foram usadas no modelo, não serão descritas aqui em detalhes, de modo

que o leitor é convidado a verificar Robinson *et al.* (1999) para uma descrição detalhada destas equações omitidas. Nas próximas subseções detalham-se apenas os blocos de produção, demanda e as equações alteradas diretamente pela aplicação de um imposto sobre o uso da água. Todas as equações seguem uma convenção, qual seja a de que: variáveis endógenas são expressas em letras maiúsculas; enquanto variáveis exógenas e os parâmetros são grafados em letras minúsculas ou gregas. Todos os parâmetros foram calibrados de acordo com os dados da Matriz de Contabilidade Social elaborada para 2010 (MCS 2010)<sup>48</sup>, sendo as únicas exceções os parâmetros estimados para as funções de produção e o sistema de demanda por alimentos<sup>49</sup>.

O modelo tem ao todo 123 produtos, cada um deles produzido por um único setor. Dentre estes 123 produtos, dez deles são produtos alimentícios e cinco são produtos agrícolas<sup>50</sup>, tendo respectivamente os parâmetros da sua demanda (alimentos) estimado no capítulo três e os das funções de produção agrícolas e de AE estimadas no capítulo quatro e cinco. Quanto às relações comerciais do resto do mundo com o Brasil, estas são governadas pela hipótese de economia aberta e pequena, ou seja, nem as importações nem as exportações brasileiras, são capazes de afetar os preços internacionais dos bens comercializados com o ROW (ROBINSON *et al.*, 2006). Ainda a respeito destas relações adotou-se a suposição de Armington de que os bens nacionais e importados não são substitutos perfeitos, de tal forma que a importação foi modelada por uma equação CES (*Constant Elasticity of Substitution*) e as exportações por uma equação CET (*Constante Elasticity of Transformation*) com elasticidades de substituição e transformação, supostas *ad hoc*, iguais a 1,24 e 1,2, retiradas respectivamente de Tourinho Kume & Pedroso (2007) e Oliveira & Teixeira (2009)

### 6.2.1 Produção

Uma vez que os maiores consumidores de água em uma economia são os setores agrícolas optou-se por um maior detalhamento da estrutura de produção destes setores, o que se deu através do uso das estimações feitas no capítulo quatro. A produção agrícola se dá em dois níveis, conforme mostra a Figura 11<sup>51</sup>.

---

<sup>48</sup> Ver seção 6.3.

<sup>49</sup> Ver os capítulos três, quatro e cinco.

<sup>50</sup> Ver Quadros 3 e 4.

<sup>51</sup> Assume-se pleno emprego de todos os fatores de produção, para todos os setores.

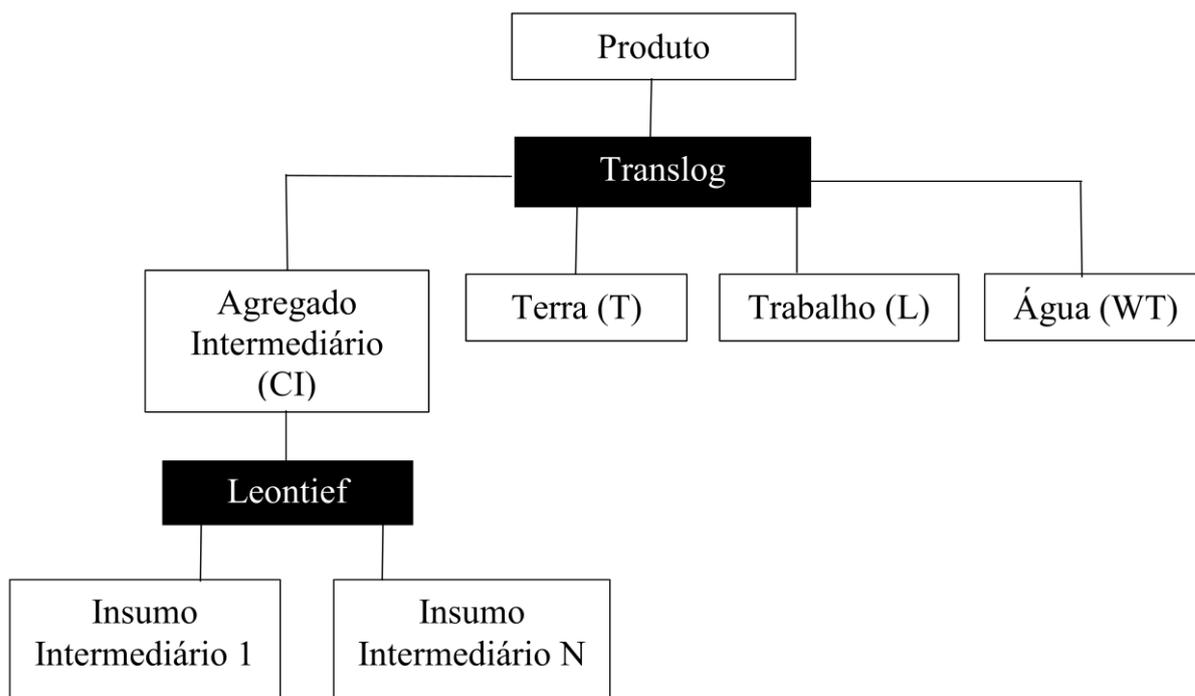


Figura 11 – Estrutura de produção dos setores agrícolas.

Fonte: Elaboração própria

No nível superior, o produto agrícola foi modelado através de uma função de produção translog com quatro fatores de produção terra (T), trabalho (L), água (WT) e um agregado do consumo intermediário (CI), conforme a equação (51) redefinida abaixo usando as convenções relativas ao MEGC.

$$\ln XS_{ag} = \beta_{0,ag} + \sum_i^4 \beta_{i,ag} \ln x_{iag} + \frac{1}{2} \left( \sum_i^4 \sum_j^4 \beta_{ij,ag} \ln x_{iag} \ln x_{j,ag} \right) \quad (51)$$

Onde:  $XS_{ag}$  é a quantidade real produzida do grupo de cultura em questão ( $ag$ ); o índice  $i$  denota cada um dos insumos utilizados, a saber:  $x_i = T_{ag}, L_{ag}, WT_{ag} e CI_{ag}$ . Os parâmetros  $\beta_{ij,ag}$  foram retirados diretamente da Tabela 12, enquanto que os parâmetros  $\beta_{i,ag}$  e  $\beta_{0,ag}$  foram calibrados de forma a garantir que (51) se ajustasse para a produção agregada nacional de cada um dos grupos de cultura e que as equações de demanda por fatores (54) a (61) se ajustassem a demanda agregada por cada um dos fatores<sup>52</sup>. De modo que, os parâmetros  $\beta_{i,ag}$  da equação (51) foram estimados econometricamente conforme o capítulo quatro, enquanto os valores das variáveis  $XS_{ag}$  e  $x_{iag}$  foram retirados da MCS, sendo o parâmetro  $\beta_{0,ag}$  calibrado de forma a

<sup>52</sup> Na matriz de contabilidade social usada para calibrar o MEGC a renda da terra e do capital, bem como a depreciação do capital e o rendimento misto bruto, encontram-se agregadas na conta Excedente Operacional Bruto (EOB). Assim sendo, para os setores agrícolas o EOB foi chamado de terra enquanto para os demais setores foi chamado de capital. Isto equivale a dizer que o capital e terra são combinados em proporções fixas.

garantir a consistência entre os dados agregados e os parâmetros estimados com base em dados de corte transversal municipal.

Por seu turno, no nível intermediário, o agregado  $CI_{ag}$  é definido pela equação (52), como uma soma ponderada de todos os insumos intermediários.

$$CI_{ag} = \sum_i \alpha_{i,ag} Q_i \quad (52)$$

As equações (54) a (61) definem a demanda pelos fatores de produção: terra (T), trabalho (L), água bruta (WT) e agregado intermediário (CI). Estas equações de demanda por fatores derivam diretamente do problema de maximização dos lucros dos setores agrícolas, o qual está sujeito a restrição tecnológica expressa em (51) e a suposição de que os setores são tomadores de preço, ou seja, os mercados são perfeitamente competitivos. Nestas equações, as variáveis  $VT_{ag}$ ,  $VL_{ag}$ ,  $VWT_{ag}$  e  $VCI_{ag}$  denotam a elasticidade da produção que é atendida por cada um dos fatores, somando-se estes termos serão iguais ao retorno de escala da função de produção do setor em questão.

$$T_{ag}^d * RT_{ag} = VT_{ag} P_{ag} X S_{ag} \quad (54)$$

$$L_{ag}^d * W = VL_{ag} P_{ag} X S_{ag} \quad (55)$$

$$P_{ag} * \left[ \frac{X S_{ag}}{W T_{ag}^d} \right] * VWT_{ag} = RWP_{ag} \quad (56)$$

$$CI_{ag}^d * PCI_{ag} = VT_{ag} P_{ag} X S_{ag} \quad (57)$$

$$VT_{ag} = \beta_{T,ag} + \beta_{TT,ag} \ln T_{ag}^d + \beta_{TL,ag} \ln L_{ag}^d + \beta_{TWT,ag} \ln WT_{ag}^d + \beta_{TCI,ag} \ln CI_{ag} \quad (58)$$

$$VL_{ag} = \beta_{L,ag} + \beta_{LL,ag} \ln L_{ag}^d + \beta_{TL,ag} \ln T_{ag}^d + \beta_{LWT,ag} \ln WT_{ag}^d + \beta_{LCI,ag} \ln CI_{ag} \quad (59)$$

$$VWT_{ag} = \beta_{WT,ag} + \beta_{WT,ag} \ln WT_{ag}^d + \beta_{TWT,ag} \ln T_{ag}^d + \beta_{LWT,ag} \ln L_{ag}^d + \beta_{WT,ag} \ln CI_{ag} \quad (60)$$

$$VCI_{ag} = \beta_{CI,ag} + \beta_{CICI,ag} \ln CI_{ag}^d + \beta_{TCI,ag} \ln T_{ag}^d + \beta_{LCI,ag} \ln L_{ag}^d + \beta_{WT,ag} \ln WT_{ag}^d \quad (61)$$

Onde: o índice d refere-se a quantidade demandada,  $ag$  é referente a cada um dos setores agrícolas;  $RT$ ,  $W$ ,  $RWP$  e  $PCI$  são os preços de cada um dos insumos, respectivamente: terra, trabalho, água bruta e consumo intermediário total.

Todas as equações de demanda por fatores (54) a (61) são oriundas da condição de primeira ordem da maximização dos lucros, que enseja que o preço do produto, multiplicado pela produtividade marginal do fator em questão seja igual ao preço do fator, conforme expressado de maneira genérica na expressão (62) abaixo.

$$p * \frac{\partial y}{\partial x} = w \quad (62)$$

Onde:  $P$  representa o preço do produto  $y$ ;  $\frac{\partial y}{\partial x}$  é a produtividade marginal do fator  $x$ ; e  $w$  é o preço do fator  $x$ . No caso da função translog temos que  $\frac{\partial \ln y}{\partial \ln x} = \frac{\partial y}{\partial x} * \frac{x}{y}$ , que quando substituído na expressão (62) implica que:

$$\frac{w*x}{p*y} = \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x} = VX \quad (63)$$

Onde:  $VX$  denota a elasticidade do produto em relação ao fator  $x$ , tal como nas equações (58) a (61). Substituindo, (63) em (62) o que se tem são curvas de demanda por fatores do mesmo formato que as apresentadas por (54), (55) e (57). O problema, no entanto, é que no cenário base do modelo a água bruta não é tarifada, ou seja, tem preço igual a zero. Isto porque ainda são poucas as bacias brasileiras onde efetivamente está sendo cobrada uma taxa pelo uso da água para a irrigação<sup>53</sup>. Desta feita, assumindo-se que  $RWP$  originalmente é igual a zero, a propriedade de que a derivada da função translog em relação à água é igual a proporção de água utilizada não se mantém. Por conseguinte, a demanda por água bruta passa a ser dada pela condição original de maximização dos lucros tal como em (56) e (62).

Outro setor que mereceu uma atenção especial foi o setor de Água & Esgoto, uma vez que também se assumiu para ele uma estrutura de produção translog, em que a água bruta é um fator de produção primário, tal como explicitado na Figura 12. Note que a diferença entre as Figuras 11 e 12 reside apenas no uso do capital ( $K$ ) ao invés do uso da terra. Na verdade, tanto capital quanto terra são calibrados no MEGC usando-se os valores da conta Excedente Operacional Bruto (EOB), que corresponde ao valor adicionado por cada setor menos o valor pago aos trabalhadores, e outros impostos e subsídios à produção<sup>54</sup>. Portanto a terra para os setores agrícolas e o capital para os demais setores foram calibrados pelo valor do EOB. Quanto as equações de demanda por fatores do setor Água & Esgoto elas têm exatamente o mesmo formato das equações (54) a (61), apenas trocando-se o índice o fator  $T$  pelo fator  $K$ .

<sup>53</sup> No Brasil, há valores de cobrança definidos para o uso na irrigação na bacia do São Francisco e na bacia do Paraíba do Sul (FORMIGA-JOHNSON; KUMLER & LEMOS, 2007). Na Bacia do Paraíba do Norte foi estabelecido um preço para este uso, mas não está sendo realizada a cobrança. (MORAES *et al*, 2015)

<sup>54</sup> Não foi desagregado do EOB o rendimento misto bruto. Como

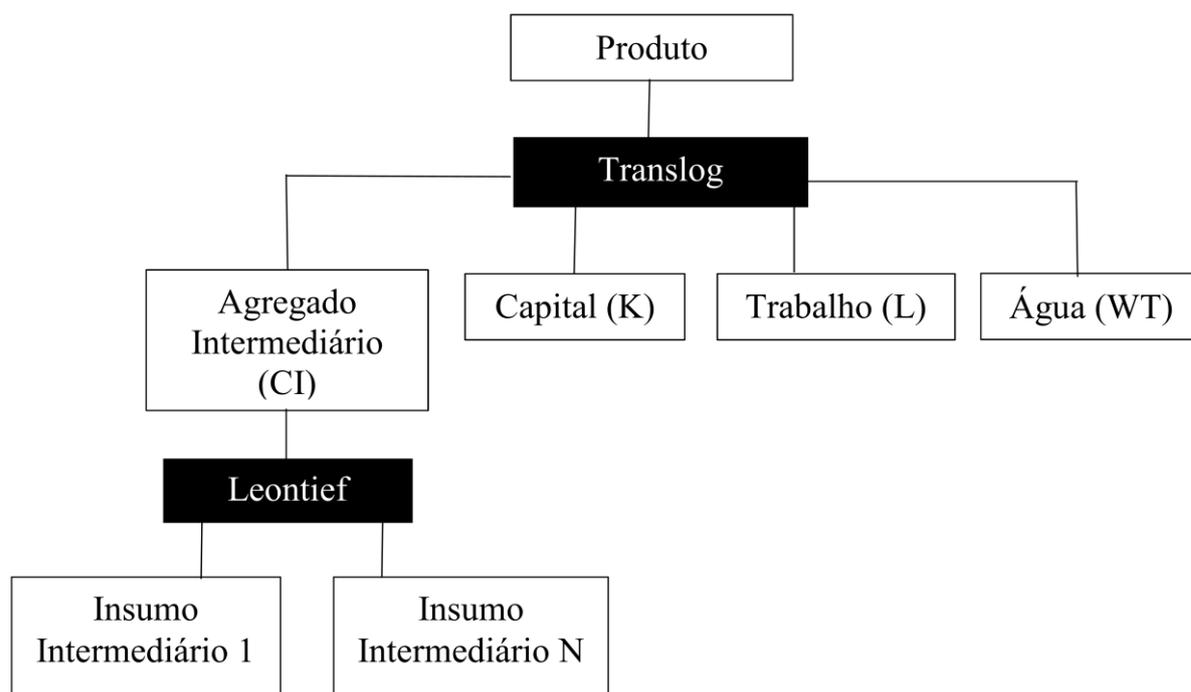


Figura 12 – Estrutura de produção do setor Água & Esgoto.  
Fonte: Elaboração própria

No que diz respeito aos demais setores industriais e de serviços foi feita a suposição de que os mesmos não utilizam a água bruta como um fator de produção primário, mas sim como parte de seu consumo intermediário. Existiam, portanto, duas bases de dados com informações sobre este consumo da água por parte dos demais setores: os coeficientes técnicos de uso da água da FUNARBE (2011) e os dados de consumo de água encanada do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades (<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>) o qual é atualizado anualmente. A primeira dessas bases possuía coeficientes técnicos baseados em informações cedidas diretamente por grandes empresas de vários setores industriais importantes como siderurgia, metalurgia, produção de açúcar e vários outros. Porém, além de não dispor de coeficientes para todos os setores incluídos no presente MEGC, vários destes coeficientes técnicos da FUNARBE (2011) estavam em termos de unidades específicas dos setores, o que dificultou muito seu uso.<sup>55</sup>

<sup>55</sup> Por exemplo, o coeficiente de consumo da água do setor de extração minerais não metálicos estava em termos toneladas do produto, enquanto o coeficiente do setor calçados estava em termos de pares de calçados e assim por diante. Neste caso foi feita a tentativa de utilizar a Pesquisa Industrial Anual (PIA) feita pelo IBGE para fazer a conversão destes coeficientes de unidade físicas para unidades monetárias, uma vez que a PIA dispõe da produção dos setores nas duas unidades. Entretanto, as unidades físicas na PIA variam entre os subsetores de um mesmo setor, por exemplo, o setor “Extração de Pedra Areia e Argila” na PIA tem produtos medidos em toneladas, metros cúbicos e metros quadrados, enquanto o coeficiente respectivo a este mesmo setor na FUNARBE (2011) está

Por outro lado, os dados do SNIS fornecem apenas o total de água encanada consumida no país, sem distinção entre os setores. A solução neste caso foi distribuir a quantidade total consumida de água encanada de acordo com as despesas dos setores com o setor Água & Esgoto. E os coeficientes foram calculados como a quantidade de água encanada utilizada por cada setor em relação a sua produção. Este procedimento pode ser questionado dado que não considera a água que algumas grandes indústrias retiram, elas mesmas, diretamente dos mananciais, mas devido à impossibilidade do uso dos dados da Matriz de Coeficientes Técnicos Brasileira, devido aos problemas já relatados, ficou-se apenas com esta alternativa. Desta forma o modelo passa a apresentar dois tipos diferentes de insumo água. Uma água bruta representada pela variável  $WT$ , usada pelos setores agrícolas e pelo setor Água & Esgoto como fator primário<sup>56</sup>. E uma água encanada representada pela variável  $PWT$  usada por todos os setores, inclusive Água & Esgoto e agrícolas, cuja demanda é dada pela equação (64).

$$PWT_i^d = \lambda_i * XS_i \quad (64)$$

Onde:  $\lambda_i$  é o coeficiente técnico referente a água encanada de cada setor, que foi calculado usando as proporções obtidas com os dados do SNIS

Ainda no que diz respeito aos demais setores industriais e de serviços, ou seja, os referentes aos setores não agrícolas e não ligados ao abastecimento de água e saneamento básico foi utilizada uma estrutura de produção muito mais simples representada pela Figura 13 e pelas equações (65) a (69) abaixo.

$$XS_s = VA_s/v_s \quad (65)$$

$$VA_s = K_s^\alpha LD_s^{(1-\alpha_s)} \quad (66)$$

$$K_s^d * RT_s = \alpha_s P_{ag} XS_{ag} \quad (67)$$

$$L_s^d * W = (1 - \alpha_s) P_{ag} XS_s \quad (68)$$

$$CI_s^d = \gamma_s * XS_s \quad (69)$$

Onde:  $s$  é um índice referente a todos os setores não agrícolas, exceto o setor de Água & Esgoto;  $v_s$  é o coeficiente técnico referente ao valor adicionado ( $VA_s$ );  $\alpha_s$  é a proporção de capital no

---

apenas em termos de toneladas, o que inviabilizou a transformação pretendida de coeficientes em termos físicos, para coeficientes em termos monetários.

<sup>56</sup> Vale ressaltar que segundo estimativas da Agência Nacional de Águas (ANA), a demanda total por água do setor industrial corresponde a apenas 17% do total, sendo que apenas parte deste total é retirada diretamente dos mananciais. Desta maneira a suposição feita aqui de que o setor industrial utiliza apenas água encanada não deve acarretar em erros de grande magnitude (CARNEIRO, 2015).

valor adicionado;  $\gamma_s$  é o coeficiente técnico referente ao consumo intermediário agregado ( $CI_s^d$ ).

A razão para essa maior simplicidade neste caso se deve ao fato de que estes setores não eram o foco da análise, uma vez que consomem pouca água bruta em comparação com o total consumido pelos setores agrícolas e pelo setor Água & Esgoto, de modo que a quantidade a mais de esforço necessária para estimar os parâmetros de uma estrutura produtiva mais complexa não geraria grandes ganhos em termos da qualidade dos resultados que ora perseguimos, referentes aos efeitos de políticas a serem implementadas. Além do mais, como todos os setores tem sua demanda por água bruta modelada independente da demanda dos outros setores, restrições sobre a demanda por água dos setores agrícolas e do setor AE a ser introduzidas e simuladas<sup>57</sup> nesta plataforma, não afetariam diretamente a demanda industrial por água, mesmo que esta última fosse modelada de maneira mais explícita.

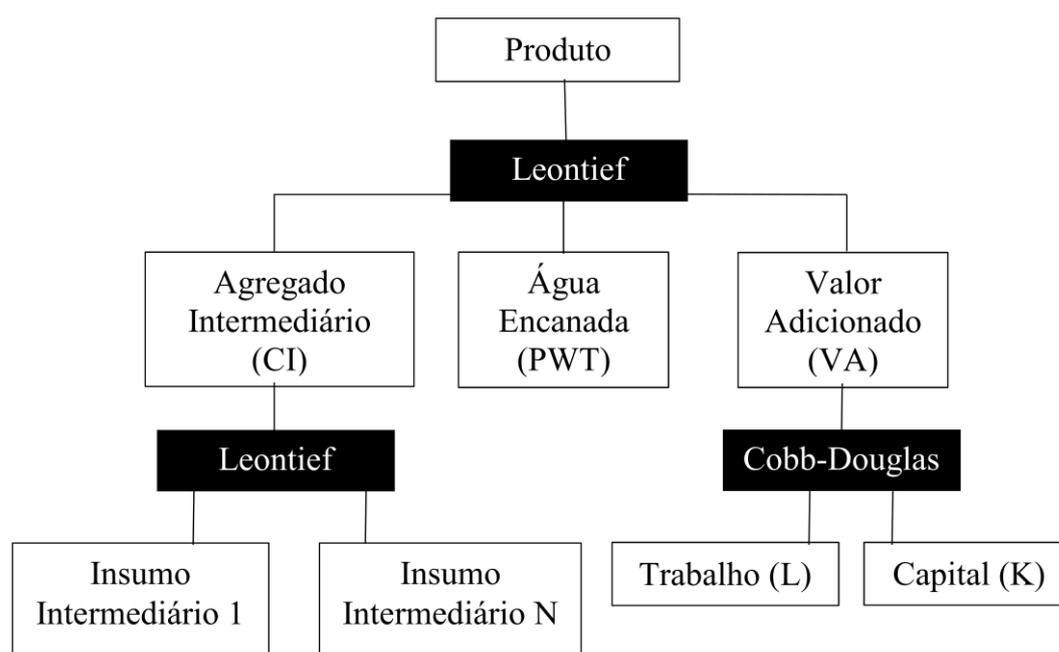


Figura 13 – Estrutura do processo dos demais setores.

Fonte: Elaboração própria

## 6.2.2 Demanda

Tal como ocorrera com o bloco de produção, também o bloco da demanda se beneficiou de estimações econométricas feitas no capítulo três desta tese. Não obstante, como já havia sido

<sup>57</sup> Estes dois setores ( irrigação e AE) são os maiores consumidores de água bruta no Brasil.(Citar a mesma referencia de (CARNEIRO, 2015).

mencionado no capítulo três, os dados disponíveis para o Brasil não permitiam a estimação de um sistema de demanda completo, uma vez que não se dispunha de informações de quantidades consumidas dos bens, salvo dos alimentos. Sendo assim, foi preciso fazer a suposição de que a demanda da família representativa do MEGC era separável em dois grandes grupos, o grupo alimentos e o grupo de todos os outros bens de consumo. Isto se traduziu em uma estrutura de demanda em dois níveis, conforme apresentado na Figura 14.

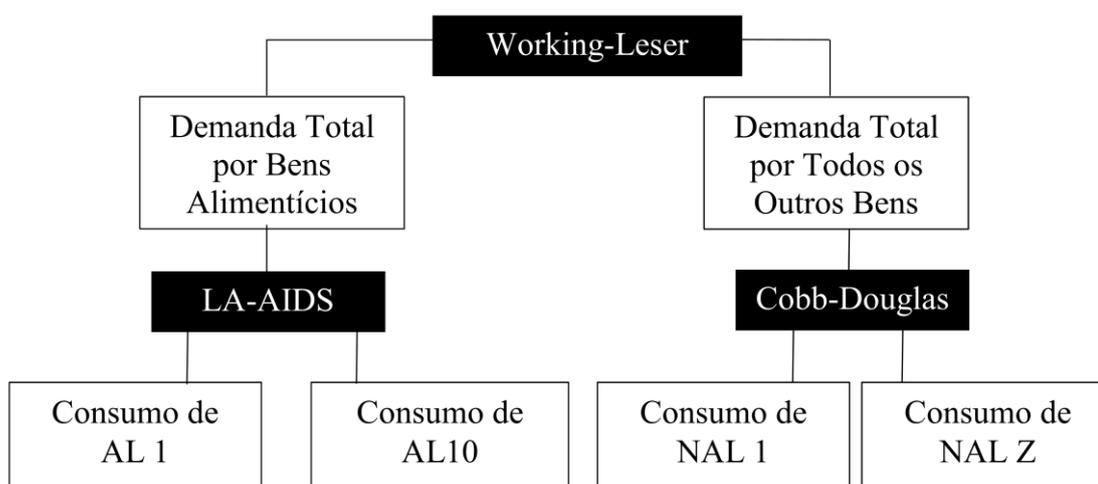


Figura 14 – Estrutura do sistema de demanda.

Fonte: Elaboração própria.

No primeiro nível utiliza-se um modelo Working-Leser, seguindo a abordagem usada por Ecker & Qaim (2010), para se desagregar a despesa total em despesa total com alimentos e despesa total com bens não alimentícios. Matematicamente, este modelo é representado pelas equações (70) a (73), abaixo<sup>58</sup>.

$$w_{F,HH} = \alpha_{F,HH} + \gamma_{F,HH} * p_{HH,F} + \beta_F * \ln CT_{HH} \quad (70)$$

$$p_{HH,F} = \exp\left[\sum_{AL\ 1}^{AL\ 10} w_{AL,HH} * \log(PC_{AL})\right] \quad (71)$$

$$CT_{HH,F} = w_{F,HH} * CT_{HH} \quad (72)$$

$$CT_{HH,NF} = (1 - w_{F,HH}) * CT_{HH} \quad (73)$$

Onde:  $w_{F,HH}$  é a parcela do consumo total da família ( $HH$ ) gasta com alimentos;  $CT_{HH}$  é a despesa total da família;  $\alpha_{F,HH}$ ,  $\gamma_{F,HH}$  e  $\beta_F$  são parâmetros, com  $\gamma_{F,HH}$  e  $\beta_F$  retirados diretamente da Tabela 4 e  $\alpha_{F,HH}$  calibrado para que (70) se ajustasse ao agregado nacional;  $p_{F,HH}$  é um índice de preços de Stone para os alimentos;  $w_{AL,HH}$  é a parcela do gasto total com

<sup>58</sup> As equações (70) e (74) na verdade são redefinições das equações (5) e (11) do capítulo três.

alimentos da família usada com o alimento  $AL$ ;  $PC_{AL}$  é o preço ao consumidor do alimento  $AL$ ;  $CT_{HH,F}$  é o consumo total de alimentos; e  $CT_{HH,NF}$  é o consumo total de bens não alimentícios

Uma vez que  $w_{F,HH}$  fora definida a partir dos dados na matriz de contabilidade social, a parcela da despesa total gasta no consumo de bens não alimentícios  $(1-w_{F,HH})$  também passa a ser definida. Podemos então usar no segundo nível da estrutura da figura acima a premissa que o consumo de cada um dos alimentos é regido por um sistema LA-AIDS idêntico ao estimado no capítulo três. Já o consumo dos demais bens pode ser representado por um sistema de demanda derivado de uma função de utilidade do tipo Cobb- Douglas, equação (76).

$$w_{AL} = \alpha_{AL} + \sum_{AL} \gamma_{AL,AL} \ln p_{AL} + \beta_{AL} \ln \left( \frac{CT_{HH,F}}{p_{HH,F}} \right) \quad (74)$$

$$CHH_{AL} = \frac{w_{NAL} CT_{HH,NF}}{PC_{NAL}} \quad (75)$$

$$CHH_{NAL} = \frac{w_{NAL} CT_{HH,NF}}{PC_{NAL}} \quad (76)$$

Onde:  $w_{AL}$  é a parcela do gasto total com alimentos gasta com um dos dez grupos alimentícios  $AL$  reportados no Quadro 3;  $w_{NAL}$  é o percentual da despesa total com bens não alimentícios gasta com cada um dos 113 produtos deste tipo;  $CHH_{AL}$  e  $CHH_{NAL}$  são, respectivamente, os consumos com alimentos e com bens não alimentícios;  $\alpha_{AL}$ ,  $\gamma_{AL,AL}$  e  $\beta_{AL}$  são parâmetros do sistema LA-AIDS, tal que  $\gamma_{AL,AL}$  e  $\beta_{AL}$  foram retirados diretamente da da estimação do modelo LA-AIDS, enquanto  $\alpha_{AL}$  foi calibrado para que que (74) se ajustasse ao agregado nacional.

Por último, o numerário do modelo foi um índice geral de preços dado pela soma ponderada da produção total de todos os setores, conforme a equação (77)<sup>59</sup>.

$$PINDEX = \sum_i^n \beta_i^x * XS_i \quad (77)$$

## 6.3 Base de dados utilizada

### 6.3.1 Descrição da Matriz de Contabilidade Social 2009

---

<sup>59</sup> Foi feito um teste de homogeneidade no modelo multiplicando-se PINDEX por um valor fixo, o qual resultou em uma variação exatamente proporcional das variáveis nominais, enquanto as variáveis reais não apresentaram alteração no seu valor.

As principais fontes de dados para a construção do MEGC foram as Tabelas de Recursos e Usos (TRUs) a preços básicos publicadas pelo professor Joaquim J. M. Guilhoto para 2009 na sua página (<https://guilhotojjmg.wordpress.com/banco-de-dados/matrizes-nacionais-2/>) com 110 produtos e 56 setores, calculada com base nas contas nacionais publicadas pelo IBGE<sup>60</sup>. Para a implementação do modelo, estas fontes foram transformadas em uma Matriz de Contabilidade Social para o ano de 2009 (MCS 2009); para isso, os dados das TRUs foram complementados com informações das Contas Econômicas Integradas de 2009 (CEIs), publicadas pelo IBGE (IBGE, 2009). Por sua vez, as CEIs se subdividem em sete contas: produção, geração da renda, alocação primária da renda, distribuição secundária da renda, redistribuição da renda, uso da renda e conta de capital. Todas elas referentes aos agentes institucionais: famílias, instituições sem fins lucrativos, empresas financeiras, empresas não-financeiras, administração pública e resto do mundo.

Uma MCS, além de conter os fluxos monetários entre as indústrias (matriz de consumo intermediário), generaliza a ideia de que as despesas para um setor são receitas para um outro setor, para todas as transações realizadas em uma economia. Dessa forma, a MCS deve ser equilibrada, de forma que a soma de cada linha (receita) deve ser igual à soma de cada coluna (despesa) (ROBINSON *et al.*, 1999). Em outras palavras, a MCS deve atender a condição de *market clearance*, não podendo haver excedente de oferta nem de demanda em nenhum dos mercados (WING, 2009). Uma MCS deve obedecer aos seguintes princípios: i) do orçamento balanceado (*income balance*), pelo qual os fatores remunerados são plenamente utilizados e as rendas dos agentes são completamente exauridas (WING, 2009); e ii) do equilíbrio no balanço de pagamentos, em que a poupança externa deve ser igual ao saldo na balança comercial, somado ao saldo entre as demais rendas recebidas e enviadas ao ROW. Desta feita, uma MCS que respeite os princípios de *market clearance*, do orçamento balanceado e o equilíbrio no balanço de pagamentos, pode ser definida, alternativamente, como uma representação do fluxo circular de renda, em valores monetários, onde é possível rastrear as etapas de geração, alocação e uso da renda (ARAÚJO JÚNIOR, 2006).

No presente caso, a MCS 2009 resultante foi equilibrada em quase todas as contas, com exceção do bloco de transferências, por falta de informações suficientes no sistema de contas nacionais. Não obstante, como essas transferências são exógenas ao modelo, seus valores foram modificados de modo a forçar o equilíbrio, ou seja, os valores das transferências entre as

---

<sup>60</sup> Para mais detalhes sobre o conteúdo das TRUs e sobre como as mesmas foram obtidas a preços básicos com base nos dados das contas nacionais, que na sua maioria encontram-se a preços do consumidor, ver Guilhoto e Sesso Filho (2005).

instituições foram modificados de forma a garantir que as receitas totais fossem iguais as despesas totais para cada uma das instituições (família, governo, resto do mundo e conta de capital).

Ademais, na representação feita pelas TRUs, um bem pode ser produzido por mais de um setor, o que implicaria uma quantidade desnecessária de dados e equações, que não ajudariam na resolução da problemática de pesquisa proposta aqui. Sendo assim, foi utilizada a suposição de que cada produto corresponde a um setor, de modo que, a MCS 2009 obtida aqui teve todos os seus valores em termos de produtos. Por conseguinte, a partir de agora passa-se a usar os termos produtos e setores como intercambiáveis.

A transformação para a obtenção da MCS em termos de produtos, foi feita pós multiplicando os vetores de consumo intermediário, salários, excedente operacional bruto, importações e impostos das TRUs a preços básicos de 2009, respectivamente com dimensões (110 x 56) e (1 x 56), por uma matriz de transformação D de dimensão (56 x 110), sendo 110 produtos e 56 setores. A matriz D pode ser obtida como a transposta da divisão entre cada elemento da matriz de produção ( $\Pi$ ) pelo total de sua coluna, conforme mostra a equação (77) (TOURINHO, 2008). Onde  $\Pi$  traz em cada linha um dos 110 produtos e em cada coluna um dos 56 setores, ou seja, reporta a produção dos 110 produtos pelos 56 setores. Os demais vetores foram obtidos diretamente. Isto significa supor que a tecnologia é um atributo dos produtos (“*commodity-based technology*”), ou seja, os produtos, independentemente dos setores onde são produzidos, possuem os mesmos requerimentos de insumos (MILLER & BLAIR, 2009).

$$D = \left[ \frac{\Pi_{ij}}{\sum_i \Pi_{ij}} \right]', \quad (77)$$

Onde: D tem dimensão (56 x 110);  $\Pi$  tem dimensão (110 x 56);  $i$  representa a linha (produto); e  $j$  a coluna (setor)<sup>61</sup>. Sendo assim, cada elemento da matriz D traz o percentual da produção do setor  $j$  destinada a produção do bem  $i$ , de modo que o total de cada linha de D é igual a um.

---

<sup>61</sup> Alternativamente, a MCS 2009 poderia ter todos os seus valores em termos da produção dos setores, pré multiplicando os dados originais das TRUs por uma matriz de transformação  $\Omega$ . A matriz  $\Omega$  pode ser obtida como a transposta da divisão entre cada elemento de  $\Pi$  pelo total de sua linha, conforme mostra a equação abaixo (TOURINHO; da SILVA; ALVES, 2006).

$$\Omega = \left[ \frac{\Pi_{ij}}{\sum_j \Pi_{ij}} \right]'$$

Onde:  $\Omega$  tem dimensão (56 x 110).

A desagregação em termos de uma matriz produto por produto neste estudo foi decorrente do fato de que, somente usando tal desagregação fora possível chegar a uma MCS, ao mesmo tempo: equilibrada e com todos os seus valores em termos de produtos. Por sua vez, o interesse em utilizar uma MCS em termos de produtos decorre dos próprios objetivos desta tese. Isto porque, se considerados os setores, a produção agropecuária se dá em apenas dois setores: um agrícola e outro pecuário. Logo, não seria possível analisar de forma desagregada, impactos sobre culturas, de políticas que induzissem a redução do uso da água para irrigação, ou sobre quais culturas, políticas deveriam se concentrar para conseguir reduções no consumo da água e ao mesmo tempo minimizar os efeitos negativos sobre a produção e a pobreza. E isto vale não apenas para o setor agrícola, mas para vários setores industriais e de serviços, uma vez que o número de produtos era quase o dobro do número de setores nas TRUs. Em suma, o arranjo da MCS 2009 em termos de produtos permite a avaliação dos impactos de políticas sobre o uso da água da forma mais direta e desagregada possível.

Uma vez que todos os vetores foram transformados para terem seus valores expressos em termos de produtos, foi preciso agregar alguns desses produtos para facilitar o seu uso como base de dados do MEGC. Por exemplo, o produto “serviços domésticos” não tinha nenhum consumo intermediário, o que tornava inviável o cálculo do consumo intermediário para este produto pela mesma equação usada para os demais produtos, de modo que foi mais simples agregar este produto ao produto “outros serviços”<sup>62</sup>. Em especial, alguns produtos agrícolas também tiveram de ser agregados, para possibilitar a compatibilidade entre os dados da MCS 2009 e as funções de produção e o sistema de demanda estimados nos capítulos três e quatro. Como exemplo, os produtos “Arroz em casca”, “Milho em grão”, “Trigo em grão e outros cereais” e “Soja em grão” presentes originalmente na MCS 2009 foram agregados para formar um único produto “Cereais”.

Ao final de todas as manipulações, a MCS 2009 ficou com 40 produtos. Sendo cinco produtos agrícolas: “Cana-de-açúcar”, “Cereais”, “Frutas”, “Hortaliças” e “Resto”; cada um deles construído para representar, da melhor maneira possível, os produtos, para os quais se estimou a função de produção translog na Tabela 12. E outros dez produtos alimentares: “Açúcar”, “Animais”, “Bebidas”, “Outros Produtos Alimentares”, “Derivados dos Cereais”, “Derivados do Trigo, Mandioca ou Milho”, “Frutas”, “Laticínios”, “Óleos e Gorduras” e

---

<sup>62</sup> O MEGC utilizado foi resolvido sempre utilizando o *software* para modelagem matemática GAMS (*General Algebraic Modeling System*) utilizando o solver CONOPT, posto que, o modelo fora implementado como um CNS (*Constrained Nonlinear System*).

“Hortaliças”; cada um deles construído para representar, da melhor maneira possível, os dez alimentos do sistema LA-AIDS estimado no capítulo quatro.

A Figura 15 traz uma representação estilizada de uma MCS. Nela estão representados: os setores, o Excedente Operacional Bruto (EOB), o fator trabalho (L), a água (WT) a família representativa (HH), as margens de comércio e transporte (MC e MT), o governo (G), o resto do mundo (ROW) e a conta de capital (CC). Os valores situados nas linhas são receitas, enquanto os valores nas colunas são despesas, para cada um dos setores, margens ou agentes. As células em branco indicam que não há transações entre a categoria na coluna e na linha<sup>63</sup>. Através da Figura 15 também é feita a associação entre a MCS e as equações do modelo. Isto porque, a MCS foi usada como equilíbrio de referência para o MEGC aqui desenvolvido. Em outras palavras, as equações do MEGC foram primeiramente resolvidas a partir dos dados da MCS 2010. Vale ressaltar aqui, que neste processo de calibração dos parâmetros do modelo, que não foram estimados econometricamente, o EOB foi tomado como sendo a terra (T) para os produtos agrícolas e o capital (K) para os produtos não agrícolas, conforme o exposto nas Figuras 11 a 13. Esta é uma hipótese forte, mas como na verdade o EOB inclui a renda do capital, da terra e do trabalho autônomo, ela equivale a dizer que o EOB é um agregado constante desses fatores<sup>64</sup>.

	Setores	EOB	L	WT	HH	G	ROW	CC
Setores	CI				CHH <sub>i</sub>	CG <sub>i</sub>	EX <sub>i</sub>	INV <sub>i</sub>
EOB	R <sub>i</sub> *K <sub>i</sub> RT <sub>i</sub> *T <sub>i</sub>							
L	WL <sub>i</sub> <sup>D</sup>							
WT								
HH		RMK	∑WL <sub>i</sub> <sup>D</sup>			tghh		
G	TXS <sub>i</sub> TXM <sub>i</sub> TXW <sub>i</sub>				ty*Y <sub>HH</sub>			
ROW	M <sub>i</sub>					tgrow		
CC					S <sub>HH</sub>	S <sub>G</sub>	BC	S <sub>T</sub>

Figura 15 – Matriz de contabilidade social estilizada.

Fonte: Elaboração própria.

Deve-se ressaltar que, salvo aqueles parâmetros estimados para a produção agrícola e o sistema de demanda por alimentos, além das elasticidades de Armington e de transformação

<sup>63</sup> O Excedente Operacional Bruto (EOB), usado para calcular R<sub>i</sub>K<sub>i</sub>, inclui rendimento com trabalho por parte dos trabalhadores autônomos, mas esse fato não foi considerado no presente estudo.

<sup>64</sup> Para mais informações sobre como construir uma MCS para o Brasil ver Tourinho, Silva & Alves (2006) e Tourinho (2008).

(com valores *ad hoc*), todos os demais parâmetros do MEGC foram calibrados para reproduzir a economia em um dado momento do tempo, no caso presente o ano de 2009.

#### 6.4 Estratégias de simulação

De posse do MEGC calibrado para o ano de referência (2010) definiram-se as políticas a serem simuladas na mesma e a forma de implementação. A hipótese inicial de todas as simulações foi a de que a agricultura utiliza uma quantidade excessiva de água bruta, uma vez que no Brasil paga muito pouco pela mesma. Sendo assim, inspirando-se em Berritela *et al* (2007), a pergunta geral que norteia as simulações foi: “que tarifa seria necessária cobrar pela água bruta usada pelo setor agrícola *ag* para que este setor reduza sua demanda em uma determinada quantidade?” Foram escolhidos três níveis de redução 10%, 20% e 30%. A forma como esta tarifa foi calculada se baseou na equação (78), a qual repetimos logo abaixo por conveniência, que denota a demanda por água bruta de cada setor agrícola.

$$P_{ag} * \left[ \frac{XS_{ag}}{WT_{ag}^d} \right] * VWWT_{ag} = RWP_{ag} \quad (78)$$

Conforme mencionado anteriormente no Capítulo 5, no cenário base, que agora passaremos a chamar de BAU (*business-as-usual*),  $RWP_{ag}$  é igual a zero, o que significa dizer que os setores agrícolas não pagam pela água bruta que utilizam. Por seu turno, como o lado direito da equação (78) corresponde ao valor da produtividade marginal da água bruta,  $RWP_{ag} = 0$  implica que cada um destes setores escolhe uma quantidade de água que zera sua produtividade marginal. E como a função de produção é monotônica para todos os seus fatores (a produtividade marginal de todo fator é não negativa) e quase-côncava (quanto maior o uso do fator menor a sua produtividade marginal) isto significa dizer que a quantidade demandada pelos setores agrícolas no cenário BAU de  $WT_{ag}^d$  é tal que se tal quantidade fosse aumentada o mínimo que fosse, a produção do setor passaria a diminuir. Sendo assim, para achar os valores de  $RWP_{ag}$  que reduziriam a demanda nos percentuais desejados bastou fixar a demanda nestes patamares enquanto se permitiu que  $RWP_{ag}$  ficasse livre para assumir o valor adequado. Com outras palavras, supondo que o nível alvo da demanda fosse  $WT_{ag}^{d*} = 0,70 * WT_{ag}^d$  em BAU, para calcular o nível de imposto que implicaria este novo nível de demanda por água bruta, bastou substituir  $WT_{ag}^{d*}$  no lugar de  $WT_{ag}^d$  na equação (78) e na definição do MEGC sobre quais

variáveis eram endógenas (livres) ou exógenas (fixas), tornar a demanda agrícola por água como exógena e o seu preço como endógeno.

Mas a definição do nível de redução da demanda por água bruta não fornece uma descrição completa dos cenários simulados. Para isso é preciso definir para onde vão os recursos arrecadados com o pagamento da tarifa. Neste sentido, três alternativas foram consideradas. Na primeira opção todo o recurso vai para o governo, que o utiliza apenas para aumentar sua poupança, conforme mostram as equações (79) a (80)<sup>65</sup>.

$$Y_G = ty * Y_{HH} + \sum_i(tx_i * XS_i + tm_i M_i) + TXW \quad (79)$$

$$TXW = \sum_{ag} RWP_{ag} * WT_{ag}^{d*} \quad (80)$$

Onde:  $Y_G$  é a renda do governo;  $ty$  é a taxa do imposto de renda;  $Y_{HH}$  é a renda da família;  $tx_i$  é a taxa dos impostos indiretos sobre a produção;  $tm_i$  é a taxa de imposto sobre importações; e  $TXW$  é a renda total com a tarifa sobre a água bruta agrícola.

Na segunda opção o governo utiliza o valor arrecadado para subsidiar a produção do setor Água & Esgoto. Ou seja, a renda do governo permanece sendo dada apenas pela soma do imposto de renda, impostos indiretos sobre a produção e impostos sobre a importação. Já o subsídio a produção do setor Água & Esgoto é dado pela equação (81) e implementado de acordo com a equação (82)

$$sub_{ae} = TXW / XS0_{ae} \quad (81)$$

$$P_{ae}(1 + tx_{ae} + tt_{ae} + tc_{ae} - sub_{ae}) * XS_{ae} = P_{ae}^D * D_{ae} + P_{ae}^E * EX_{ae} \quad (82)$$

Onde:  $sub_{ae}$  é a taxa de subsídios;  $XS0_{ae}$  denota o valor inicial da produção (valor fixo);  $P_{ae}$  é o preço básico;  $P_{ae}^D * D_{ae}$  é o valor da demanda doméstica; e  $P_{ae}^E * EX_{ae}$  é o valor da exportação.

E na última opção, como é de costume em aplicações de impostos em MEGC, a arrecadação da tarifa é repassada diretamente para a família representativa, numa tentativa de mitigar os efeitos potencialmente negativos que uma tarifa sobre a água imputaria sobre a renda das famílias, uma vez que a menor produção do setor agrícola deve reduzir a demanda por trabalho por parte desses setores e com isso reduzir a renda da família. Na prática tal transferência funcionaria como qualquer outra transferência direta de renda, como por exemplo

---

<sup>65</sup> No fechamento do modelo o consumo total do governo é considerado exógeno (fixo) daí dizer que o aumento da renda do governo implica em um aumento da poupança do mesmo.

o Bolsa Família, e poderia inclusive se aproveitar da estrutura já estabelecida para esta última, bastando que focasse nos trabalhadores rurais.

O Quadro 5 traz um resumo dos cenários utilizados de acordo com a redução na demanda por água exigida e o destino dos recursos com a tarifação. Cabe ressaltar que cada uma destas restrições sobre o uso da água, ou mesmo outros valores para as restrições poderiam ser implementados apenas para uma das subculturas, ou subconjunto destas além de restrições sobre o setor AE, segundo maior usuário de água bruta no Brasil. Por exemplo, a plataforma permitiria impor uma restrição de 40% sob o uso da água bruta na produção de cana-de-açúcar (cultura que mais utiliza água) enquanto as demais culturas poderiam ter que lidar com uma restrição de 20%. Todavia, dado o sem número de cenários que poderiam ser formados deste modo, optou-se inicialmente por uma mesma redução de demanda para todas as culturas, como um ponto de partida para discussão, e ao mesmo tempo demonstração da potencialidade da plataforma como sendo uma ferramenta que apoie o desenho e a avaliação de diferentes estratégias de gestão de recursos hídricos.

Ademais, todos os cenários no Quadro 5 pressupõem que a demanda por água bruta tem a sua redução simulada de maneira exógena, dado por exemplo a necessidade de uma redução de uso em setores de uso intensivo, devido a uma previsão climática apontando para uma redução de disponibilidade hídrica para o país. O modelo então fornece de forma endógena a tarifa por cultura associada a essa redução de demanda.

De maneira inversa, usando a mesma plataforma, diferentes tarifas poderiam ser simuladas para cada um dos setores agrícolas e AE exogenamente e então verificadas as reduções na demanda por água resultantes.

Cenários	Redução na Demanda por Água Bruta da Agricultura	Repasse dos Recursos		
		Governo	Subsídio ao Setor A&E	Família
S_10	10%	X		
S_20	20%	X		
S_30	30%	X		
S_30_SUB	30%		X	
S_30_HH	30%			X

Quadro 5 – Cenários simulados na plataforma integrada.

Fonte: Elaboração própria.

## 6.5 Resultados do MEGC

Antes de analisarmos os resultados finais da plataforma integrada do impacto das simulações sobre a pobreza multidimensional no Brasil e suas unidades federativas, se faz conveniente analisar os resultados gerados pelo MEGC, que constitui o ponto de partida da plataforma integrada em si. Com este objetivo em vista, a Tabela 27 traz o valor inicial e a variação percentual das principais variáveis agregadas do modelo. Sobre a produção, é possível notar que a queda propiciada pela redução do uso da água bruta pela agricultura é relativamente baixa, não chegando nem a 0,5%. Todavia, esta queda é maior quanto maior é a redução simulada no uso da água, quando a redução no uso da água duplica (vai de 10% para 20%) a queda na produção mais do que duplica (vai de -0,11% para -0,24%). Por outro lado, a despesa total com alimentos sofre reduções maiores do que aquelas experimentadas pela produção, chegando a cair mais de 2,5% no cenário S\_30. O motivo para esta queda maior da despesa com alimentos em relação a produção, e também em relação a despesa com bens não alimentícios, é consequência de os setores agrícolas estarem fortemente ligados aos setores de produção de alimentos, além é claro do fato de alguns destes produtos agrícolas poderem ser consumidos diretamente como alimentos. A consequência disso é que os preços relativos dos alimentos sobem mais do que o preço dos bens não alimentícios, resultando numa queda maior do consumo dos alimentos<sup>66</sup>. Ainda sobre a Tabela 27, nota-se que tanto a renda do trabalho, quanto a renda do capital também caem mais do que a produção, sendo que tal queda é proporcionada por uma queda nos seus preços (salário e taxa de retorno do capital), uma vez que a quantidade de capital é fixa entre os setores e no total da economia, enquanto a demanda por trabalho, ainda que varie intersetorialmente, também tem um total fixo, visto que a oferta de trabalho é fixa e a demanda por trabalho é inelástica, com todo o peso do ajuste recaindo sobre o salário. Vale dizer que o trabalho no modelo foi considerado homogêneo, de modo que existe apenas um salário que equilibra o mercado de trabalho.

Já nas suas últimas linhas, a Tabela 27 traz os resultados que dizem respeito a demanda total por água bruta. Com relação a mesma, inicialmente pode parecer surpreendente que as reduções tenham sido menores do que aquelas implementadas pelas simulações, mas sobre isto é preciso lembrar que a demanda por água bruta pelos setores agrícolas representa cerca de 60% do total deste tipo de água no modelo, sendo o restante usado pelo setor AE. Assim, dado que os cenários de redução foram implementados apenas sobre a água demandada pelos setores agrícolas, justifica-se esta queda na demanda por água bruta inferior ao proposto nas

---

<sup>66</sup> A Tabela 32 traz a variação percentual dos preços dos alimentos.

simulações. Quanto a demanda total por água bruta e encanada, esta cai ainda menos que a demanda por água bruta, uma vez que os todos os setores demandam água encanada de acordo com coeficientes fixos, e a quantidade produzida por setor só sofre quedas substanciais entre os setores agrícolas, conforme será ressaltado adiante. Por fim, a Tabela 27 traz uma última informação interessante quanto ao repasse dos recursos obtidos com a tarifa sobre a água bruta (cerca de R\$ 583 milhões<sup>67</sup>), qual seja, que os resultados para todas as variáveis presentes na tabela não variam de forma substancial com o destino dos referidos recursos. Não obstante, o cenário S\_30\_HH implicar melhores resultados (no sentido de menores reduções) no que diz respeito às variáveis de consumo (despesa com alimentos e com não-alimentos), enquanto o cenário S\_30\_SUB se mostra superior no que tange as variáveis de renda do trabalho e do capital, o que indica que a receita obtida com a tarifação da água bruta repassada para o setor AE mostra-se superior ao repasse direto às famílias devido ao maior aumento da renda da família propiciada por um aumento na demanda por trabalho por parte do setor AE.

Tabela 27 - Resultados das simulações sobre as principais variáveis agregadas. Valores em R\$ 1.000.000, m<sup>3</sup> 1.000.000 e em percentual.

Cenários	BAU	S_10	S_20	S_30	S_30_SUB	S_30_HH
Variáveis	Nível	Variação %				
Produção Total <sup>68</sup>	4719901	-0,111	-0,235	-0,385	-0,381	-0,386
Despesa Total com Alimentos	1480045	-0,743	-1,633	-2,705	-2,691	-2,682
Despesa Total com Não-Alimentos	230484	-0,338	-0,745	-1,241	-1,234	-1,230
Renda Total do Trabalho	1114095	-0,679	-1,504	-2,498	-2,485	-2,499
Renda Total do Capital	1336268	-0,755	-1,649	-2,728	-2,714	-2,731
Demanda por Água Bruta	32819	-6,143	-12,288	-18,441	-18,416	-18,438

Fonte: Elaboração própria.

De maneira não surpreendente, os setores que mais sofrem com os cenários de redução da demanda por água bruta, são justamente os setores agrícolas. Para explicitar este fato a Tabela 28 traz o nível base da produção de cada um dos cinco setores agrícolas considerados no modelo, bem como a variação percentual desta produção em face dos cenários de redução de demanda pela água. A primeira informação que chama à atenção na Tabela 28 é que a queda na produção varia substancialmente entre os setores. Por exemplo, sob o cenário S\_30, a

<sup>67</sup> Ver Tabela 30.

<sup>68</sup> Nesta tabela e nas tabelas subsequentes entende-se por produção a produção real a preços básicos nacional, líquida de impostos.

produção dos demais produtos agrícolas (“resto”) chega a cair em torno de 5%, enquanto a produção de hortaliças cai apenas 1,07%, enquanto para os demais setores a queda na produção fica entre estes dois extremos, por volta de cerca de 2% a 3%. No entanto, estas diferenças estão relacionadas a quantidade inicial de água utilizada por cada setor, mas não de forma determinística. (Ver Quadro 6, que traz o consumo inicial de água bruta entre os setores agrícolas e o seu coeficiente de consumo, medido como o total de água bruta pelo valor da produção). Por um lado, o setor “resto” de fato tem o segundo menor coeficiente de consumo, enquanto o setor produtor de cana, que tem o maior coeficiente, é o segundo em termos de redução da produção. Mas, por outro lado, o setor de hortaliças tem o menor coeficiente e apresenta a menor redução da produção. Na verdade, a capacidade destes setores de substituir a água pelos demais fatores de produção (terra, trabalho e consumo intermediário) é um fator importante na determinação do quanto a produção de cada um irá se reduzir. Desta feita, o fato do setor de “resto” encarar as maiores perdas em termos de produção, indica que tal setor não consegue substituir a água com a mesma facilidade que setores, como por exemplo, o da cana, que consegue portanto não reduzir tanto a sua produção, mesmo apresentando inicialmente um coeficiente inicial de consumo de água bem superior ao do setor “resto”. Isto pode ser considerado como um indicativo de um uso não eficiente da água por parte do setor produtor de cana.

Outra evidência interessante trazida pela Tabela 28 é que a produção dos setores agrícolas basicamente independe do destino dos recursos obtidos com a tarifa sobre a água, fato que ajuda a explicar a também insensibilidade da produção a este aspecto conforme verificado pela Tabela 27. A razão para esta insensibilidade por parte dos setores agrícolas é consequência de dois fatos: primeiro a redução do uso da água bruta afeta a produção agrícola diretamente, e uma vez que o estoque de capital setorial no modelo é fixo, os setores agrícolas, no geral têm pouca margem de manobra para impedir uma redução maior de suas produções. Segundo, o repasse dos recursos no caso dos cenários S\_30\_SUB e S\_30\_HH tem potencial para estimular a produção de *commodities* agrícolas, mas apenas indiretamente através de um possível aumento da demanda por estas *commodities*. Além do mais o total repassado, seja para a família, seja para o setor Água & Esgoto, parece não ser o suficiente para gerar um estímulo substancial. Não obstante, conforme esperado o repasse para as famílias reduz mais o efeito negativo sobre a produção agrícola, mesmo que por pouco, em relação ao repasse na forma de um subsídio ao setor Água & Esgoto, uma vez que as famílias consomem diretamente mais produtos agrícolas e alimentares do que o setor de Água & Esgoto.

Tabela 28: Resultados das simulações sobre a produção agrícola. Valores em R\$ 1.000.000 e em percentual.

<b>Cenários</b>	<b>BAU</b>	<b>S_10</b>	<b>S_20</b>	<b>S_30</b>	<b>S_30_SUB</b>	<b>S_30_HH</b>
Produtos	Nível	Variação %	Variação %	Variação %	Variação %	Variação %
Cereais	59070	-1,036	-2,144	-3,368	-3,364	-3,364
Resto	16004	-2,175	-4,023	-5,756	-5,752	-5,752
Cana	19083	-0,441	-0,944	-1,542	-1,543	-1,543
Hortaliças	39152	-0,332	-0,684	-1,080	-1,080	-1,077
Frutas	5505	-0,987	-2,119	-3,407	-3,400	-3,395
Total	138812	-0,885	-1,783	-2,749	-2,746	-2,745

Fonte: Elaboração própria.

<b>Produtos</b>	<b>Demanda por Água Bruta</b>	<b>Coefficiente de Consumo de Água Bruta</b>
Cereais	5344	0,090
Resto	798	0,050
Cana	11749	0,616
Hortaliças	881	0,023
Frutas	1309	0,238
Total	20083	0,236

Quadro 6 – Demanda inicial por água bruta e coeficiente de consumo. Valores em m<sup>3</sup> 1.000.000 e em m<sup>3</sup>/R\$.

Fonte: Elaboração própria.

As suspeitas de que o total arrecadado com a tarifa sobre a água bruta usada na agricultura, para conseguir as reduções nas demandas deste insumo desejadas em cada cenário, é insuficiente para sobrepujar os efeitos negativos destas reduções são corroboradas pelos resultados apresentados nas Tabelas 29 e 30. Em primeiro lugar, a Tabela 29 mostra que para conseguir as reduções no consumo de água bruta desejados as tarifas necessárias são pouco expressivas. Por exemplo, a maior tarifa necessária para obter uma redução de 30% no consumo da água foi de R\$/m<sup>3</sup> 0,691 para o setor produtor de demais produtos agrícolas. Com outras palavras a demanda por água bruta pelos setores agrícolas se mostrou bastante sensível a cobranças por este insumo. Como consequência destas baixas tarifas, a arrecadação com elas também foi pequena, conforme denotam os resultados dispostos na Tabela 30. Nesta mostra-se que, por exemplo, sob o cenário S\_30 a arrecadação total foi de apenas de cerca de R\$ 583 milhões um valor não tão grande em relação ao total de impostos pagos pelo setor AE no cenário base de cerca de R\$ 16 bilhões, e menor ainda em relação ao consumo total inicial das famílias de cerca de R\$ 1,71 trilhões, de modo que como mencionado anteriormente foi incapaz de resultar em diferenças substanciais sobre as principais variáveis de análise. A última linha da Tabela 29 traz a soma das tarifas em cada cenário, ponderada pelo percentual original no valor

da produção de cada uma das culturas, conforme apresentado na Tabela 28. Estas tarifas, uma vez que foram calculadas endogenamente com base na imposição de restrições no uso da água bruta pelos setores agrícolas, pode ser vista como uma espécie de Disposição a Pagar (DAP) de cada um dos subsetores agrícolas por esta água, e podem servir de base para definições de valores de cobrança voltados a induzir uma redução na demanda por água no setor agrícola como um todo. Ao mesmo tempo o uso do valor ponderado pode ser testado usando a mesma plataforma de maneira inversa de forma a verificar a redução de demanda resultante da implantação de uma tal tarifa ao setor agrícola. Deve-se ressaltar (ver Tabela 29) que as tarifas para todos os setores, bem como as tarifas resultantes da soma ponderada obtidas no modelo, se apresentaram maiores que os valores atualmente praticados pelo Brasil (0,0004 R\$/m<sup>3</sup> na Bacia do São Francisco). A plataforma pode ser utilizada facilmente para mensurar os efeitos sobre o setor agrícola de tais tarifas atualmente estabelecidas.

Outro resultado que poderia ser obtido na modelagem e que deve modificar estes resultados de tarifas no setor agrícola são reduções de demanda exógenas aplicados não só no setor agrícola, mas também no setor AE.

Tabela 29: Tarifa sobre a demanda por água bruta dos setores agrícolas. Valores em R\$/m<sup>3</sup>.

Cenários	S_10	S_20	S_30	S_30_SUB	S_30_HH
Produtos	RWP	RWP	RWP	RWP	RWP
Cereais	0,005	0,013	0,023	0,023	0,023
Resto	0,127	0,343	0,691	0,691	0,691
Cana	0,002	0,004	0,008	0,008	0,008
Hortaliças	0,009	0,021	0,038	0,038	0,038
Frutas	0,006	0,015	0,026	0,026	0,026
Soma ponderada pelo valor da produção	0,020	0,052	0,102	0,102	0,102

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 30: Arrecadação com o imposto sobre o uso da água bruta pelos setores agrícolas. Valores em R\$ 1.000.000.

Cenários	S_10	S_20	S_30	S_30_SUB	S_30_HH
Produtos	TXW	TXW	TXW	TXW	TXW
Cereais	25,152	53,691	86,121	86,097	86,159
Resto	91,112	218,853	386,100	386,366	386,159
Cana	18,200	39,113	63,580	63,614	63,583
Hortaliças	7,077	14,879	23,574	23,574	23,575
Frutas	7,590	15,424	23,993	23,997	24,046
Total	149,129	341,960	583,368	583,647	583,521

Fonte: Elaboração própria.

Outro setor que vale a pena ser investigado em maior detalhe é o setor de Água & Esgoto. Primeiro porque também demanda água bruta, segundo porque sob o cenário

S\_30\_SUB é alvo do repasse da arrecadação da tarifa sobre a água bruta agrícola e por fim, e mais importante, pelo fato do acesso a água encanada e saneamento básico serem componentes do índice multidimensional de pobreza (MPI), cujas variações frente aos cenários simulados serão avaliados através da plataforma integrada. Os resultados das simulações para as principais variáveis do setor de AE estão relacionados na Tabela 31. O que primeiro chama a atenção nestes resultados é que para todos os cenários, exceto S\_30\_SUB, há uma redução na produção do setor, sendo que as maiores reduções, obviamente, ocorrem sob os cenários S\_30 (0,11%) e S\_30\_HH (0,10%). O padrão de decréscimo da produção entre os cenários é o mesmo vivenciado pela demanda por trabalho e pela demanda por água, MBOS CAINDO mais do que proporcionalmente em relação à produção. A origem por trás desta queda na produção do setor de Água & Esgoto reside na queda da produção agrícola que tem sem efeito repassado para os demais setores da economia, inclusive Água & Esgoto, uma vez que a água bruta deste último não compete com a água bruta usada pela agricultura. Ou seja, ao se reduzir a água bruta usada pela agricultura nas simulações, tal montante de água bruta não foi repassado para o setor de de Água & Esgoto, pois o objetivo dos cenários era justamente simular uma redução na demanda por água bruta e não uma realocação da mesma. Por outro lado, a produção de água e esgoto sob o cenário S\_30\_SUB aumenta em 0,10%, fruto do subsídio de R\$ 583 milhões repassados para o setor, sendo este aumento resulta em menor redução da demanda por trabalho e água bruta em relação a outros cenários com redução da disponibilidade hídrica agrícola, bem como um aumento no uso do insumo consumo intermediário.

Tabela 31: Resultados das simulações sobre as principais variáveis do setor Água & Esgoto. Valores em R\$ 1.000.000 e em percentual.

Cenários	BAU	S_10	S_20	S_30	S_30_SUB	S_30_HH
Produtos	Nível	Variação %				
Produção	151908	-0,030	-0,064	-0,110	0,100	-0,102
Demanda por Trabalho	18522	-0,123	-0,256	-0,215	-0,194	-0,413
Consumo Intermediário	69476957	-0,032	-0,071	-0,125	0,271	-0,113
Demanda por Água Bruta	12736	-0,062	-0,128	-0,215	-0,151	-0,208

Fonte: Elaboração própria.

Com os principais setores do lado da oferta tendo sido analisados é vez de voltar as atenções sobre o comportamento da demanda no geral e em especial o comportamento da demanda por alimentos. A Tabela 32 traz o comportamento da demanda frente a todos os cenários simulados. De maneira geral, o que se percebe é uma redução da despesa total e do consumo total de alimentos, acompanhado de um aumento geral dos preços dos mesmos, quanto

maior é a redução no consumo de água bruta por parte da agricultura. Em especial, vale notar que o consumo total de alimentos, medido em termos reais, cai mais do que a despesa total com os mesmos, haja vista que conforme as estimações dos modelos Working-Leser e LA-AIDS<sup>69</sup> a demanda pelo total de alimentos é decrescente com relação aos preços e a despesa total. Como era esperado, o repasse dos recursos com a tarifa sobre a água para as famílias amenizaram um pouco os efeitos negativos da implementação de tal tarifa, mas nem de longe reverteram estes impactos negativos em positivos, pois como já vimos os recursos repassados foram relativamente pequenos.

Tabela 32: Variação percentual das principais variáveis ligadas ao sistema de demanda.

Cenários	S_10	S_20	S_30	S_30_SUB	S_30_HH
Variáveis	Variação %				
Despesa Total com Alimentos	-0,338	-0,745	-1,241	-1,234	-1,230
Consumo Total de Alimentos	-0,432	-0,922	-1,482	-1,476	-1,475
Índice de Preços dos Alimentos	0,095	0,182	0,253	0,254	0,256
Preço de AL 1	0,581	1,248	2,013	2,020	2,021
Preço de AL 2	0,185	0,384	0,596	0,598	0,600
Preço de AL 3	0,129	0,241	0,334	0,333	0,336
Preço de AL 4	0,142	0,279	0,408	0,408	0,411
Preço de AL 5	0,041	0,055	0,036	0,036	0,038
Preço de AL 6	-0,249	-0,575	-0,994	-0,994	-0,992
Preço de AL 7	2,204	4,898	8,140	8,152	8,140
Preço de AL 8	0,073	0,122	0,140	0,140	0,142
Preço de AL 9	0,130	0,247	0,347	0,345	0,348
Preço de AL 10	-0,307	-0,679	-1,157	-1,157	-1,155

Fonte: Elaboração própria.

No que tange às variações de preços entre os alimentos quatro deles merecem destaque por apresentarem comportamentos mais atípicos, são eles os preços dos alimentos: AL 1 (açúcares), AL 6 (trigo), AL 7 (frutas), e AL 10 (temporárias)<sup>70</sup>. Quanto aos preços de AL 6 e AL 10 eles se mostram, de maneira geral decrescentes quanto maior a redução no uso da água na agricultura. Por outro lado, o preço das frutas foi o que mais subiu entre os cenários, posto que as mesmas são produzidas diretamente pelo setor agrícola “Frutas”, que conforme já mencionado quando da Tabela 29, foi o setor que apresentou a maior tarifação sobre o uso da água bruta. Por fim, o preço do grupo de alimentos “Açúcares” (AL 1) também sofreu forte

<sup>69</sup> Ver o capítulo três para mais informações sobre estas estimações.

<sup>70</sup> Para uma descrição completa de quais alimentos fazem parte de cada um dos dez grupos analisados ver o Quadro 3 na seção 3.4.

umento, uma vez que está muito ligada a um setor agrícola em especial, o setor da Cana-de-Açúcar.

## 7 A PLATAFORMA INTEGRADA

### 7.1 Introdução

De posse do índice multidimensional de pobreza (MPI), do modelo de demanda por alimentos (Working-Leser & LA-AIDS), dos modelos logit para o número de domicílios com água encanada e esgotamento sanitário e do modelo de equilíbrio geral computável (MEGC) parte-se agora para a construção de uma plataforma que conecte cada um destes elementos, até então descritos separadamente<sup>71</sup>.

A Figura 16 traz um diagrama ilustrativo de como se conectam estes modelos de forma a constituírem uma plataforma integrada, cujo objetivo final é a partir de simulações de diferentes políticas de gestão de águas gerar novos índices de pobreza para o Brasil e seus estados. Nesta figura os blocos em preto denotam os modelos usados, enquanto os blocos em branco denotam os resultados de cada modelo usados na etapa seguinte. O ponto inicial é a simulação, os cenários S\_10, S\_20, S\_30, S\_30\_SUB e S\_30\_HH, explicados no capítulo anterior<sup>72</sup>, no MEGC. Dos diversos resultados gerados pelo MEGC, a variação percentual do consumo total das famílias ( $CT_{HH}$ ) e do índice de preços dos alimentos ( $P_F$ ) é passada adiante para o modelo Working-Leser, enquanto que a variação percentual nos preços de cada um dos dez grupos alimentícios é passada diretamente para o modelo LA-AIDS<sup>73</sup>. No passo seguinte o modelo Working-Leser produz novas proporções de despesa total com alimentos com relação a despesa total e, por conseguinte, novas despesas totais com alimentos ( $CT_{HH,F}$ ), mas não apenas para a família representativa como faz o MEGC, mas para cada uma das famílias representadas na Pesquisa de Orçamento Familiar (POF)<sup>74</sup>. Em seguida, o vetor de despesa total de alimentos das famílias da POF é atualizado de acordo com os resultados do modelo Working-Leser, bem como os vetores de preços de alimentos são atualizados de acordo com os resultados

<sup>71</sup> As estimações das funções de produção dos setores agrícolas e do setor Água & Esgoto serviram apenas como subsídio para um MEGC menos *ad hoc* e, portanto, não são consideradas como “elos” da plataforma integrada em si.

<sup>72</sup> Para um resumo sobre cada um deste cenários ver o Quadro 5.

<sup>73</sup> Para uma descrição completa dos modelos Working-Leser e LA-AIDS consulte o capítulo três.

<sup>74</sup> Para tornar a visualização mais simples foram usadas na Figura 16 as mesmas notações usadas no MEGC, mas todos os resultados dos modelos Working-Leser, LA-AIDS e Logit são em termos das famílias da POF e não termos da família representativa.

do MEGC, o que permite ao LA-AIDS recalculer o consumo alimentício das famílias na POF. E com base no novo consumo alimentício usa-se a mesma regra para definição dos domicílios privados no subcomponente nutrição, quando da construção original do MPI, qual seja a de que domicílios com consumo calórico *per capita* abaixo de 1000 Kcal são considerados privados. O novo número de domicílios “desnutridos” pode ser então utilizado para recalculer as medidas de pobreza associadas ao MPI.

Paralelamente a cadeia de eventos envolvendo o consumo alimentar, as variações percentuais das demandas por trabalho ( $L_{ae}^d$ ), do consumo intermediário ( $CI_{ae}^d$ ) e água bruta ( $WT_{ae}^d$ ) geradas pelo MEGC para o setor Água & Esgoto são usadas para atualizar os vetores de insumo da função de produção *translog ray*, que por seu turno recalcula o número de domicílios no Brasil com água encanada e o número de domicílios ligados a rede de esgoto. Com outras palavras, os novos vetores de insumos gerados pelo MEGC para o setor AE são usados na função de produção *translog ray* para calcular novos valores de domicílios com acesso a água e esgoto. Contudo, o modelo *translog ray* fornece apenas o aumento (ou redução) no número de domicílios com água e/ou esgoto a partir da base do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS), e não a partir dos domicílios da POF<sup>75</sup>. Para identificar então quais domicílios da POF recebem a ligação de água e/ou esgoto foi preciso estimar dois modelos *logit* ainda não mencionados. Este modelos utilizam como variáveis independentes as características dos domicílios, como se o domicílio tem energia elétrica, a região em que o domicílio se localiza no Brasil, o número de moradores, se o domicílio tem banheiro, entre diversas outras características, para determinar as probabilidades de cada domicílio ter água encanada e acesso a esgotamento sanitário. Baseados então nestas probabilidades estimadas por estes dois modelos *logit*, foram construídas duas filas, uma para água encanada e outra para o acesso a esgotamento sanitário, de maneira que o aumento, ou redução, no número de domicílios com acesso a água encanada (esgotamento sanitário) simulado pelo modelo *translog ray* é alocado entre os domicílios da POF de acordo com estas duas filas<sup>76</sup>.

Na última etapa, os resultados simulados, tanto no que dizem respeito a nutrição da família quanto ao acesso a água encanada e esgotamento sanitário, são utilizados para recalculer as três medidas de pobreza consideradas nesta tese, a proporção de pobres na população total (medida H), a privação média entre os pobres (medida A) e o MPI em si, que nada mais é do

---

<sup>75</sup> Para uma descrição completa do modelo *translog ray* consulte o capítulo cinco.

<sup>76</sup> As especificações completas, bem como os resultados base destes dois modelos *logit* podem ser encontrados no Apêndice C.

que um produto das duas medidas anteriores, tanto para o Brasil como um todo como, quanto desagregado por cada uma das suas 27 unidades federativas (UFs)<sup>77</sup>.

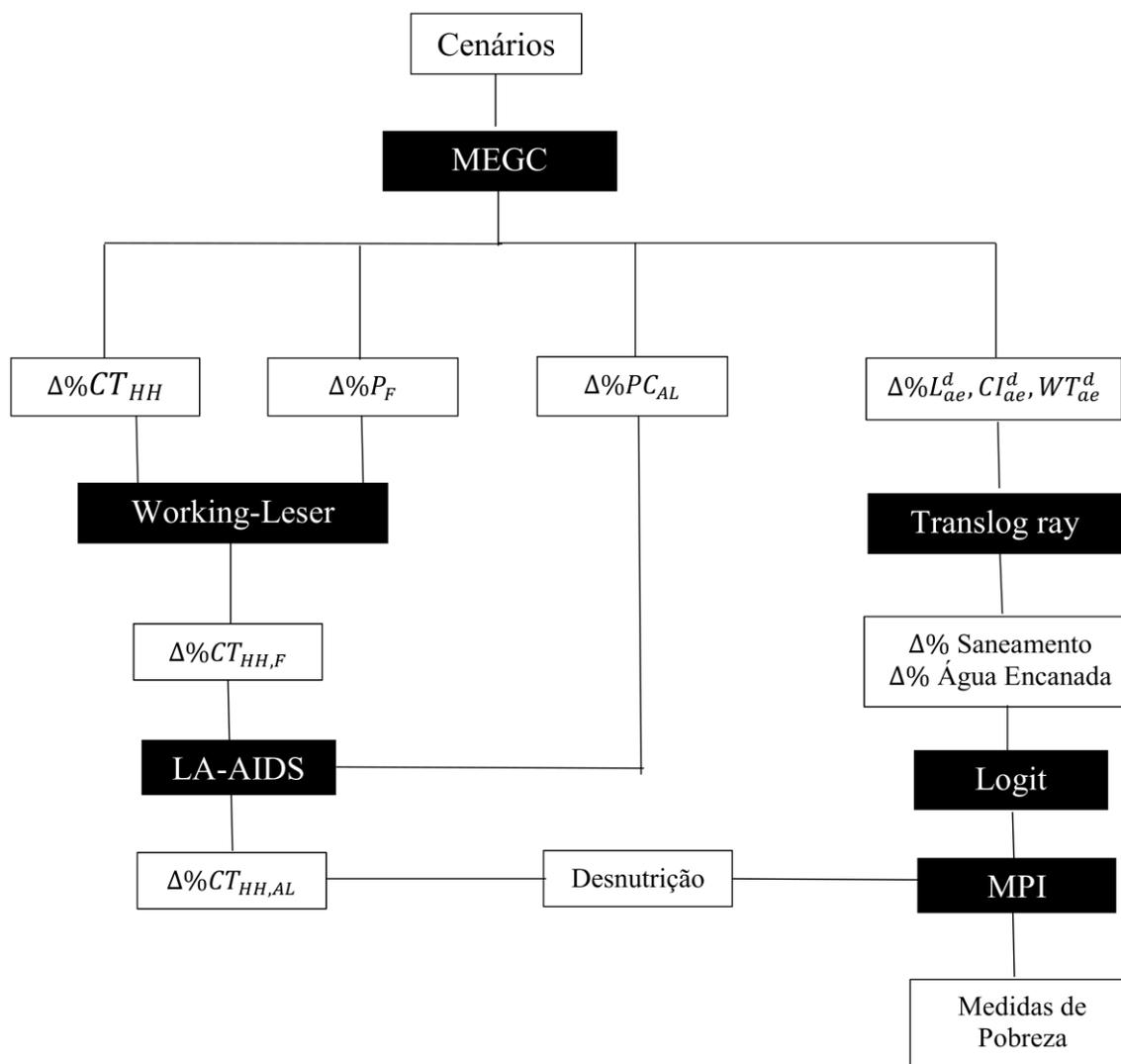


Figura 16: O funcionamento da plataforma integrada.

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, observe que os resultados do MEGC que alimentam o modelo Working-Leser e o LA-AIDS encontram-se nas Tabela 27 e 32, enquanto os que alimentam o modelo *translog ray* encontram-se na Tabela 31, ambas no capítulo anterior.

## 7.2 Resultados da plataforma integrada

### 7.2.1 Resultados gerais sobre a pobreza

<sup>77</sup> Para uma descrição detalhada de cada uma destas medidas e de suas propriedades consulte o capítulo três.

Uma vez que os resultados do MEGC para os cenários simulados já foram analisados no capítulo anterior, e cada um dos modelos integrantes da plataforma integrada foi descrito e analisado também em capítulos anteriores, as próximas seções dedicam-se exclusivamente a analisar como os cenários simulados alteraram as medidas de pobreza para o Brasil e suas UFs.

Mas antes de fazer uma análise desagregada por UF, convém analisar quais foram os resultados gerais dos cenários para a pobreza no Brasil. Para tanto a Tabela 33 traz os valores das três medidas de pobreza para o Brasil calculadas com base no cenário base (BAU) e em cada uma das simulações, além dos seus intervalos de confiança. E como pode ser visto através desta tabela, a pobreza no Brasil cresce quanto mais restritiva é a política de redução do consumo da água bruta por parte dos setores agrícolas. Por exemplo, enquanto sob o cenário BAU a proporção de pobres é de 14,73%, sob o cenário S\_30 este valor passa para 15,69%, uma variação percentual implica um aumento no número de pobres de mais de 4,53%, o que apesar de pouco, não é desprezível, sobretudo se considerarmos o valor absoluto, ou seja o número dos que passariam a ser pobres, que tomando uma população base de 200 milhões seriam mais de nove milhões de pessoas. Quanto ao MPI, este de 6,23% sob BAU, para 6,61% sob S\_30, uma variação percentual de 4,19%, o que implicaria em cerca de oito milhões de pessoas a mais entre os pobres. Não obstante a importância destes valores, é preciso notar que quase todos os valores médios, de todas as medidas, para todos os cenários, encontram-se dentro do intervalo de confiança original de *bootstrap* de 90% calculado para o cenário base. Ou seja, estatisticamente falando, nenhum destes aumentos é significativamente diferente de zero. As exceções ficam por conta da medida H para os cenários S\_30, S\_30\_SUB e S\_30\_HH, todas estatisticamente maiores do que no cenário base ao nível de confiança de 90%. Mas ao nível de confiança de 95% todas as medidas seriam estatisticamente iguais as medidas no cenário base (BAU).

Outra observação que pode ser feita através da Tabela 33 corrobora observações feitas quando dos resultados preliminares dos cenários simulados no MEGC, tais observações concernem a indiferença dos resultados das simulações com relação ao destino do repasse da arrecadação da tarifa sobre a água bruta usada pela agricultura. Nos três casos analisados, retenção dos recursos pelo governo, repasse ao setor Água & Esgoto e repasse às famílias, todas as medidas de pobreza para o Brasil bem como seus intervalos de confiança foram iguais até a primeira casa decimal. Em resumo o destino do repasse não afetou a pobreza média no Brasil.

Tabela 33: Medidas de pobreza para o Brasil em cada cenário. Em percentual.

Índices	BAU	S_10	S_20	S_30	S_30_SUB	S_30_HH
H	14,73 (14,31, 15,15)	15,01 (14,58, 15,43)	15,36 (14,93, 15,78)	15,69 (15,25, 16,12)	15,68 (15,25, 16,11)	15,68 (15,25, 16,11)
A	42,30 (41,95, 42,64)	42,25 (41,92, 42,59)	42,19 (41,85, 42,52)	42,11 (41,78, 42,44)	42,10 (41,77, 42,43)	42,12 (41,79, 42,25)
MPI	6,23 (6,01, 6,46)	6,34 (6,11, 6,57)	6,48 (6,25, 6,71)	6,61 (6,37, 6,84)	6,60 (6,37, 6,84)	6,60 (6,37, 6,84)

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

## 7.2.2 Resultados sobre a pobreza por UF

Nesta seção são analisados os impactos dos cinco cenários do Quadro 5 sobre a pobreza multidimensional entre os estados. Mais especificamente são analisadas as variações das três medidas de pobreza multidimensional, proporção de pobres (H), privação média entre os pobres (A) e o índice de pobreza multidimensional (MPI), para cada uma das unidades federativas do Brasil.

A Figura 17 mostra o quanto a proporção de pobres em cada UF aumentou em consequência de uma restrição hídrica de 10% para água bruta usada pela agricultura. Como pode ser visto através desta figura, os resultados variaram muito entre as UFs. Para os estados do Acre, Paraíba, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio Grande do Sul e Goiás as variações foram abaixo de 1%. Enquanto que para a maioria dos estados a proporção de pobres aumentou mais de 1,5%, com destaque para Amapá, Ceará, Sergipe e Bahia onde tal variação foi superior a 5%. Tudo isto puxado tanto por uma redução no consumo dos alimentos, quanto por uma queda da produção do setor Água & Esgoto, que por sua vez resultou em redução de domicílios com acesso a água e esgoto<sup>78</sup>. Ainda sobre a Figura 17, ainda que com várias exceções parece haver um padrão regional nas variações, com as regiões norte e nordeste com os estados com maiores aumentos na população pobre, seguidas da região sul, centro-oeste e sudeste. Contudo, para a Figura 17 e aquelas que a seguem valem um lembrete. Tais figuras representam a variação percentual nas medidas de pobreza e não o nível de pobreza em si. Assim, por exemplo, ainda que Sergipe na Figura 17 tenha apresentado um crescimento de H bem superior ao vivenciado pelo Acre, sob S\_10 a proporção de pobres no Acre foi de 42,18% e de 27,22% em Sergipe.

<sup>78</sup> Ver Tabelas 31 e 32 no capítulo anterior.

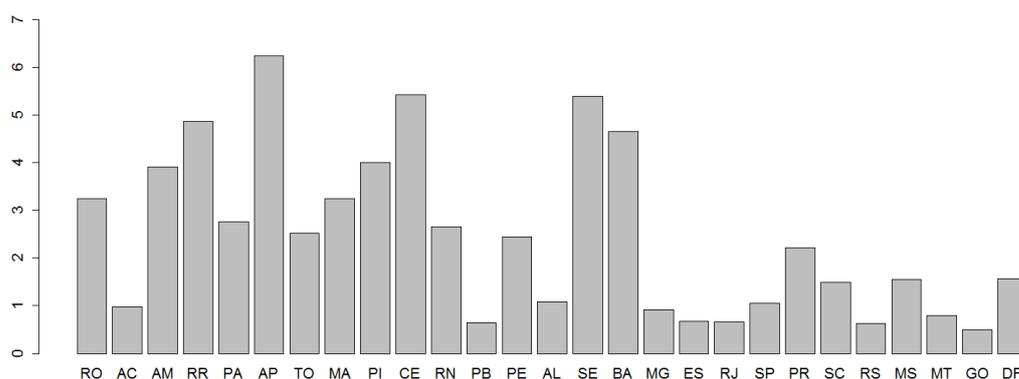


Figura 17: Variação percentual da proporção de pobres (H) por UF resultante da simulação S\_10.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

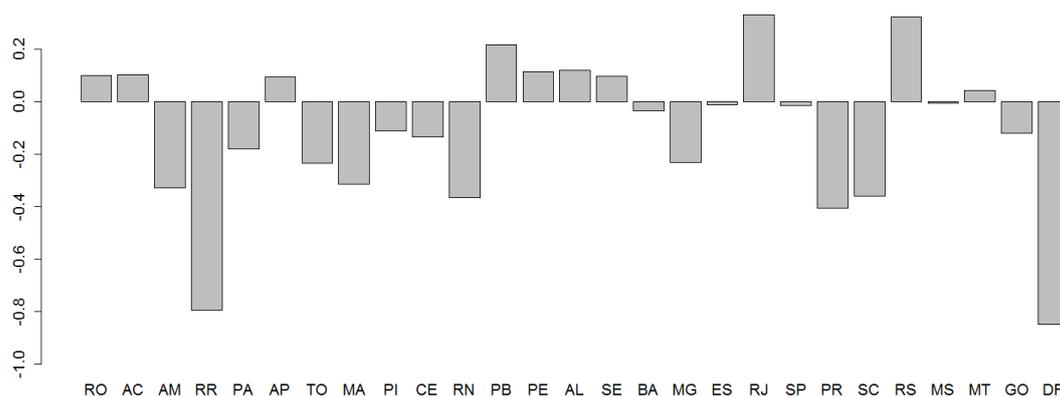


Figura 18 - Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S\_10.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

O desenho esboçado pela variação da privação média entre os pobres na Figura 18 é bem diferente, do esboçado pela Figura 17. Pois como pode ser visto na primeira a situação daqueles domicílios que já eram considerados pobres desde o início melhorou, mesmo que um pouco, em várias UFs. Por exemplo, a privação média dos pobres caiu mais de 0,5% em Roraima e no DF Paraná mais de 0,2% em vários estados, como Paraná e Tocantins. Tal melhora aparente parece ter sido consequência do fato da medida A ser de fato uma média. Assim, quando um domicílio que não era pobre passa a ser, ele pode agora estar privado em um número de privações abaixo da média de privações dos que já eram pobres antes da simulação, o que dada as características da média, puxa a média para baixo. Ademais, os baixos valores na Figura 18 em relação aos valores apresentados na Figura 17 mostram também que aqueles que

já eram pobres apresentaram pouca variação nas suas privações, em especial nos subcomponentes alvos deste trabalho, nutrição, acesso à água e acesso a esgoto.

O resultado final do cenário S\_10 sobre a pobreza multidimensional entre as UFs do Brasil é reportado na Figura 19, que traz a variação no índice de pobreza multidimensional propriamente dito, que nada mais é do que a multiplicação entre as duas medidas anteriores. Aqui o mesmo padrão regional verificado quando das variações da medida H voltou a ocorrer, com UFs do Norte e Nordeste apresentando os maiores crescimentos na pobreza, seguidas em ordem decrescente pelas UFs das regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste. Logo, tomando os resultados apresentados nas Figuras 17 a 19, os impactos negativos da redução no uso da água bruta por parte da agricultura em termos de aumento no número de domicílios privados nos componentes nutrição, acesso à água e acesso a esgoto superaram foram mais evidentes em regiões que inicialmente já apresentavam maiores índices de pobreza<sup>79</sup>.

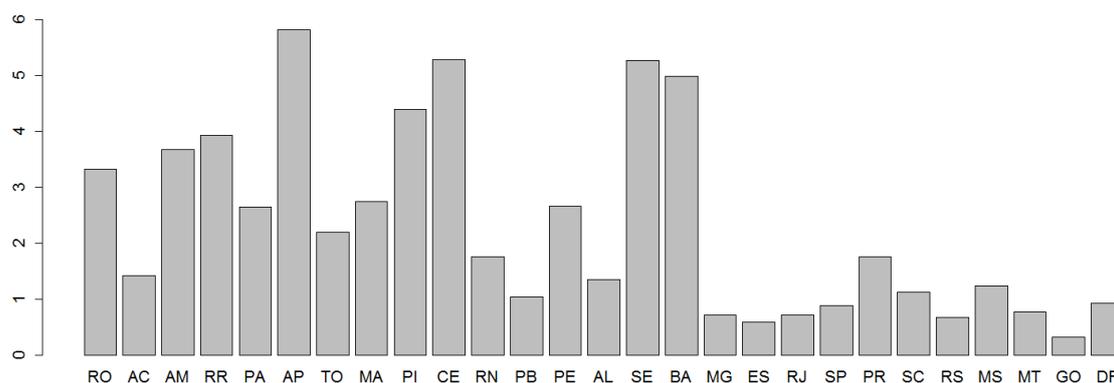


Figura 19 - Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S\_10.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

As Figuras 20 a 22 trazem os resultados para a pobreza multidimensional de cada UF resultantes do cenário S\_20. O que primeiro chama atenção acerca destas novas figuras é o aumento no número de UFs que passaram a apresentar crescimento da pobreza acima dos 5%, com algumas região vivenciando aumentos maiores do que 10% (Roraima e Amapá) seja medida por H, seja medida pelo MPI. Especificamente, apenas Paraíba e Alagoas, na região Nordeste, e as UFs nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste apresentaram crescimento da pobreza abaixo dos 5%. Sendo que nenhuma UF se mostrou completamente insensível ao

<sup>79</sup> Ver seção 2.3.

aumento da restrição hídrica de 10% para 20%, enquanto o Acre saltou de um acréscimo de H (ou MPI) menor do que 1% para um crescimento de H (MPI) maior do que 5%. Por outro lado, as UFs que mantiveram crescimentos da pobreza mais semelhantes entre os cenários S\_10 e S\_20, foram justamente as regiões menos pobres: Sul, Centro-Oeste e Sudeste.

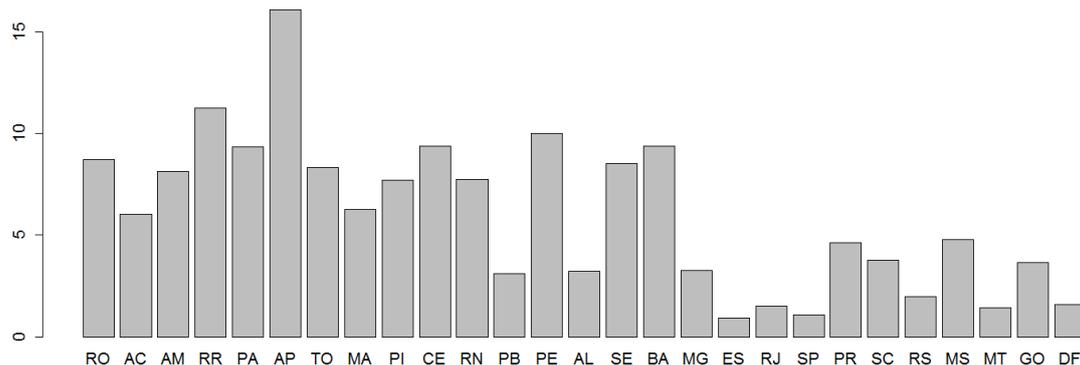


Figura 20 – Variação percentual do *head count ratio* (H) por UF resultante da simulação S\_20. Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

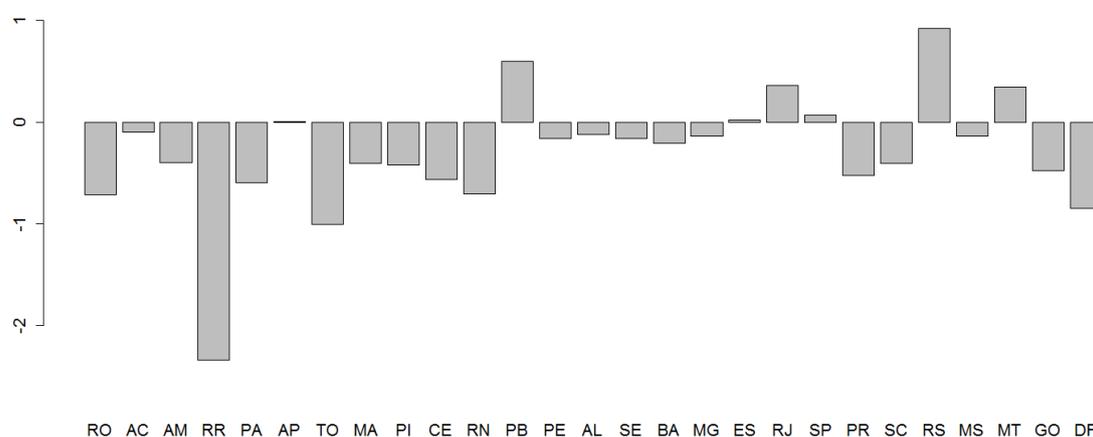


Figura 21 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S\_20. Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Outro ponto que chama a atenção sobre as Figuras 17 a 22, é que o quadro desenhado privação média entre os pobres sob o cenário S\_20, na Figura 21, não se mantém muito parecido aquela verificada sob o cenário S\_10, tanto qualitativamente, com várias reversões de sinal, como por exemplo, para Rondônia, Acre, Amapá, Alagoas e Sergipe. Quanto quantitativamente, com a maioria das privações médias caindo mais do que 0,5% e chegando a

cair mais de 2% para Roraima. Enquanto as UFs que continuaram vivenciando aumento na privação média, tiveram também um crescimento deste aumento, como foi o caso, por exemplo, do Mato Grosso do Sul.

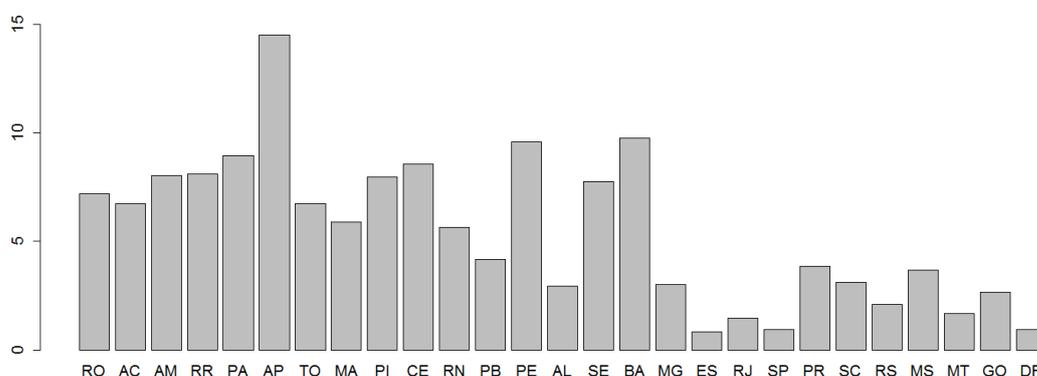


Figura 22 – Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S\_20.  
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

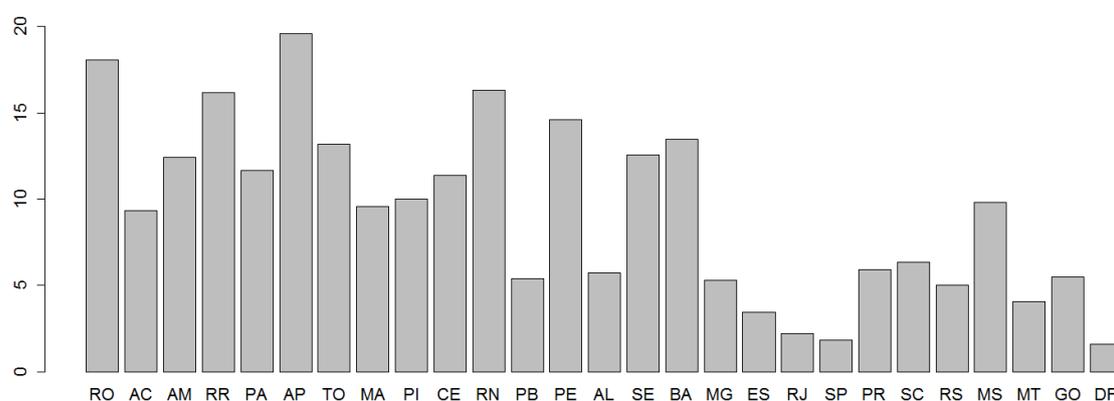


Figura 23 – Variação percentual do *head count ratio* (H) por UF resultante da simulação S\_30.  
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

A observação de que quanto maior a restrição hídrica maior o efeito do aumento dos preços dos alimentos da queda na produção do setor AE, se torna ainda mais evidente quando se analisam os resultados nas Figuras 23 a 25, que trazem as variações nas medidas de pobreza sob o cenário S\_30. Nestas figuras é possível notar que quando a redução no uso da água bruta por parte da agricultura chega a 30%, apenas cinco das 27 UFs não passam a apresentar um crescimento da pobreza acima de 5%, seja ela medida por H ou por MPI, são elas, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Mato Grosso e Distrito Federal. Em especial, Rondônia, Roraima, Amapá e Rio Grande do Norte apresentam um crescimento da pobreza acima dos

15%. Enquanto isso, o padrão regional da pobreza continua a existir. Enquanto isso, o DF pela primeira vez passa a apresentar um crescimento da pobreza por volta de 1%, ainda que a privação média entre os pobres na mesma UF também passa a apresentar pela primeira vez uma queda significativa de quase 1%. Já no que tange a privação média entre os pobres entre S\_20 e S\_30 o que mudou foi, basicamente a escala dos valores, com destaque para o fato de que Roraima sob S\_30 passou a apresentar uma privação média inferior a 1,5%, frente a uma superior a 2% sob S\_20.

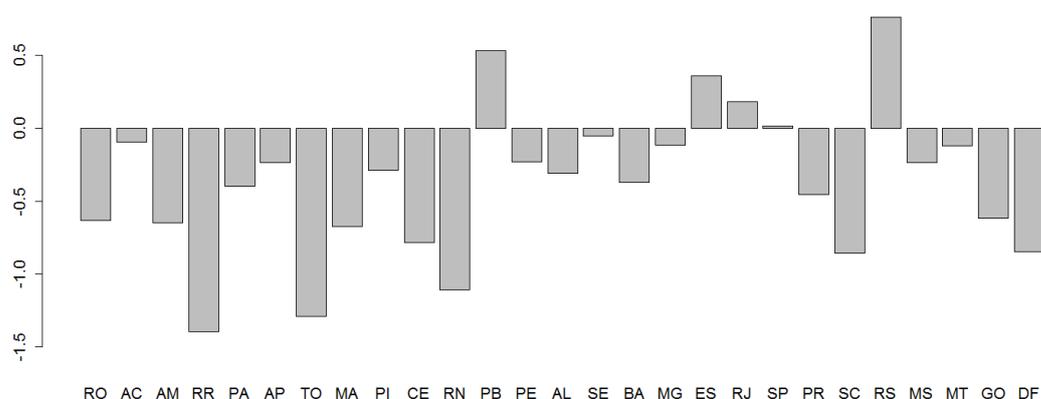


Figura 24 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S\_30.

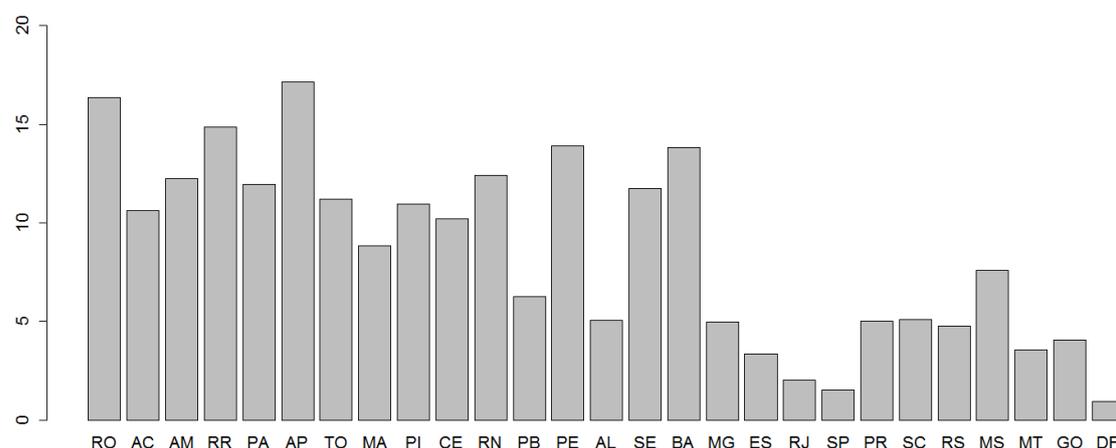


Figura 25 – Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S\_30.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Por fim, as Figuras 26 a 28 trazem as variações das medidas de pobreza multidimensional resultantes do cenário S\_30\_SUB, ou seja, considerando-se a mesma restrição hídrica de 30%, mas usando os recursos obtidos com a tarifa sobre a água bruta usada

pela agricultura para subsidiar o setor AE. Por outro lado, as Figuras 29 a 31 trazem as mesmas variações, supondo a mesma restrição de 30% sob o uso da água pela agricultura, mas supondo que os recursos obtidos com a tarifação são repassados diretamente para as famílias. Desta feita, o principal objetivo destes dois últimos grupos de figuras é permitir a comparação entre as diferentes formas de se utilizar os recursos obtidos com a tarifação da água bruta usada pela agricultura.

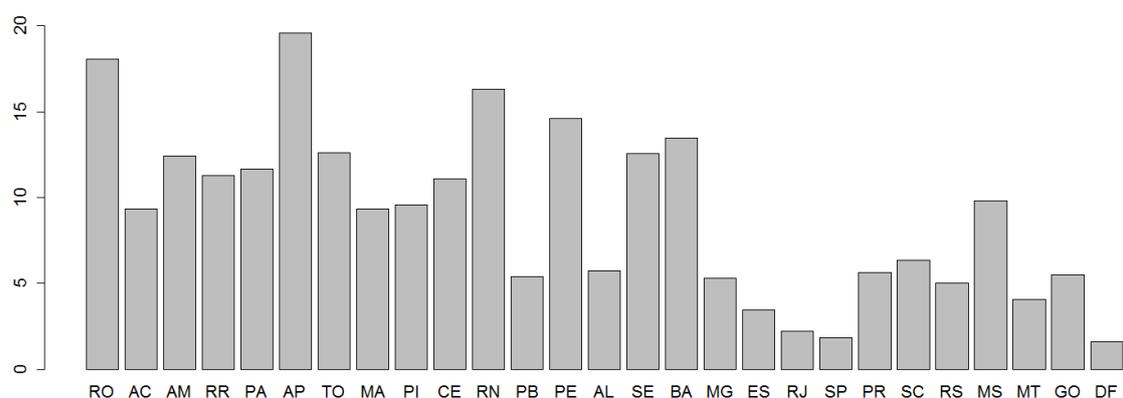


Figura 26 – Variação percentual do *head count ratio* (H) por UF resultante da simulação S\_30\_SUB.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

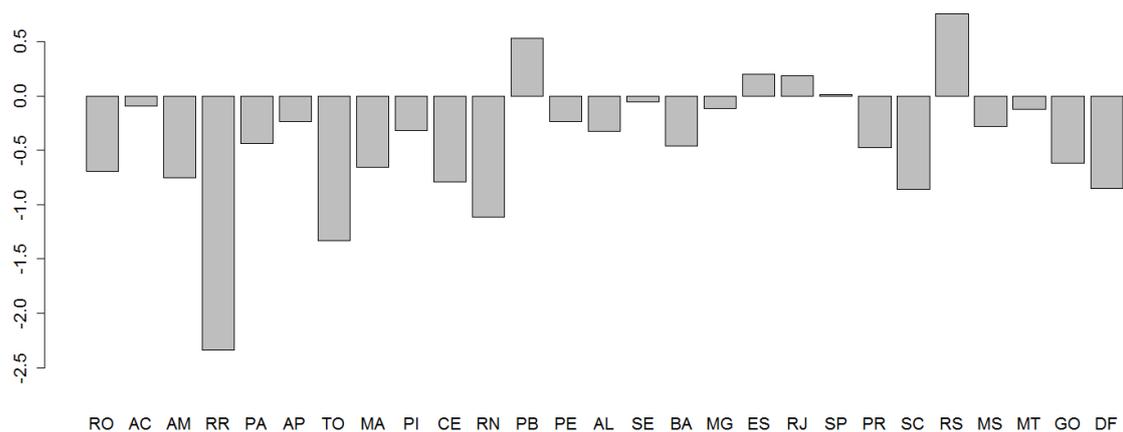


Figura 27 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S\_30\_SUB.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

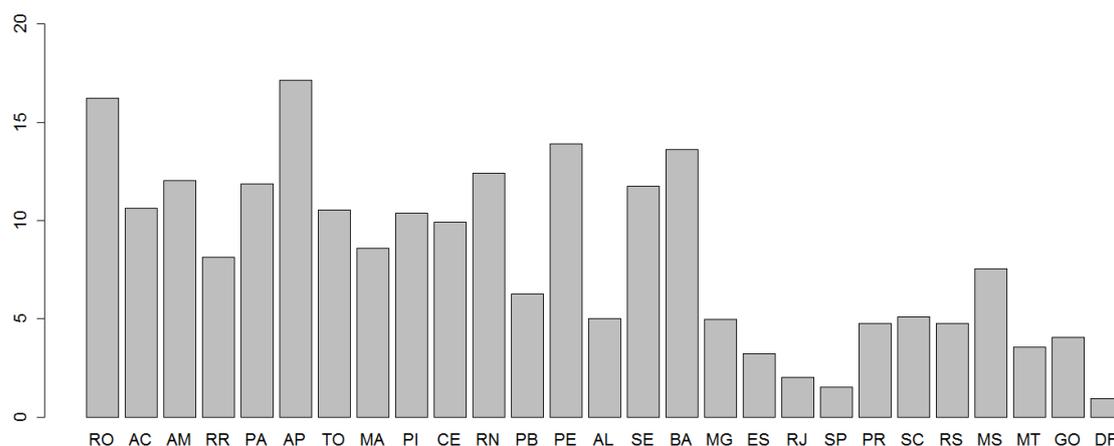


Figura 28 – Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S\_30\_SUB.  
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

No entanto, a comparação entre as Figuras 26 a 28 e as Figuras 29 a 31, mostram um quadro tão decepcionante para as UFs quanto o fora para o Brasil como um todo. No sentido em que, não apenas a medida de pobreza H e MPI são insensíveis a que instituição recebe o repasse, se são as famílias ou o setor AE, mas também o repasse em si não afeta a pobreza de forma significativa entre as UFs. O grande destaque no caso fica por conta no sucesso, ainda que tímido, do repasse dos recursos para o setor AE em reduzir a privação média entre as UFs com relação aos cenários S\_30 e S\_30\_HH, com destaque para o estado de Roraima.

Por fim, é importante ressaltar que nenhum estado, sob todos os cenários, nenhuma medida de pobreza (H, A ou MPI) apresentou variações percentuais de ordem sequer próximas aquelas apresentadas quando da Tabela 1. A razão disto é que na Tabela 1 foram simuladas eliminações das privações nas dimensões nutrição, água e saneamento, enquanto que os resultados deste capítulo foram construídos com base em uma simulação indireta de redução na disponibilidade hídrica para agricultura, conseqüentemente, o efeito dos cenários simulados no presente capítulo sobre as dimensões nutrição, água e saneamento, não apenas ficaram bem aquém das eliminações nas privações simuladas na Tabela 1, como os efeitos destes cenários entre os estados variaram basicamente de acordo com capacidade da demanda por alimentos e da oferta de água e esgoto de reagirem a mudanças nos preços dos alimentos e recebimento de novos recursos em forma de subsídio.

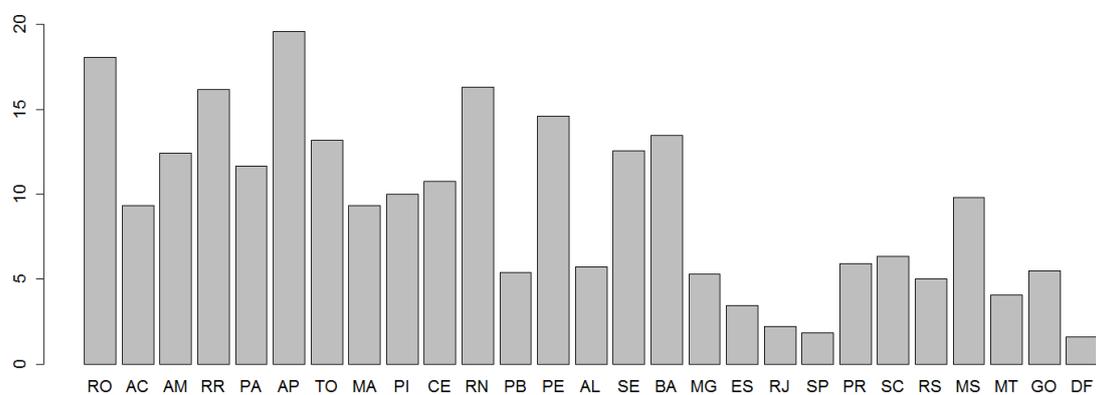


Figura 29 – Variação percentual do *head count ratio* (H) por UF resultante da simulação S\_30\_HH.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

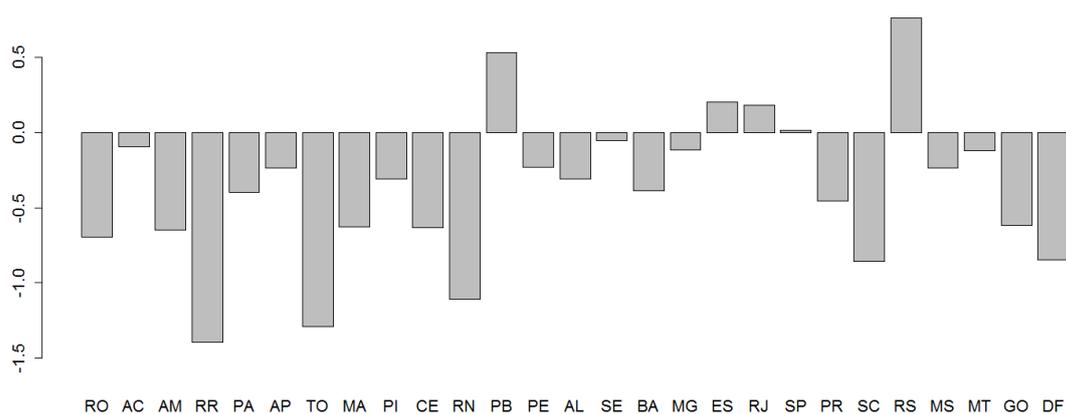


Figura 30 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por UF resultante da simulação S\_30\_HH.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

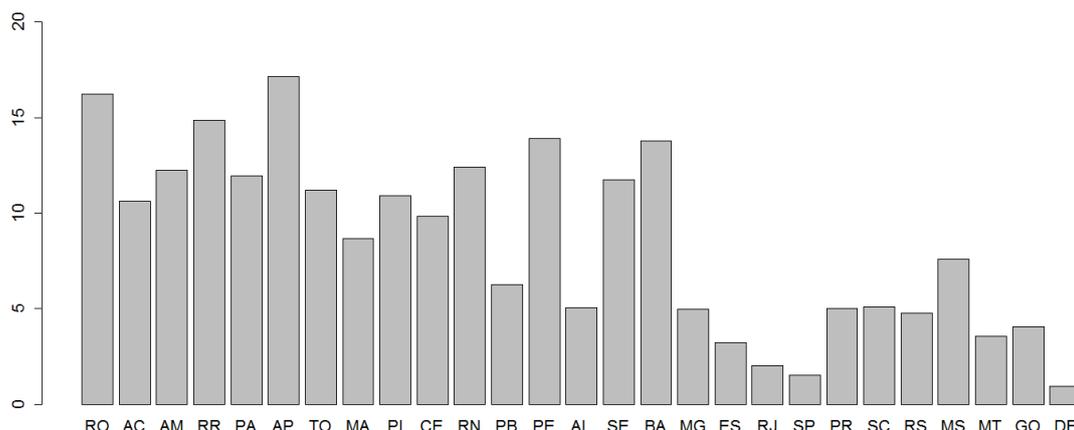


Figura 31 – Variação percentual do MPI por UF resultante da simulação S\_30\_HH.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

### 7.2.3 Resultados por estratos sociais

Como fora mencionado ainda no capítulo primeiro desta tese, optou-se pelo uso do MPI como métrica da pobreza como forma de contornar o reducionismo de métricas baseadas apenas na renda. Contudo, não se pode negar que medidas da pobreza baseadas na renda das famílias ainda são amplamente utilizadas, sobre tudo para informação dos agentes econômicos em geral, para os quais medidas como o MPI podem parecer excessivamente complexas, ao passo em que calcular a pobreza com base na renda para esses mesmo agentes parece intuitivo. Desta forma, com o objetivo de conciliar o melhor das duas abordagens no que diz respeito ao cômputo da pobreza, resolveu-se nesta subseção apresentar a variação do MPI (e dos seus constituintes) agrupando as famílias não mais em Unidades Federativas (UFs), mas em decis de renda.

Uma vez que nas seções anteriores todos os cenários reportados no Quadro 5 tiveram seus resultados analisados, na presente seção são analisados apenas dois daqueles cenários, a saber, o cenário S\_30 e o cenário S\_30\_SUB. O motivo para escolha destes dois cenários em particular foi que o cenário S\_30, foi aquele resultou em um maior aumento da pobreza multidimensional. Enquanto isso, o cenário S\_30\_SUB foi marginalmente mais bem sucedido em aliviar o impacto sobre a pobreza em relação ao cenário S\_30\_HH.

As Figuras 32 a 34 trazem a variação percentual da proporção de pobres (H), do índice multidimensional da pobreza (MPI) e da privação média entre os pobres (A) distribuída entre os decis de renda calculados usando os mesmos 44,070 domicílios da POF usados nas seções anteriores sob o cenário S\_30. A primeira observação que pode ser feita a respeito destes

resultados é um quadro geral decrescente da proporção de pobres e do MPI, ou seja, de maneira geral, domicílios situados em faixas de renda menores apresentaram um maior aumento da pobreza em relação ao cenário base (BAU). Por exemplo, os domicílios no primeiro decil de renda (HH 10), ou seja, os 10% mais pobres, apresentaram um aumento na proporção de pobres de pouco mais de 10%, e um aumento do MPI de quase 12%. Ao passo em que domicílios no último decil, ou seja entre os 10% mais ricos, apresentaram um aumento de pouco mais de 1% tanto da proporção de pobres quanto do MPI.

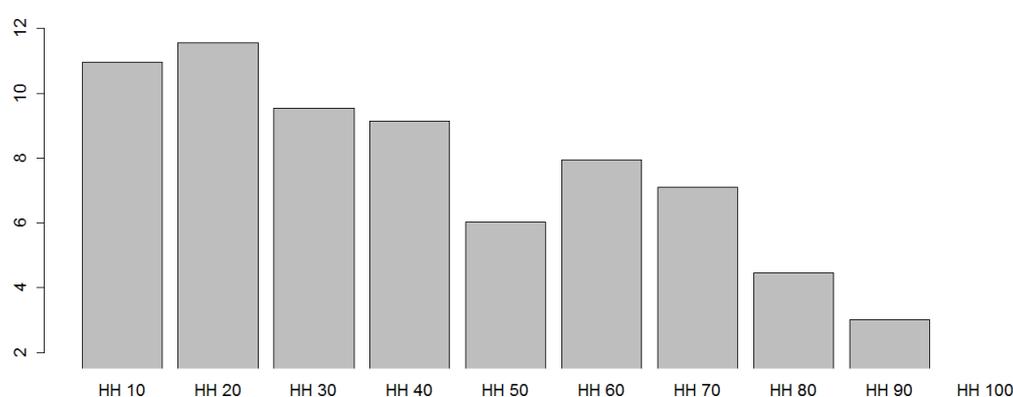


Figura 32 – Variação percentual do *head count ratio* (H) por decis de renda resultante da simulação S\_30.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Entretanto, o quadro decrescente do aumento de H e do MPI entre os decis de renda foi menos homogêneo do que o esperado, uma vez que, por exemplo os domicílios situados no segundo decil (HH 20) apresentaram um aumento das medidas H maior do que aqueles integrantes do decil HH 10. Mais do que isso, os domicílios situados no sexto e sétimos decis (HH 60 e H 70) apresentaram aumentos de H e do MPI maiores do que os apresentados por HH 50. Assim, ainda que de maneira geral a pobreza tenha aumentado mais entre os domicílios com menor renda, outros fatores além da renda parecem ser determinantes para a condição de pobreza multidimensional, e como esta última é afetada pelo aumento do preço dos alimentos, o que, por seu turno, depõem a favor do uso de medidas multidimensionais.

Resta saber o porquê de alguns estratos sociais mais elevados terem apresentado um crescimento da pobreza mais elevado do que o que se esperava. Os resultados até o momento, em especial os resultados apresentados no capítulo seis, sugerem que o principal mecanismo pelo qual a política de restrição hídrica afetou a pobreza foi o aumento no preço dos alimentos, que por seu turno gerou um aumento dos domicílios considerados privados no subcomponente

nutrição. Além do mais, vale lembrar que os resultados das Figuras 32 e 33 se encontram na forma de variações percentuais em relação ao cenário base, de modo que, por exemplo, o fato do grupo HH 60 ter apresentado um maior crescimento da pobreza do que HH 50 não implica que este primeiro grupo tivesse um maior número de pobres do que o primeiro, mas apenas que este grupo se mostrou mais sensível aos choques implementados pelo cenário S\_30 do que o último grupo. Portanto, o que os resultados das Figuras 32 e 33 sugerem é que alguns estratos sociais (HH 20, HH 60 e HH 70) continham mais domicílios sensíveis a variações nos preços dos alimentos do que o esperado.

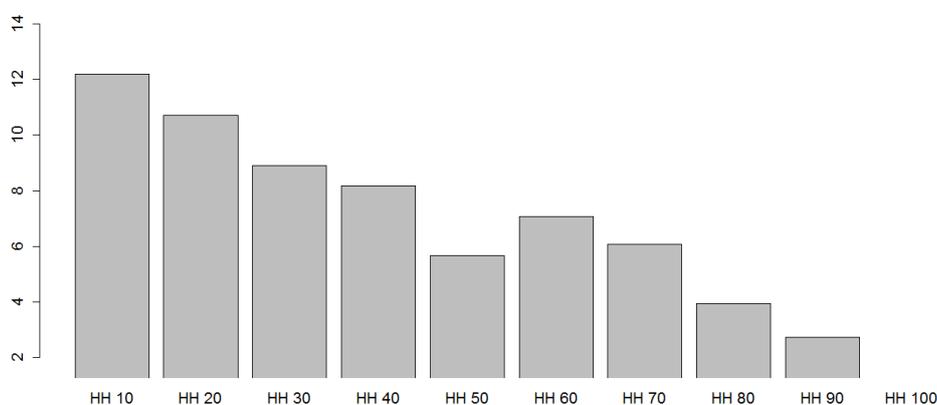


Figura 33 – Variação percentual do MPI por decis de renda resultante da simulação S\_30.  
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

A Figura 34 traz a variação percentual na privação média entre os pobres distribuída entre os mesmos dez estratos sociais das Figuras 32 e 33, face a implementação do cenário S\_30. E assim como ocorrera para este mesmo cenário quando os domicílios foram distribuídos entre as UFs, o quadro geral foi de redução da privação média entre os pobres, ou seja, os domicílios pobres passaram a ser privados em média em um número menor de dimensões, o que por sua vez é fruto das características especiais da medida A em si, que nada mais é do que uma média da privação entre os pobres, ou seja, se um único domicílio passou a ser pobre, mas sua média de privação é menor do que a medida A anterior, o fato deste domicílio ter passado a ser pobre irá reduzir A.

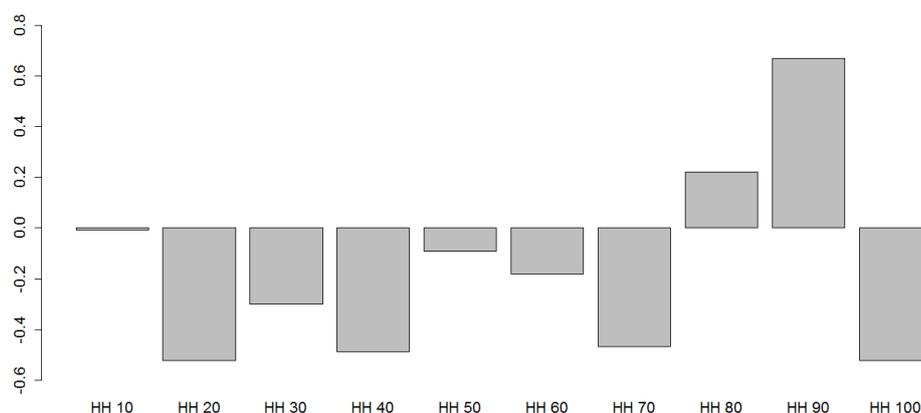


Figura 34 – Variao percentual da privao mdia dos pobres (A) por decis de renda resultante da simulao S\_30.

Fonte: Elaborao própria, com base nos dados da pesquisa.

Com o objetivo de verificar a distribuio entre os estratos sociais do impacto de diferentes esquemas de repasse dos recursos obtidos com a tarifao sobre a gua usada pela agricultura, as Figuras 35 a 37 trazem a variao percentual das medidas H, MPI e A sob o cenrio S\_30\_SUB, no qual os recursos obtidos com a tarifa foram repassados na forma de um subsídio ao setor gua & Esgoto.

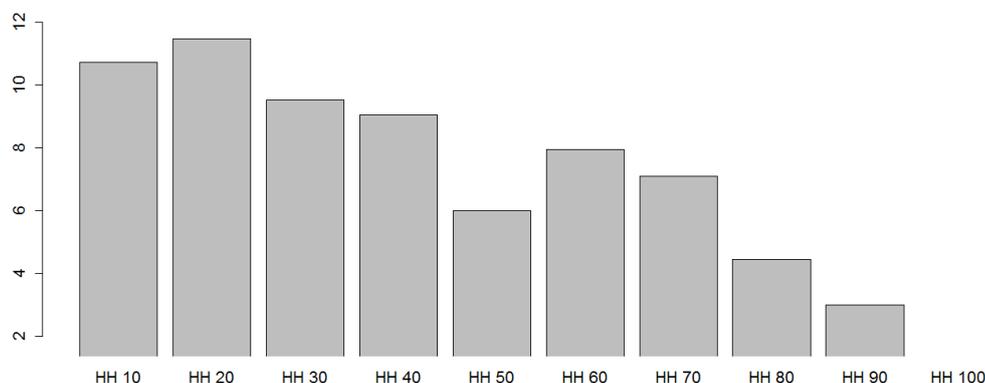


Figura 35 – Variao percentual do *head count ratio* (H) por UF resultante da simulao S\_30\_HH.

Fonte: Elaborao própria, com base nos dados da pesquisa.

Assim como ocorrera quando da apresentao dos resultados dos cenrios S\_30 e S\_30\_SUB distribuindo os domicílios entre as UFs, as Figuras 35 a 37 mostram que o repasse dos recursos obtidos com a tarifao da gua para as famílias no altera qualitativamente os resultados, quando estes mesmos recursos so destinados ao governo (Figuras 32 a 34). Mais do que isso, ainda que os resultados quantitativos entre os dois cenrios distribuídos entre os

dez estratos sociais tenham sido distintos, o foram apenas marginalmente. Por exemplo, tanto sob cenário S\_30, quanto sob o cenário S\_30\_SUB o MPI para o estrato HH 20 aumentou cerca 11% (Figura 33 e Figura 36). Outro exemplo, a medida A aumentou em cerca de 0,2% para o estrato HH 80, tanto sob S\_30 (Figura 34) quanto sob S\_30\_HH (Figura 37).

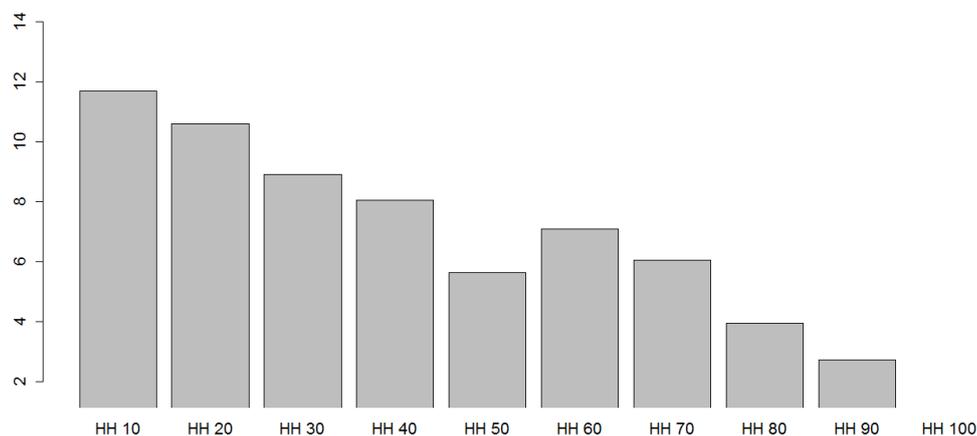


Figura 36 – Variação percentual do MPI por decis de renda resultante da simulação S\_30\_HH.  
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

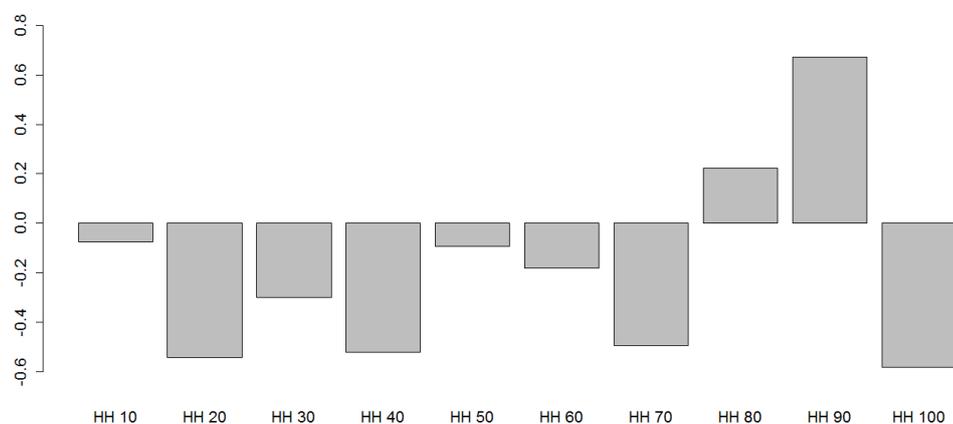


Figura 37 – Variação percentual da privação média dos pobres (A) por decis de renda resultante da simulação S\_30\_HH.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Por fim, uma observação importante que pode ser feita tomando todos os resultados desta seção em comparação com os resultados da seção 7.2.2 é que a desigualdade regional no que diz respeito aos efeitos sobre a pobreza dos cenários de restrição hídrica para a agricultura pode ser parcialmente explicada pela desigualdade de renda entre as famílias, uma vez que segundo a presente seção a renda de uma família parece estar fortemente ligada a capacidade desta família de lidar com o aumento dos preços dos alimentos.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta tese foi medir o impacto de uma redução simulada na disponibilidade hídrica do setor agrícola sobre a economia brasileira, em especial sobre a pobreza multidimensional em níveis nacional e estadual. Sendo a justificativa por trás deste objetivo a crescente preocupação tanto no âmbito acadêmico, quanto no âmbito produtivo e político quanto ao uso sustentável dos recursos hídricos. Além do que, prováveis mudanças climáticas podem resultar em queda na quantidade de água disponível para a agricultura e, gerando aumento nos preços dos alimentos e com isso maior dificuldade de famílias mais pobres conseguirem se alimentar adequadamente.

Para construir a plataforma integrada usada nesta medição foi necessário o uso de diversas ferramentas metodológicas distintas. Em primeiro lugar, foi construído um índice de pobreza multidimensional para as unidades federativas do Brasil (UFs), com base em Alkire & Foster (2011) e Alkire & Santos (2014), abarcando indicadores de quatro dimensões distintas: saúde, educação, condições de vida e serviços industriais de utilidade pública (SIUP); o MPI. Tal índice foi visto como melhor alternativa aos índices de pobreza comuns que se baseiam unicamente na renda das famílias como maneira indireta de inferir o estado de pobreza das famílias, uma vez que englobava subcomponentes que serviam de canal de transmissão para o qual possíveis restrições hídricas adversas afetariam as famílias, a saber os subcomponentes: nutrição, constituinte da dimensão saúde; acesso a água encanada constituinte da dimensão SIUP; e o acesso a esgotamento sanitário, também constituinte da dimensão SIUP.

Dentre os principais resultados obtidos com a aplicação MIP para o Brasil desenvolvida nesta tese destaca-se que 14% dos domicílios (ou famílias) do país foram consideradas pobres utilizando os dados da POF (Pesquisa de Orçamentos Familiares) 2008/2009. Mais do que isso, foi verificado que, entre os três subcomponentes de interesse, nutrição, água encanada e esgotamento sanitário, a universalização do acesso ao esgotamento sanitário seria a que teria maiores impactos sobre a medida de pobreza aqui aplicada, seguida da universalização do acesso a água encanada e por último da eliminação da subnutrição, pelo menos da subnutrição em termos de déficit calórico *per capita*. Quanto ao que tange a distribuição regional da pobreza medida de forma multidimensional, o quadro obtido não foi nem um pouco surpreendente, com a maioria das UFs do Norte e Nordeste entre as mais pobres (acima da média nacional) enquanto as UFs do Centro-Oeste, Sul e Sudeste estavam entre aquelas com menor pobreza (abaixo da média nacional).

Em que pesem as suas limitações, como o uso de pesos iguais para todas as dimensões e todos os subcomponentes, a aplicação do MPI feita no presente trabalho teve como principal contribuição em relação a aplicações anteriores a construção de um subcomponente nutrição em termos de quantidades físicas. Isto só foi possível através do uso da POF como base de dados para a construção do índice, uma vez que a POF era a única que dispunha de dados objetivos sobre o consumo de alimentos em termos de quantidades físicas, além das informações necessárias para a construção de todos os outros subcomponentes de maneira tão boa ou melhor do que seria possível utilizando outras bases como o Censo e a PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios).

O Segundo passo para a construção da plataforma integrada foi analisar o comportamento da demanda por alimentos das famílias brasileiras. Na verdade, idealmente o que se gostaria de ter sido feito era analisar o comportamento da demanda das famílias por todos os bens, mas os únicos bens para os quais se dispunha de dados sobre quantidades e despesas eram os bens alimentícios, mais uma vez com estes dados disponíveis apenas na POF.<sup>80</sup> Isto acrescenta a este trabalho mais objetividade se comparado a trabalhos que se valem da calibração de sistemas de demanda. Neste sentido, os milhares de alimentos listados na POF foram agregados em dez grupos alimentícios para os quais um sistema em dois estágios foi estimado<sup>81</sup>. No primeiro estágio foi estimado um modelo Working-Leser em que a proporção da despesa total gasta com os alimentos foi função da despesa total, de um índice de preços agregado dos alimentos e de diversas variáveis socioeconômicas. Já no segundo estágio foi feita a opção pelo modelo LA-AIDS (*Linear Approximate Almost Ideal Demand System*) em que o preço de cada um dos grupos alimentícios e a despesa total com alimentos foram as variáveis explicativas da fração desta última despesa gasta com cada grupo de alimentos. Os resultados das estimações de ambos estes modelos se mostraram todos consistentes com a Teoria do Consumidor, com elasticidades-preço próprias negativas, elasticidades-dispêndio positivas e com a fração da despesa total com alimentos sendo inversamente proporcional a despesa total das famílias.

Quanto às contribuições destas demandas em relação a estimações anteriores de sistemas de demanda feitas para o Brasil, a principal delas reside no uso de duas variáveis contidas na POF: a renda mínima que seria necessária para pagar todas as despesas do domicílio na opinião do entrevistado e a renda mínima necessária para pagar uma alimentação suficiente

---

<sup>80</sup> De modo que, somente para os alimentos foi possível estimar econometricamente sistema de demandas baseados em formas funcionais flexíveis e que atendiam as restrições sugeridas pela Teoria do Consumidor.

<sup>81</sup> Ver Quadro 3.

para o domicílio; respectivamente utilizadas como instrumentos da despesa total (no modelo Working-Leser) e da despesa com alimentos (no modelo LA-AIDS) para contornar o grave problema de endogeneidade das despesas na estimação de modelos de demanda. Outra contribuição de caráter menos geral, foi a divisão dos grupos alimentícios, que feita para se adequar ao máximo aos dados disponíveis para a construção de um modelo de equilíbrio geral computável (MEGC) para o Brasil nesta plataforma, podem servir para outras aplicações de MEGC no Brasil onde a demanda por alimentos também seja protagonista no modelo.

O próximo bloco da plataforma integrada consiste das estruturas de produção que mais utilizam a água bruta (água não tratada), quais fossem os setores agrícolas e o setor de Água & Esgoto (AE). E uma vez que a demanda por alimentos já havia sido estimada econometricamente ao invés de calibrada, decidiu-se também estimar as funções de produção destes setores, que por sua vez foram usadas para obter as demandas por fatores destes setores. Para estas estimações foi escolhida a forma funcional flexível mais popular: a translog. Não obstante, devido a própria flexibilidade da função translog, a mesma não satisfiz, *a priori*, propriedades teóricas de funções de produção. De modo que, em um primeiro momento, as funções de produção translog para os setores agrícolas e de AE foram estimadas inicialmente sem impor tais propriedades, o que resultou, de maneira geral, em funções de produção que não eram nem monotônicas nem quase-côncavas para a maioria das observações, além de apresentarem retornos totais de escala que eram tanto decrescentes quanto crescentes. Uma forma de contornar estes problemas seria a estimação de funções custo, ao invés de funções de produção, mas tal alternativa era inviável, posto que não se dispunha de dados suficientes sobre os preços dos fatores, sobretudo dos fatores água e terra. A solução adotada foi utilizar um estimador de distância mínima, para com base nas estimativas irrestritas das funções de produção encontrar novos valores dos parâmetros os mais próximos possíveis dos originais, mas que satisfizessem a monotonicidade, quase-concavidade e retornos constantes de escala (a menos do fator água). Com isso, todas as funções de produção estimadas puderam ser usadas posteriormente para alimentar o MEGC, uma vez que a divisão setorial já havia sido feita com este objetivo em vista. Portanto, as funções de produção estimadas nesta tese podem ser facilmente adaptadas em outros MEGC como forma de balizar o comportamento das empresas representativas.

Outro modelo que ainda precisava ser estimado para a plataforma integrada representava a função de produção do setor de AE, usando os seus fatores de produção para fornecer novas ligações de água encanada e esgotamento sanitário, uma vez que estes componentes haviam se mostrado importantes na medida de pobreza multidimensional adotada. Neste caso, uma vez

que era inviável desagregar os setores de distribuição de água e coleta de esgoto em setores independentes, foi estimada uma função de produção multiproducto, a função *translog ray*. Nesta função, bem menos conhecida que a *translog*<sup>82</sup>, a variável dependente foi a norma euclidiana construída a partir do número de domicílios com água encanada e do número de domicílios com esgotamento sanitário, enquanto como variáveis explicativas, além dos fatores de produção (trabalho, capital, água e despesa intermediária) incluía-se o ângulo formado entre cada par de produto, no caso apenas o ângulo entre os dois números de ligações<sup>83</sup>. Neste caso, com exceção do fator trabalho a função se mostrou monotônica para quase todas as observações, enquanto foi quase-côncava para apenas 0,5% delas e os retornos médios de escala foram decrescentes. Porém, posto que este modelo não foi usado diretamente no MEGC, não havia necessidade de reestimar seus parâmetros sob as restrições de monotonicidade e retornos constantes de escala, e com isso perder em termos de capacidade de o modelo prever o número de ligações de água e de esgoto que seriam geradas em face das simulações.

Por fim, o último bloco da plataforma integrada consistiu no MEGC. E sua versão construída aqui foi semelhante em bastantes aspectos com a versão padrão desta categoria de modelos, versão esta detalhada em Robinson *et al.* (1999). As maiores diferenças com relação a versão padrão ficaram justamente por conta do uso dos valores estimados dos parâmetros do sistema de demanda e das funções de produção dos setores agrícolas e AE, para representar, respectivamente, a família representativa, e os setores representativos. Desta feita, as estimações econométrica anteriores, com exceção do modelo *translog ray*, foram usadas no MEGC.

Outros modelos menores tiveram que ser estimados econometricamente, para dar coesão a plataforma integrada, basicamente constituída pelo MEGC e pelo MPI. Mas mesmo antes de fazer tal conexão, o MEGC foi capaz de gerar diversos resultados por si mesmo interessantes, com base na simulação de cinco cenários: 1) BAU, equilíbrio da economia sem qualquer choque exógeno; 2) S\_10, redução de 10% na quantidade de água bruta usada pelos setores agrícolas, acompanhada de uma tarifa responsável por esta redução cujo retorno foi repassado para a poupança do governo, mantida fixa; 3) S\_20, idêntico a S\_10, mas com uma redução no uso da água de 20%; 4) S\_30, idêntico a S\_10 e a S\_20, mas desta vez com uma redução no uso da água de 30%; 4) S\_30\_SUB, idêntico a S\_30, mas com os recursos da tarifa usados para subsidiar o setor de AE; 5) S\_30\_HH, novamente com a mesma redução no uso da água de S\_30, mas com repasse dos recursos da tarifa feito diretamente para a família representativa.

---

<sup>82</sup> Até o momento não se encontrou nenhuma aplicação deste modelo para o Brasil.

<sup>83</sup> Ver Figura 10.

Dentre os vários resultados específicos gerados a partir da simulação dos cinco cenários mencionados anteriormente sobre o MEGC, destacam-se:

- A redução na demanda total por água bruta foi maior quanto maior foi a restrição imposta sobre o uso da água pela agricultura. Especificamente, sob S\_10 esta redução foi de quase 6,14%, chegando ao máximo de 18,44% sob S\_30;
- A redução da produção foi bem inferior a proporção da redução na demanda por água, ficando entre 0,11% sob o cenário S\_10 e 0,39% sob S\_30;
- Por outro lado, a demanda total por alimentos caiu mais do que o PIB, mas ainda assim caiu bem menos que a demanda total por água. Especificamente a menor redução se deu sob S\_10 (0,38%) e maior sob S\_30 (1,24%);
- Setorialmente, os grandes perdedores, como não podiam deixar de ser, foram os setores agrícolas, com queda na produção de até 5,76% para o setor produtor de demais produtos agrícolas sob o cenário S\_30;
- Sobre as tarifas sobre o uso da água pela agricultura, calculadas endogenamente para implicar uma redução no uso da água de apenas 10%, sua soma ponderada pelo valor da produção de cada grupo de cultura, resultou em uma tarifa de 0,020 R\$/m<sup>3</sup> para a agricultura com um todo, valor este bem acima do que é cobrado atualmente na Bacia do São Francisco (0,0004 R\$/m<sup>3</sup>).
- Uma vez que o volume de recursos gerados com a tarifa sob o uso da água pela agricultura foi sempre relativamente pequeno, todos os resultados foram quase que completamente insensíveis ao destino desta arrecadação. Com outras palavras, os resultados foram basicamente os mesmos entre os cenários S\_30, S\_30\_HH e S\_30\_SUB, com uma vantagem pequena em favor deste último.

Finalmente, no que diz respeito a pobreza, os resultados gerais mostraram que a medida MPI nacional apresentou uma tendência fracamente crescente quanto maior foi a restrição hídrica aplicada aos setores agrícolas. Além do mais, assim como aconteceu com os resultados puramente do MEGC, as medidas de pobreza (H, A e o MPI) para o Brasil como um todo não variaram em decorrência do destino dos recursos obtidos com a tarifa sobre a água usada na agricultura. Ressalta-se que se for levado em conta os intervalos de confiança, nenhum aumento da pobreza nacional, medido pelo MPI, foi significativo ao nível de significância de 90%, nem mesmo sob o cenário S\_30 que implicou um MPI nacional de 6,61 (o maior entre os cinco cenários) frente ao MPI de 6,23 sob BAU, cujo intervalo de confiança era (6,01% a 6,46%).

No entanto, no que diz respeito a distribuição dos impactos entre as UFs, o cenário foi bem diferente. Com aumentos no nível da pobreza variando muito entre as UFs, indo desde valores abaixo de 1%, até acréscimos de mais de 15% para o Amapá e Rondônia sob S\_30. Não obstante, as variações nas medidas de pobreza, porém, apresentaram uma distribuição regional menos evidente do que os seus níveis originais haviam apresentado, mas ainda assim presente. Com outras palavras, houve uma tendência de que as UFs originalmente mais pobres fossem também aquelas que vivenciassem os maiores aumentos na pobreza em face dos cenários de redução hídrica, mas esta não foi tão evidente. Por outro lado, a insensibilidade das medidas de pobreza nacional frente ao destino dos recursos arrecadados com a tarifa sobre a água se repetiu na distribuição entre as UFs. Por fim, um último exercício foi verificar como se deu a distribuição da pobreza face aos cenários S\_30 e S\_30\_SUB, ao agrupar as famílias em decis de renda. E neste caso o padrão esperado foi encontrado de maneira mais satisfatória, com os grupos menos abastados apresentando maiores aumentos da pobreza, que chegaram a mais de 10% para os dois primeiros decis. Em suma, ainda que os impactos dos cenários em geral sobre a produção total da economia e sobre as medidas de pobreza nacional utilizadas tenham sido pequenos, os impactos entre as famílias dependeram em grande medida de como as famílias podem responder aos choques simulados, seja devido as condições gerais do lugar onde vivem seja devido as suas próprias correntes condições financeiras e comportamento de suas demandas por alimentos.

Pode-se apontar algumas limitações da plataforma integrada desenvolvida nesta tese, o que deve permitir a continuidade dos estudos e/ ou novas pesquisas. Em primeiro lugar, ainda que o sistema de demanda por alimentos tenha sido estimado econometricamente e que a forma funcional escolhida satisfaça a propriedade de agregação exata de Gorman<sup>84</sup>, o uso de apenas uma família representativa traz consigo limitações importantes. Por exemplo, a divisão desta família representativa de acordo com a zona (rural ou urbana) e a região (Norte, Nordeste, Sul, Sudeste, Centro-Oeste) permitiria não apenas examinar com mais precisão que grupos de famílias estariam de fato perdendo (ou até ganhando) com a restrição hídrica sobre a agricultura, como também permitiria analisar os impactos de esquemas de transferências mais bem focados, como por exemplo a transferência total da arrecadação desta tarifa sobre a água de irrigação para famílias agrícolas apenas nas regiões Norte e Nordeste.

Uma outra forma de contornar o problema de se usar apenas uma família representativa seria construir um modelo de microssimulação para o mercado de trabalho e geração de renda

---

<sup>84</sup> Esta propriedade assegura que se as famílias individuais se comportam conforme o sistema estimado, a família representativa também se comportará de acordo com o mesmo sistema

como sugerem Bourguignon & Busolo (2013). Em um primeiro passo tal modelo de microssimulação poderia ser apenas *top/down*, de forma que o MEGC forneceria resultados usados como ponto de partida no modelo de microssimulação, sem que os resultados deste último realimentassem o MEGC, nos mesmos moldes do que foi desenvolvido nesta plataforma entre o MEGC e os demais modelos usados nesta tese<sup>85</sup> e nos trabalhos de Bourguignon, Robilliard & Robinson (2005). Mas em um momento posterior o modelo de microssimulação poderia ser integrado de forma *top/down* e *bottom/up*, em que o MEGC alimenta o modelo de microssimulação e este último reaalimenta o MEGC em um processo iterativo até que se chegue a uma convergência, como fora feito no trabalho de Debowicz & Golan (2014). Ou ainda, todas as famílias poderiam ser diretamente integradas ao MEGC, sem necessidade de um modelo de microssimulação auxiliar, como foi feito no artigo de Cockburn e Cororaton (2010). A inclusão de um modelo de microssimulação para o mercado de trabalho e a geração de renda, independentemente da forma que fosse feita, traria a vantagem adicional de permitir verificar os resultados sobre a pobreza de maneira mais precisa e simular outros cenários mais complexos. Por exemplo, poderia ser simulada uma restrição hídrica apenas no setor produtor de frutas ou no setor produtor de cana-de-açúcar e verificar como a medida de pobreza rural iria variar frente estas duas alternativas.

Uma outra possibilidade de continuidade da pesquisa passa por integrar a plataforma desenvolvida nesta tese com modelos hidro-econômicos (Harou *et al* (2009)), modelos de alocação de água de uma bacia hidrográfica, entre os usuários com vistas a maximizar o benefício social total (ROSENGRANT *et al*, 2000; CAI, MACKINNEY & LADSON, 2003; MORAES *et al*, 2010). A vantagem desta abordagem seria uma grande melhora no que diz respeito a incorporação da hidrologia ao modelo, uma vez que estes modelos hidro-econômicos são detalhados neste sentido e podem ligar mais explicitamente as políticas de gestão de demanda e as reduções nas disponibilidades pelos setores usuários. Esta linha de pesquisa deve passar por uma regionalização da plataforma desenvolvida aqui, abrindo espaço também para considerações a cerca do movimento dos fatores (em especial do trabalho) entre as regiões, o que permitiria um elo com a literatura de MEGC regionais como o desenvolvido por Gieseck & Madden (2013).

Pode-se ainda continuar o estudo na linha que diz respeito a introdução de outras dimensões no MPI, em especial a dimensão educação. Nesta tese em nenhum momento as escolhas dos indivíduos a respeito dos seus níveis educacionais foi levada em conta, de modo

---

<sup>85</sup> Ver Figura 16.

que, a pobreza multidimensional se modificou apenas com base em alterações nos subcomponentes nutrição, acesso a água e acesso a esgoto. A modelagem explícita do sistema educacional pode ampliar o leque de políticas disponíveis para combater o aumento da pobreza multidimensional resultante de restrições hídricas, sendo um bom ponto de partida neste sentido o trabalho de Lofgren, Cicowiez & Diaz-Bonilla (2013).

Por fim, ainda que não tenham sido analisados nesta tese, diversos outros cenários podem ser analisados usando a plataforma integrada aqui apresentada. Por exemplo, pode-se ao invés de simular reduções exógenas nas demandas por água bruta agrícola e obter endogenamente as tarifas necessárias para se obter tais reduções, fazer o caminho inverso, ou seja, impondo diversos valores de tarifas, inclusive valores já praticados em regiões específicas do Brasil ou o valor ponderado obtido nesta mesma plataforma, e assim inferir quais seriam as reduções na demanda por água resultantes.

Ademais, com a simulação de diversos valores de tarifas seria possível inferir elasticidades-preço no arco da demanda por água pelo setor agrícola, valores que carecem de estimação aqui no Brasil. Estes valores podem ser comparados com os valores de elasticidades encontrados na literatura, utilizando metodologias diversas como aqueles estimados por Scheierling, Loomis & Yong (2006).

Outra possibilidade é simular reduções de disponibilidade hídrica simultâneas nos dois principais setores usuários de água bruta no Brasil (irrigação e AE) ao invés de somente no setor agrícola e comparar os impactos associados. Na verdade, além de grandes consumidores de água bruta, estes dois setores também se constituem nos menos eficientes se comparados ao setor industrial. Espera-se que simulações como essas possam apoiar a definição de valores de tarifas para os dois setores que consigam uma dada redução na demanda de água bruta no país, com menores impactos em medidas de pobreza e em regiões e camadas sociais menos favorecidas.

## REFERÊNCIAS

- ABBINK, G. A.; BRABER, M. C.; COHEN S. I. A SAM-CGE demonstration model for Indonesia: static and dynamic specifications and experiments. International Economic Journal, v. 9, n. 3, p. 15-33, 1995.
- ABRELL, Jan. Regulating CO2 emissions of transportation in Europe: a CGE-analysis using market-based instruments. Transportation Research Part D. v. 15, p. 235 – 239.
- ALKIRE, Sabina; FOSTER, James. Counting and multidimensional poverty measurement. Journal of Public Economics. v. 95, p. 476 – 487, 2011.
- ALKIRE, Sabina; SANTOS, Maria Emma. Acute multidimensional poverty: a new index for developing countries. Oxford Poverty & Human Development Initiative Working Paper 38, 2010. Disponível em: < <http://www.ophi.org.uk/wp-content/uploads/ophi-wp38.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2013.
- ALKIRE, Sabina; SANTOS, Maria Emma. Measuring acute poverty in the developing world: robustness and scope of the multidimensional poverty index. World Development. v. 59, p. 251 – 274, 2014.
- ALLAN, Grant; LECCA, Patrizio; MCGREGOR, Peter; SWALES, Kim. The economic and environmental impact of a carbon tax for Scotland: a computable general equilibrium analysis. Ecological Economics. v. 100, p. 40 – 50, 2014.
- ANDREWS, D. W. K.. Inconsistency of the bootstrap when a parameter is on the boundary of the parameter space. Econometrica, v. 68, p. 399 – 406, 2000.
- ANNABI, Nabil; COCKBURN, John; DECALUWÉ, Bernard. A sequential dynamic CGE model for poverty analysis. Working paper, CIRPEE, Laval University, 2004. Disponível em: < [http://www.pep-net.org/sites/pep-net.org/files/typo3doc/pdf/files\\_events/3rd\\_dakar/SeqDynCGE.pdf](http://www.pep-net.org/sites/pep-net.org/files/typo3doc/pdf/files_events/3rd_dakar/SeqDynCGE.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2015.
- ANGRIST, Joshua D.; PISCHKE, Jörn-Steffen. Mostly harmless econometrics: an empiricist's companion. Princeton: Princeton University Press, 2009.
- ARNDT, Channing; BENFICA, Rui; THURLOW, James. Gender implications of biofuels expansion in Africa: the case of Mozambique. World Development, v. 39, p. 1649 – 1662, 2011.
- ATTANASIO, Orazio; BATTISTIN, Erich; MESNARD, Alice. Food and cash transfers: evidence from Colombia. Economic Journal, v. 122, p. 92 - 124, 2012.
- ATTANASIO, Orazio P.; LECHENE, Valérie. Efficient Responses to Targeted Cash Transfers, v.122, p. 178 – 222, 2014.
- AYUYA, Osacar I.; GIDO, Eric O.; BETT, Hillary; LAGAT, Jobb K; KAHN, Alexander K.; BAUER, Siegrifried. Effect of certified organic production systems on poverty among smallholder farmers: empirical evidence from Kenya. World Development, v. 67, p. 27 – 37, 2015.

BANKS, James; BLUNDELL, Richard; LEWBEL, Arthur. Quadratic Engel curves and consumer demand. Review of Economics and Statistics, v,79, p. 727 – 539, 2997.

BARBOSA, Ana Luiza Neves de Holanda; MENEZES, Tatiane Almeida de; ANDRADE, Bárbara Caballero. Demanda por produtos alimentares nas áreas rurais e urbanas do Brasil. IPEA Texto para Discussão n. 1829, 2013.

BATTESE, G.E.; COELLI, T.. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. Journal of Productivity Analysis, v. 3, p. 153-169, 1992.

BATTESE, G.E.; COELLI, T.. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. Empirical Economics, v. 20, p. 325-332, 1995.

BATHIA, Ramesh; BRISCOE, John; MALIK, R.P.S.; MILLER, Lindy; MISRA, Smita; PALAINISAMI, K.; HARSHADEEP, N.. Water in the economy of Tamil, Nadu, India: more flexible water allocation policies offer a possible way out of water-induced economic stagnation and will be good for the environment and the poor. Water Policy, v. 8, p. 1–13.

BECKMAN, Jayson; HERTEL, Thomas; TYNER, Wallace. Validating energy-oriented CGE models. Energy Economics, v,33, p,799 – 806, 2011.

BELHADJ, Bisma. New weighting scheme for the dimensions in multidimensional poverty indices. Economics Letters. v. 116, p. 304 – 307, 2012.

BELHADJ, Bisma; LIMAM, Mohamed. Unidimensional and multidimensional fuzzy poverty measures: new approach. Economic Modelling, v. 29, p. 995 – 1002, 2012.

BERITELLA, Maria; HOEKSTRA, Arjen; REHDANZ, Katrin; ROSON, Roberto; TOL, Richard S. J. The economic impact of restricted water supply: a computable general equilibrium analysis. Water Research. v. 41, p. 1799 – 1813, 2007.

BILGIC, Abdulbaki; YEN, Steven T. Household food demand in Turkey: A two-step demand system approach. Food Policy, v. 43, p. 267 – 277, 2013.

BLUNDELL, R.; ROBIN, J. M. Estimation of large and disaggregated demand systems: an estimator for conditionally linear systems. Journal of Applied Econometrics, v,14, p. 209-232, 1999.

BREISINGER, Clemens; ECKER, Olivier. Simulating economic growth effects on food and nutrition security in Yemen: a new macro–micro modeling approach. Economic Modelling, v. 43, p. 100 – 113, 2014.

BROUWER, Roy; HOFKES, Marjan; LINDERHOF, Vincent. General equilibrium modeling of the direct and indirect economic impacts of water quality improvements in the Netherlands at national and river basin scale. Ecological Economics, v. 68, p. 127-140, 2008.

BOURGUIGNON, François; BUSSOLO, Maurizio. Income distribution in computable general equilibrium modeling. In: DIXON, Peter B.; JORGENSEN, Dale W. (ed) Handbook of computable general equilibrium modeling, v. 1.B. Oxford: Elsevier, 2013.

BOURGUIGNON, François; ROBILLIARD, Anne-Sophie; ROBINSON, Sherman. Representative versus real household in macroeconomic modeling of inequality. In: KEHOE, Timothy J.; SRINIVASAN, T. N.; WHALLEY, John. Frontiers in applied general equilibrium modeling. New York: Cambridge University Press, 2005.

CAI, X.; MACKINNEY, D.; LASDON, L. Integrated hydrologic-agronomic-economic model for river basin management. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 129, p. 4–17, 2003.

CALVO, Cesar. Vulnerability to Multidimensional Poverty: Peru, 1998–2002. World Development, v. 36, p. 1011 – 1020, 2008.

CALZADILLA, Alvaro; ZHU, Tingju; REHDANZ, Katrin, TOL, Richard S.J. RINGLERB, Claudia. Economy wide impacts of climate change on agriculture in Sub-Saharan Africa. Ecological Economics, v. 93, p. 150-165, 2013.

CALZADILLA, Alvaro; ZHU, Tingju; REHDANZ, Katrin, TOL, Richard. The economic impact of more sustainable water use in agriculture: a computable general equilibrium analysis. Journal of Hydrology, v. 384, p. 292-305, 2010.

CARNEIRO, Ana Cristina Guimarães. Uma Análise Econômica de Mudanças no uso da Terra e Produção de matéria-prima de etanol no Brasil: O Papel da disponibilidade de água para o setor de Irrigação. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Economia – PIMES)-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

CHAKRAVARTY, Satya R.; DEUTSH, Joseph; SILBER, Jaques. On the Watts multidimensional poverty index and its decomposition. World Development, v,36, p. 1067 – 1077, 2008.

CHERNOZHUKOV, Victor; FERNÁNDEZ-VAL, Iván, KOWALSKI, Amand E. Quantile regression with censoring and endogeneity. NBER Working Paper n. 16997, 2011.

COCKBURN, John; CORONG, Erwin; CORORATON, Caesar. Integrated computable general equilibrium (CGE) micro-simulation approach. International Journal of Microsimulation. v,3, n,1, p. 60-71, 2010.

COHEN, Alasdair; SULLIVAN, Caroline A. Water and poverty in rural China: Developing an instrument to assess the multiple dimensions of water and poverty. Ecological Economics. v,69, 2010.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO (CBHSF). Deliberação CBHSF Nº 40: Estabelece mecanismos e sugere valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Francisco, 2008. Disponível em: <[http://cbhsaofrancisco.org.br/?wpfb\\_dl=583](http://cbhsaofrancisco.org.br/?wpfb_dl=583)>. Acesso em: 10 ago. 2014.

COMOU, Dim; ROBINSON, Alexander; RAHMSTORF, Stefan. Global increase in record-breaking monthly-mean temperatures. Climate change, v. 118, p. 771-782, 2013.

CHRISTENSEN, Laurits R.; JORGENSEN, Dale W.; LAU, Lawrence. Transcendental logarithmic production frontiers. Review of Economics and Statistics, v. 55, p. 28 – 45, 1973.

DEATON, Angus; MUELLBAUER, John. An almost ideal demand system. American Economic Review, v. 70, p. 312 – 336, 1980.

DEBOWICZ, Darío; GOLAN, Jennifer. The impact of Oportunidades on human capital and income distribution in Mexico: a top-down/bottom-up approach. Journal of Policy Modeling, v. 36, p. 24 – 42, 2014.

DIAO, Xinshen; ROE, Terry. Can a water market avert the “double-whammy” of trade reform and lead to a “win-win” outcome? Journal of Environmental Economics and Management. v. 45, p. 708 – 723, 2003.

DINIZ, Marcel Bentes; DINIZ, Marcos Monteiro. Um indicador comparativo de pobreza multidimensional a partir dos objetivos do desenvolvimento do milênio. Economia Aplicada. v. 13, p.399 – 423.

DIXON, Peter B.; RIMMER, Maureen; WITTEWER, Glyn. Saving the southern Murray-Darling basin: the economic effects of a buyback of irrigation water. Economic Record. v. 87, p. 153-168, 2011.

EAKIN, Hallie; BOJÓRQUEZ-TAPIA, Luis A. Insights into the composition of household vulnerability from multicriteria decision analysis. Global Environmental Change. v. 18, 2008.

ECKER, Olivier; QAIM, Matin. Analyzing nutritional impacts of policies: an empirical study for malawi. World Development, v.39, p. 412 - 428, 2010.

ELLIOTT, Joshua; FOSTER, Ian; KORTUM, Samuel; MUNSON, Todd; CERVANTES, Fernando Pérez; WEISBACH, David. Trade and carbon taxes. American Economic Review. v. 100, p. 465 – 469, 2010.

ELLIOTT, Joshua; FULLERTON, Don. Can a unilateral carbon tax reduce emissions elsewhere? Resource and Energy Economics. v. 36, p. 6 – 21, 2014.

ESPOSITO, Lucio; CHIAPPERO-MARTINETTI, Enrica. Multidimensional poverty: restricted and unrestricted hierarchy among poverty dimensions. Journal of Applied Economics, v. 13, p. 181 – 204, 2010.

FORMIGA-JOHANSSON, R.; KUMLER, L. M.; LEMOS, M. C. The politics of bulk water pricing in Brazil: lessons from the Paraíba do Sul River Basin. Water Policy, v. 9, p. 87 – 104, 2007.

FOSTER, J. GREER, J. THORBECKE, E. A class of decomposable poverty measures. Econometrica, v. 52, p. 761 - 766, 1984.

GIESECKE, James A.; MADDEN, John R. Regional computable general equilibrium modeling. In: DIXON, Peter B.; JORGENSON, Dale W. (ed). Handbook of computable general equilibrium modeling, v. 1.A. Oxford: Elsevier, 2013.

GORMAN, W. M. Some Engel curves. In: DEATON, Angus (ed.). The Theory and Measurement of Consumer Behaviour. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1981.

GRIFFIN, Ronald C. Water resource economics. Cambridge: MIT Press, 2006.

GROSSKOPF, S.; MARGARITIS, D.; VALDAMANIS, V.. Estimating output substitutability of hospital services: a distance function approach. European Journal of Operational Research, v. 80, p. p. 575 – 587, 1995.

GUILHOTO, Joaquim, J. M.; SESSO FILHO, Umberto A. Estimação da matriz de insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. Economia Aplicada, v.9, p. 1 – 23, 2009.

GUO, Zhengquan; ZHANG, Xingping; ZHENG, Yuhua; RAO, Rao. Exploring the impacts of a carbon tax on the Chinese economy using a CGE model with a detailed disaggregation of energy sectors. Energy Economics, v. 45, p. 455 – 462, 2014.

HAROU, Julien J.; PULIDO-VELAZQUEZ, Manuel; ROSENBERG, David E.; MEDELLÍN-AZUARA, Josué; LUND, Jay R.; HOWITT, Richard E.. Hydro-economic models: concepts, design, applications, and future prospects. Journal of Hydrology, v. 375, p. 627-643, 2009.

HAHN, Micah B.; RIEDERER, Anner M.; FOSTER, Stanley O.. The livelihood vulnerability index: a pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change - a case study in Mozambique. Global Environmental Change, v.19, p. 74 – 88.

HAYASHI, Fumio. Econometrics. Princenton: Princeton University Press, 2000.

HEERDEN, Jan H. van; BLIGNAUT, James; HORRIDGE, Mark. Integrated water and economic modelling of the impacts of water market instruments on the South African economy. Ecological Economics. v. 66, p. 105 – 116, 2008.

HENNINGSEN, A. micEconAids: Demand analysis with the almost ideal demand system (AIDS), 2010. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/web/packages/micEconAids/micEconAids.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2014.

HENNINGSEN, Arne; HENNING, Christian H. C. A. Imposing regional monotonicity on translog stochastic production frontiers with a simple three-step procedure. Journal of Productivity Analysis. v. 32, p. 217 – 229, 2009.

HENNINGSEN, Arne; HENNINGSEN, Géraldine. Econometric estimation of the constant elasticity of substitution" function in R: package micEconCES. FOI Working Paper, 2011 Disponível em: <[http://okonomi.foi.dk/workingpapers/WPpdf/WP2011/WP\\_2011\\_9\\_econometric\\_estimation\\_CES.pdf](http://okonomi.foi.dk/workingpapers/WPpdf/WP2011/WP_2011_9_econometric_estimation_CES.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2014.

HENNINGSEN, Arne; HENNINGSEN, Géraldine. On estimation of the CES production function – revisited. Economic Letters, v. 115, p.67 – 69, 2012.

HENNINGSEN, Arne; HENNINGSEN, Géraldine; JENSEN, Uwe. A Monte Carlo study on multiple output stochastic frontiers: a comparison of two approaches. Journal of Productivity Analysis, 2014.

HONG, Chanyoung; YANG, Heewon; HWANG, Wonsik; LEE, Jeong-Dong. Validation of an R&D-based computable general equilibrium model. Economic Modelling, v. 42, p. 454 – 463, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Componentes das linhas das tabelas de despesa monetária e não monetária média mensal familiar, com alimentação. 2011a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa de orçamentos familiares 2008 – 2009: análise do consumo alimentar no Brasil. 2011b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contas econômicas integradas, 2009. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas\\_Nacionais/Sistema\\_de\\_Contas\\_Nacionais/2011/tabelas\\_xls/03\\_0\\_0\\_contas\\_economicas\\_integradas\\_2010\\_xls.zip](ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Sistema_de_Contas_Nacionais/2011/tabelas_xls/03_0_0_contas_economicas_integradas_2010_xls.zip)>. Acesso em: 15 fev. 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate change 2007: synthesis report. Disponível em: < [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2013.

JORGENSON, Dale W.; JIN, Hui; SLESNICK, Daniel T.; WILCOXEN, Peter J. An econometric approach to general equilibrium modeling. In: DIXON, Peter B.; JORGENSON, Dale W. (ed) Handbook of computable general equilibrium modeling, v. 1.B. Oxford: Elsevier, 2013.

KILIMANI, Nicholas; HEERDEN, Jan van; BOLMANN, Heinrich. Water taxation and the double dividend hypothesis. Water Resources and Economics. v. 10, p. 68 – 91, 2015.

KRISHNAMURTHY, P.K.; LEWIS, K.; CHOULARTON, R. J. A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. Global Environmental Change. v. 25, p. 121-132, 2014.

KUMBHACAR, Subal C.; LOVELL, C. A. Knox. Stochastic frontier analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

LESER, C. E. V.. Forms of Engel functions. Econometrica. v. 31, p. 694 – 703, 1963.

LETSOALO, Anthony; BLIGNAUT, James; WET, Theuns; WIT, Martin; HESS, Sebastian; TOL, Richard; HEERDEN, Jan van. Triple dividends of water consumption charges in South Africa. Water Resources Research. v. 43, p. 1 – 11.

LOFGREN, Hans; CICOWIEZ, Martin; DIAZ-BONILLA, Carolina. MAMS – A computable general equilibrium model for developing country strategy analysis. In: DIXON, Peter B.;

JORGENSON, Dale W. (ed) Handbook of computable general equilibrium modeling, v. 1.A. Oxford: Elsevier, 2013.

LÖTHGREN, Mickael. Generalized stochastic frontier production models. Economi Letters, v,57, p,255 – 259, 1997.

MARENGO, J. A; CHOU S. C.; KAY, G; ALVES, L.; PESQUERO, J. F.; SOARES, W. R.; SANTOS, D.C.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G; BETTS, R; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L; BUSTAMANTE, JF; TAVARES, P.. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. Climate Dynamics, v. 38, p. 1829 – 1848, 2012

MARTÍN, Alfonso R. Sánchez. Endogenous retirement and public pension system reform in Spain. Economic Modelling. v. 27, p. 336 – 349, 2010.

METHA, Lyla. Water and Human Development. World Development. v. 59, p. 59 – 69, 2014.

MILLER, Ronald E.; BLAIR, Peter D.. Input-output analysis: foundations and extensions. New Jersey: Prentice-Hall, 2009.

MORAES, Márcia G. Alcoforado de; AMORIM, Carlos Alberto; ALBUQUERQUE FILHO, Bruno Edson Marquins; MENDES, Gabriela. Avaliação de instrumentos econômicos alocativos na gestão de bacias hidrográficas usando modelo econômico-hidrológico integrado. Revista de Gestão de Águas da América Latina, v,6, p. 49 – 64, 2009.

MORAES, Marcia M. G. A.; RIBEIRO, Márcia M. R.; WATKINS, David W.; VIANA, Jorge H. N.; FIGUEIREDO, Luiz E. N.; SILVA, Gerald S. da; CARNEIRO, Ana C. G.. Integrated Economic Models to Support Decisions on Water Pricing in Biofuel Production River Basins: 3 Three Case Studies from Brazil. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/280949424\\_Integrated\\_Economic\\_Models\\_to\\_Support\\_Decisions\\_on\\_Water\\_Pricing\\_in\\_Biofuel\\_Production\\_River\\_Basins\\_Three\\_Case\\_Studies\\_from\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/280949424_Integrated_Economic_Models_to_Support_Decisions_on_Water_Pricing_in_Biofuel_Production_River_Basins_Three_Case_Studies_from_Brazil)>. Acesso em: 30 ago. 2015

MORAES, Márcia G. Alcoforado de; SAMPAIO, Yony; CIRILO, José Almir. Integração dos componentes econômico e hidrológico na modelagem de alocação ótima de água para apoio a gestão de recursos hídricos: uma aplicação na bacia do Pirapama. Economia, v. 7, p. 331-364, 2006.

MORAES, Márcia Maria Guedes Alcoforado de; CAI, Ximing; RINGLER, Claudia; ALBUQUERQUE, Bruno Edson; ROCHA, Sérgio P. Vieira da; AMORIM, Carlos Alberto. Joint water quantity-quality management in a biofuel production area: an integrated economic-hydrologic modeling analysis. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 136, 0. 502 – 511, 2010.

MORAES, Márcia, M. G. A.; RIBEIRO, Márcia M. R. WATKINGS, David W.; VIANA, Jorge H. N. Viana, FIGUEIREDO, Luiz E. N.; SILVA, Gerald S.; CARNEIRO, Ana C. G.. Integrated economic models to support decisions on water pricing in biofuel production river basins. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/280949424\\_Integrated\\_Economic\\_Models\\_to\\_Support\\_Decisions\\_on\\_Water\\_Pricing\\_in\\_Biofuel\\_Production\\_River\\_Basins\\_Three\\_Case\\_Studies\\_from\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/280949424_Integrated_Economic_Models_to_Support_Decisions_on_Water_Pricing_in_Biofuel_Production_River_Basins_Three_Case_Studies_from_Brazil)>.

ort\_Decisions\_on\_Water\_Pricing\_in\_Biofuel\_Production\_River\_Basins\_Three\_Case\_Studies\_from\_Brazil > Acesso em: 29 set. 2015.

NIQUIDET, Kurt; NELSON, Harry. Sawmill production in the interior of British Columbia: a stochastic ray frontier approach. Journal of Forest Economics, v. 16, p. 257 – 267, 2010.

NUGENT, Jeffrey B.; SARMA, C.V.S.K. The three E's—efficiency, equity, and environmental protection—in search of “win–win–win” policies A CGE analysis of India. Journal of Policy Modeling. v. 24, p. 19 – 50, 2002.

O'DONNELL, Christopher J.; COELLI, Timothy J.. A Bayesian approach to imposing curvature on distance functions. Journal of Econometrics, v. 126, p. 493 – 523, 2005.

OLIVEIRA, Maria Aparecida Silva; TEIXEIRA, Erly Cardoso. Aumento da oferta e redução de impostos nos serviços de infra-estrutura brasileira: uma abordagem de equilíbrio geral. Revista Brasileira de Economia, Rio de Janeiro, v. 63, n,3, p. 183 – 207, jul. - set. 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Relatório do desenvolvimento humano, 2014. Disponível em: <[http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2014\\_pt\\_web.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2014_pt_web.pdf)>. Acesso em 10 dez. 2014.

PABLO-ROMERO, M. del P.; GÓMEZ-CALERO, M. de la P.. A translog production function for the Spanish provinces: Impact of the human and physical capital in economic growth. Economic Modelling, v. 32, p. 77 – 87, 2013.

PASCOE, Sean; PUNT, André E.; DICHMONT, Catherine M.. Targeting ability and output controls in Australia's multi-species Northern Prawn fishery. European Review of Agricultural Economics, v. 37, p. 313 – 334, 2010.

PAUW, Karl; THURLOW, James. Agricultural growth, poverty, and nutrition in Tanzania. Food Policy, v. 36, p,795 – 804, 2011.

PEREDA, Paula Carvalho; ALVES, Denisard Cneio de Oliveira. Qualidade alimentar dos brasileiros: Teoria e evidência usando demanda por nutrientes. Pesquisa e Planejamento Econômico, v,42, p. 239 – 260, 2012.

PERMANYER, Iñaki. Assessing individuals' deprivation in a multidimensional framework. Journal of Development Economics. v. 109, p. 1 – 16, 2014.

PINTOS-PAYERAS, José Adrian. Estimacão do sistema quase ideal de demanda para uma cesta ampliada de produtos empregando dados da POF 2002 – 2003. Economia Aplicada, v. 13, p. 231 – 235, 2009

PLUMMER, Ryan; GROSBOIS, Danuta; ARMITAGE, Dereke; LÖE, Rob C. An integrative assessment of water vulnerability in First Nation communities in Southern Ontario, Canada. Global Environmental Change, v. 23, p. 749 – 763, 2013.

POI, Brian P. Easy demand-system estimation with quads. The Stata Journal, 12, p. 433 – 446.

ROBINSON, Sherman; CATTANEO, Andrea; EL-SAID, Mostaz. Updating and estimating a social accounting matrix using cross entropy methods. TMD discussion paper n. 58, ago. 2000.

ROBINSON, Sherman; YÚNEZ-NAUDE, Antonio.; HINOJOSA-OJEDA, Raúl; LEWIS, Jeffrey D.; DEVARAJAN, Shantayanan. From stylized to applied models: building multisector CGE models for policy analysis. North American Journal of Economics and Finance, v. 10, p. 5-38, 1999.

ROJAS, Mariano. Experienced poverty and income poverty in Mexico: a subjective Well-being approach. World Development, v. 36, p. 1078 – 1093, 2008.

ROSEGRANT, M.W.; RINGLER, C.; MCKINNEY, D. C.; CAI, X.; KELLER, A.; DONOSO, G. Integrated economic–hydrologic water modeling at the basin scale: the Maipo river basin. Agricultural Economics, v. 24, p. 33 - 46, 2000.

SAMPAIO, Breno; SAMPAIO, Yony. Influências políticas na eficiência de empresas de saneamento brasileiras. Economia Aplicada. v.11, p. 369 – 386, 2007.

SAUNDERS, Harry D. Fuel conserving (and using) production functions. Energy Economics, v. 30, p. 2184 – 2235, 2008.

SCHEIERLING, S. M.; LOOMIS, J. B.; YOUNG, R. A. Irrigation water demand: A meta-analysis of price elasticities. Water Resources Research, v. 42, 2006.

SHONKWILER, J. S.; YEN, S. T. Two-step estimation of a censored system of equations. American Journal of Agricultural Economics, v.81, p. 972 – 982, 1999.

SULLIVAN, Caroline A. Calculating a Water Poverty Index. World Development. v. 30, p. 1196 – 2010, 2002.

TANG, Jianjun; FOLMER, Henk; XUE, Jianhong. Technical and allocative efficiency of irrigation water use in the Guanzhong Plain, China. Food Policy, v. 50, p. 43 – 52, 2015.

TORRES, M. O; MANETA, M.; HOWITT, R.; VOSTI, S. A.; WALLENDER, W. W.; BASSOI, L. H.; RODRIGUES Lineu N. Economic impacts of regional water scarcity in the São Francisco River Basin, Brazil: an application of a linked hydro-economic model. Environment and Development Economics, v. 17, p. 227 – 248, 2012.

TOURINHO, Octávio Augusto Fontes; KUME, Honorio; PEDROSO, Ana Cristina de Sousa. Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2002. Revista brasileira de economia. Rio de Janeiro, v. 61, n,2, p. 245 – 367, jun. 2007

TOURINHO, Octávio Augusto Fontes; da SILVA, Napoleão Luiz Costa; ALVES Yan Le Boullec. Uma matriz de contabilidade social para o Brasil em 2003. Rio de Janeiro: IPEA, 2006. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicacoes/tds/td\\_1242.pdf](http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicacoes/tds/td_1242.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2014.

TERZI, Silvia. How to integrate macro and micro perspectives: an example on human development and multidimensional poverty. Social Indicators Research, v. 114, p. 935 – 945.

VARIAN, Hal R. Microeconomic analysis, 3.ed. New York: W.W. Norton & Company, 1992a.

VERIKIOS, George; ZHANG, Xiao-guang. Reform of Australian urban transport: a CGE-microsimulation analysis of the effects on income distribution. Economic Modelling, v,44, p. 7 – 17, 2015.

VIJAYA, Ramya M.; LAHOTI, Rahul; SWAMINATHAN, Hema. Moving from the household to the individual: multidimensional poverty analysis. World Development. v. 59, p. 70 – 81, 2014.

WATTO, Muhammad Arif; MUGERA, Amin W. Econometric estimation of groundwater irrigation efficiency of cotton cultivation farms in Pakistan. Journal of Hydrology: Regional Studies, v.XX, 2014.

WERF, Edwin van der. Production functions for climate policy modeling: an empirical analysis. Energy Economics, v. 30, p. 2964 – 2978, 2008.

WING, Ian Sue. Computable general equilibrium models for the analysis of energy and climate policies. In: EVANS, Joane; HUNT, Lester C. (Org.) International Handbook on the Economics of Energy. Edward Elgar Publishing, 2009.

WORKING, Holbrook. Statistical laws of family expenditure. Journal of the American Statistical Association. v. 38, p. 43 – 56, 1943.

XIE, Jian; SALTZMAN, Sidney. Environmental policy analysis: an environmental computable general-equilibrium approach for developing countries. Journal of Policy Modelling. v. 22, p. 453 – 489, 2000.

YIGEZU, Yigezu A.; AHMED, Mohamed A.; SHIDEED, Kamil; AW-HASSAN, Aden; EL-SHATER, Tamer; AL-ATWAN, Samman. Implications of a shift in irrigation technology on resource use efficiency: a Syrian case. Agricultural Systems, v. 118, p. 13 – 22, 2013.

ZELLER, Manfred; SHARMA, Manohar; HENRY, Carla; LAPENU, Cécile. An operational method for assessing the poverty outreach performance of development policies and projects: results of case studies in Africa, Asia, and Latin America. Global Environmental Change. v. 34, p. 446 – 464.

ZETLAND, David. The end of abundance: economic solutions to water scarcity. Amsterdam: Aguanomics Press, 2011.

ZODROW, George R.; DIAMOND, John. Dynamic overlapping generations computable general equilibrium models and analysis of tax policy: the Diamond-Zodrow model. In: DIXON, Peter B.; JORGENSEN, Dale W. (ed) Handbook of computable general equilibrium modeling, v. 1.B. Oxford: Elsevier, 2013.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Elasticidades do modelo LA-AIDS

Tabela A.1 – Elasticidades-preço marshallianas do modelo LA-AIDS com dez grupos de alimentos. Brasil.

Alimentos	AL 1	AL 2	AL 3	AL 4	AL 5	AL 6	AL 7	AL 8	AL 9	AL 10
AL 1	-0,447	-0,256	0,173	0,098	-0,377	-0,251	0,152	0,025	-0,081	-0,009
AL 2	-0,047	-1,042	-0,003	-0,087	0,061	-0,183	0,043	0,071	0,006	0,094
AL 3	0,104	0,039	-1,069	0,039	0,211	-0,141	-0,024	-0,143	0,057	0,002
AL 4	0,089	-0,545	0,047	-0,661	-0,436	0,409	-0,025	0,137	-0,096	-0,056
AL 5	-0,251	0,341	0,257	-0,284	-1,249	0,119	-0,023	-0,037	0,010	0,308
AL 6	-0,063	-0,237	-0,061	0,126	0,043	-0,892	0,032	0,184	0,026	-0,025
AL 7	0,136	0,231	-0,057	-0,024	-0,057	0,059	-1,249	-0,009	0,040	-0,210
AL 8	0,007	0,195	-0,111	0,062	-0,040	0,248	0,001	-1,218	-0,044	-0,143
AL 9	-0,216	0,137	0,254	-0,249	0,029	0,235	0,121	-0,274	-1,049	0,056
AL 10	-0,011	0,567	-0,004	-0,047	0,410	-0,113	-0,203	-0,321	0,019	-1,309

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Tabela A.2 – Elasticidades-preço hicksianas do modelo LA-AIDS com dez grupos de alimentos. Brasil.

Alimentos	AL 1	AL 2	AL 3	AL 4	AL 5	AL 6	AL 7	AL 8	AL 9	AL 10
AL 1	-0,397	0,045	0,257	0,147	-0,306	-0,071	0,204	0,143	-0,063	0,043
AL 2	0,007	-0,706	0,090	-0,032	0,141	0,018	0,101	0,203	0,027	0,152
AL 3	0,151	0,325	-0,989	0,085	0,279	0,030	0,025	-0,031	0,074	0,051
AL 4	0,146	-0,194	0,145	-0,604	-0,352	0,619	0,036	0,275	-0,075	0,005
AL 5	-0,210	0,591	0,326	-0,243	-1,190	0,268	0,020	0,061	0,026	0,351
AL 6	-0,019	0,030	0,014	0,170	0,107	-0,731	0,078	0,289	0,042	0,021
AL 7	0,193	0,583	0,041	0,034	0,027	0,270	-1,188	0,129	0,061	-0,149
AL 8	0,059	0,517	-0,022	0,115	0,037	0,441	0,057	-1,091	-0,025	-0,087
AL 9	-0,168	0,432	0,336	-0,200	0,099	0,412	0,172	-0,158	-1,031	0,107
AL 10	0,040	0,879	0,082	0,004	0,484	0,074	-0,149	-0,199	0,038	-1,255

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Tabela A.3 – Elasticidades-dispêndio do modelo LA-AIDS com dez grupos de alimentos. Brasil.

Alimentos	AL 1	AL 2	AL 3	AL 4	AL 5	AL 6	AL 7	AL 8	AL 9	AL 10
Elasticidade	0,973	1,086	0,925	1,137	0,809	0,868	1,14	1,043	0,956	1,013

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

## APÊNDICE B – Elasticidades do modelo QUAIDS

Tabela B.1 – Elasticidades-preço marshallianas do modelo QUAIDS com dez grupos de alimentos. Brasil.

Alimentos	AL 1	AL 2	AL 3	AL 4	AL 5	AL 6	AL 7	AL 8	AL 9	AL 10
AL 1	-0,61	-0,32	0,06	0,08	-0,92	-0,42	0,25	0,09	-0,23	0,03
AL 2	0,11	-1,00	0,19	0,07	0,27	0,27	0,05	0,07	0,09	0,10
AL 3	0,04	0,03	-1,11	-0,02	0,12	-0,32	-0,04	-0,17	0,03	0,02
AL 4	0,11	-0,63	-0,02	-0,72	-0,43	0,24	-0,11	0,09	-0,10	-0,03
AL 5	-0,33	0,23	0,22	-0,16	-1,34	0,31	-0,01	-0,04	0,00	0,25
AL 6	-0,23	-0,29	-0,35	-0,14	-0,21	-1,70	0,01	0,21	-0,09	-0,06
AL 7	0,26	0,32	0,02	-0,03	0,08	0,22	-1,23	-0,01	0,07	-0,14
AL 8	0,08	0,25	-0,05	0,10	0,07	0,48	0,00	-1,23	-0,01	-0,16
AL 9	-0,41	0,10	0,14	-0,24	-0,18	0,03	0,08	-0,26	-1,06	-0,03
AL 10	0,07	0,53	0,08	0,03	0,44	-0,04	-0,13	-0,35	0,02	-1,28

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Tabela B.2 – Elasticidades-preço hicksianas do modelo QUAIDS com dez grupos de alimentos. Brasil.

Alimentos	AL 1	AL 2	AL 3	AL 4	AL 5	AL 6	AL 7	AL 8	AL 9	AL 10
AL 1	-0,53	0,28	0,24	0,17	-0,75	-0,02	0,34	0,32	-0,19	0,15
AL 2	0,10	-1,07	0,17	0,06	0,25	0,23	0,04	0,04	0,09	0,09
AL 3	0,10	0,45	-0,98	0,05	0,24	-0,04	0,03	0,00	0,06	0,09
AL 4	0,17	-0,16	0,13	-0,65	-0,30	0,56	-0,03	0,28	-0,07	0,06
AL 5	-0,29	0,49	0,30	-0,12	-1,27	0,48	0,03	0,06	0,02	0,30
AL 6	-0,12	0,56	-0,10	-0,01	0,04	-1,13	0,15	0,55	-0,04	0,10
AL 7	0,28	0,45	0,05	-0,01	0,11	0,31	-1,21	0,04	0,08	-0,12
AL 8	0,10	0,40	-0,01	0,12	0,11	0,57	0,02	-1,17	0,00	-0,13
AL 9	-0,34	0,64	0,30	-0,16	-0,02	0,40	0,17	-0,04	-1,02	0,08
AL 10	0,10	0,72	0,14	0,06	0,49	0,08	-0,10	-0,27	0,03	-1,24

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Tabela B.3 – Elasticidades-dispêndio do modelo QUAIDS com dez grupos de alimentos Brasil.

Alimentos	AL 1	AL 2	AL 3	AL 4	AL 5	AL 6	AL 7	AL 8	AL 9	AL 10
Elasticidade	2,00	-0,22	1,41	1,59	0,86	2,84	0,44	0,47	1,82	0,62

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 – 2009.

APÊNDICE C – Modelos *logit* para domicílios com esgotamento e água encanadaTabela C.1 – Modelo *logit* para a probabilidade de um domicílio possuir esgotamento sanitário.

Variáveis	Coefficiente	Erro-Padrão	P-Valor
Intercepto	-1,344	0,124	0,000
Moradores	-0,017	0,013	0,170
Renda	0,000	0,000	0,000
Moradia	0,309	0,063	0,000
Combustível	0,586	0,050	0,000
Idade	-0,012	0,005	0,020
Idade ao Quadrado	0,000	0,000	0,149
Estudo	0,411	0,055	0,000
Norte	0,622	0,059	0,000
Nordeste	0,544	0,051	0,000
Sudeste	-0,615	0,056	0,000
Centro-Oeste	0,956	0,054	0,000
Coleta de Lixo	1,031	0,067	0,000
Educação	-0,195	0,106	0,066
Iluminação	0,875	0,071	0,000
Limpeza	0,545	0,044	0,000
Lazer	0,129	0,039	0,001
Parede	1,296	0,209	0,000
Transporte	0,609	0,035	0,000
Alimentação	0,085	0,039	0,030
Banheiro	16,300	0,074	0,000
Inundações	0,395	0,062	0,000
Energia Elétrica	-0,008	0,212	0,969
Esgoto a Céu Aberto	0,790	0,064	0,000
OBS			440070

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Tabela C.2 – Modelo *logit* para a probabilidade de um domicílio possuir água encanada.

Variáveis	Coefficiente	Erro-Padrão	P-Valor
Intercepto	-4,416	0,255	0,000
Moradores	-0,049	0,021	0,021
Renda	-0,001	0,000	0,000
Moradia	0,503	0,083	0,000
Combustível	0,687	0,071	0,000
Idade	-0,045	0,008	0,000
Idade ao Quadrado	0,000	0,000	0,000
Estudo	0,522	0,076	0,000
Norte	2,895	0,172	0,000
Nordeste	2,066	0,170	0,000
Sudeste	0,256	0,205	0,212
Centro-Oeste	0,536	0,195	0,006
Coleta de Lixo	1,045	0,087	0,000
Educação	0,420	0,130	0,001
Iluminação	0,447	0,089	0,000
Limpeza	0,586	0,078	0,000
Lazer	0,059	0,066	0,371
Parede	0,261	0,219	0,233
Transporte	0,221	0,064	0,001
Alimentação	0,448	0,070	0,000
Banheiro	1,852	0,099	0,000
Inundações	0,219	0,097	0,023
Energia Elétrica	1,035	0,149	0,000
Esgoto a Céu Aberto	-0,089	0,128	0,485
OBS			440070

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.

Tabela C.3 – Descrição e valor médio das variáveis dependentes dos modelos *logit* para as probabilidades dos domicílios possuírem esgotamento sanitário e água encanada.

Variáveis	Tipo	Significado	Média
Moradores	Número Inteiro	Número de moradores no domicílio	3,457
Renda	Contínua	Renda do domicílio em R\$	807,100
Moradia	<i>Dummy</i>	1 se a condição de moradia era considerada ruim pelos moradores	0,104
Combustível	<i>Dummy</i>	1 se o combustível usado para cozinhar não era gás nem eletricidade	0,202
Idade	Contínua	Idade média no domicílio	34,450
Idade ao Quadrado	Contínua	Idade média no domicílio ao quadrado	1449,520
Estudo	<i>Dummy</i>	1 se todas as pessoas do domicílio tinham menos do que cinco anos de estudo	0,179
Norte	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio se encontrava na região Norte	0,133
Nordeste	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio se encontrava na região Nordeste	0,365
Sudeste	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio se encontrava na região Sudeste	0,247
Centro-Oeste	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio se encontrava na região Centro-Oeste	0,136
Coleta de Lixo	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio não contava com coleta de lixo	0,183
Educação	<i>Dummy</i>	1 se não havia serviço de educação próximo	0,036
Iluminação	<i>Dummy</i>	1 se a rua não dispunha de iluminação pública	0,156
Limpeza	<i>Dummy</i>	1 se a rua não dispunha de limpeza pública	0,308
Lazer	<i>Dummy</i>	1 se não havia serviços de esporte ou lazer próximos	0,453
Parede	<i>Dummy</i>	1 se a parede do domicílio não era feita de material não-durável	0,013
Transporte	<i>Dummy</i>	1 se não havia acesso ao transporte público próximo	0,332
Alimentação	<i>Dummy</i>	1 se a quantidade de alimentos consumida não foi considerada suficiente	0,402
Banheiro	<i>Dummy</i>	1 se não havia banheiro no domicílio	0,046
Inundações	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio está sujeito a inundações	0,098
Energia Elétrica	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio não tinha acesso à energia elétrica	0,028
Esgoto a Céu Aberto	<i>Dummy</i>	1 se o domicílio estava próximo a esgoto a céu aberto	0,091

Fonte: Elaboração própria com microdados da POF 2008 - 2009.