

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

LUIZ EDUARDO NASCIMENTO FIGUEIREDO

**A DEMANDA DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO: UMA APLICAÇÃO DA
PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA POSITIVA PARA OS PERÍMETROS
IRRIGADOS DO SUBMÉDIO DO RIO SÃO FRANCISCO.**

Recife

2015

LUIZ EDUARDO NASCIMENTO FIGUEIREDO

**A DEMANDA DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO: UMA APLICAÇÃO DA
PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA POSITIVA PARA OS PERÍMETROS
IRRIGADOS DO SUBMÉDIO DO RIO SÃO FRANCISCO.**

Orientador(a): Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Economia da Universidade
Federal de Pernambuco (PIMES/UFPE)
como requisito parcial à obtenção do título
de Mestre em Economia.**

Recife

2015

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

F475d Figueiredo, Luiz Eduardo Nascimento

A demanda da água para irrigação: uma aplicação da programação matemática positiva para os perímetros irrigados do submédio do Rio São Francisco / Luiz Eduardo Nascimento Figueiredo. - Recife: O Autor, 2015.
194 folhas : il. 30 cm.

Orientadora: Prof^a. Dra. Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes.
Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Pernambuco, CCSA, 2015.

Inclui referências e anexos.

1. Demanda (Teoria econômica). 2. Água de irrigação. 3. Programação (Matemática). I. Moraes, Márcia Maria Guedes Alcoforado de (Orientadora). II. Título.

338.1 CDD (22.ed.)

UFPE (CSA 2015 – 048)

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

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRADO EM ECONOMIA DE

LUIZ EDUARDO NASCIMENTO FIGUEIREDO

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato Luiz Eduardo Nascimento Figueiredo **APROVADO**.

Recife, 03/03/2015.

Prof^a. Dr^a. Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes
Orientador

Prof. Dr. Guilherme Fernandes Marques
Examinador Externo/UFRGS

Prof. Dr. Tácito Augusto Farias
Examinador Externo/UFS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à minha família pelo apoio, incentivo e ensinamentos, em especial, a meu avô José Figueiredo e minha avô Valdice Figueiredo (*in memorian*) por tudo que fizeram e continuam a fazer por mim.

Aos meus pais Rita Nascimento e Eduardo Figueiredo, meus irmãos José Eduardo e Juliana e meus avós Luciano Nascimento (*in memorian*) e Evanina Botto por sempre acreditarem em mim.

À Marisa, pelo acompanhamento, carinho e atenção em cada passo dessa jornada e por, mesmo longe, se fazer tão presente.

Aos meus amigos que entenderam o distanciamento que era necessário para chegarmos até aqui.

Aos meus professores da graduação em Economia da Universidade Federal de Sergipe, em especial, ao professor Tácito e a professora Fernanda, por desenvolverem em mim a visão acadêmica e de ensino.

À Universidade Federal de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação de Economia, bem como a todos os professores do Mestrado Acadêmico pelos ensinamentos passados.

Aos meus colegas de jornada Ewerton Araujo, Paulo Guimarães, Joel Macedo, Rodrigo, Klebson, entre outros, pelo companheirismo ao longo desses períodos e a todos que direta ou indiretamente me apoiaram durante o período de mestrado e contribuíram para mais esta conquista.

Por fim, agradeço especialmente a minha orientadora, Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes, pela disponibilidade e dedicação, fundamentais para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo estimar as curvas de demanda da água para irrigação dos perímetros irrigados localizados no Submédio do Rio São Francisco. A metodologia utilizada foi à programação matemática positiva, que consiste em um modelo em três estágios para a obtenção dos valores econômicos da água para diversos cenários de disponibilidade desse recurso (100% até 60%). A partir dos valores econômicos obtidos, foi possível estimar as curvas de demanda da água para a irrigação e os custos de escassez do recurso para os perímetros públicos irrigados. Ademais, diversos cenários de elasticidades de oferta das culturas (de 0.2 até 2.0) e variações no mix de cultura observado em cada perímetro foram propostos com o intuito de verificar os respectivos impactos na demanda de água para irrigação estimada e nos custos de escassez. Os resultados obtidos demonstram o efeito positivo da redução da disponibilidade da água sobre os valores econômicos do recurso em todos os perímetros, obtendo dessa forma, curvas de demanda negativamente inclinadas. Além disso, foi possível verificar variações negativas nos valores econômicos estimados em relação ao valor da elasticidade de oferta das culturas indicada e, também, o impacto do mix de cultura na curva de demanda da água estimada para os perímetros irrigados. Esses resultados podem auxiliar futuros modelos hidroeconômicos a serem aplicados na região.

Palavras-chave: Demanda de água; Programação Matemática Positiva; Perímetros Irrigados;

JEL: C60, C61, O12, O13, Q20, Q21, Q25

ABSTRACT

This study aimed to estimate the water's demand curves for irrigation in the Lower Basin of the São Francisco River's irrigated perimeters. The methodology applied was the positive mathematical programming, which was a model in three stages to obtain the water's economic values to availability scenarios of this resource (100% to 60%). With the estimated water's economic values, it was possible draw the water's demand curves for irrigation and the scarcity's costs of the resource in the public irrigated areas. Furthermore, several scenarios of crop's elasticity supply (0.2 to 2.0) and changes in the mix of culture observed had been proposed with the perimeter in order to verify their impacts on the water's demand for irrigation and in the scarcity's estimated costs. The results showed the positive effects of reduced water availability on the economic values in all perimeters, obtained thus a downward sloping demand curves. In addition, we observed negative changes in the estimated economic value relative to the value of crop's supply elasticity indicated and also the impact in the water's demand curve estimated for the irrigated areas to changes in the mix of culture. These results may help futures hydroeconomic models in the region.

Keywords: Water demand; Positive Mathematical Programming; Irrigated area;

JEL: C60, C61, O12, O13, Q20, Q21, Q25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bacia do São Francisco e a região do submédio	56
Figura 2. Estágio e testes de calibração do modelo SWAP extraído de Howiit et al (2012).....	78
Figura 3 - Demanda de água para a irrigação dos perímetros Bebedouro e Nilo coelho para uma elasticidade de oferta de 1.0.....	85
Figura 4 - Demanda de água para a irrigação dos perímetros Salitre, Tourão, Maniçoba e Curaçá para uma elasticidade de oferta de 1.0.....	87
Figura 5 - Demanda de água para a irrigação dos perímetros Barreiras, Apolônio Sales e Icó-Mandantes para uma elasticidade de oferta de 1.0	88
Figura 6 - Demanda de água para a irrigação dos perímetros Brígida, Pedra Branca e Caraíbas para uma elasticidade de oferta de 1.0.....	90
Figura 7– Demanda de água para irrigação dos perímetros Bebedouro e Nilo Coelho para elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2 e 2.0	92
Figura 8 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Salitre, Tourão Maniçoba e Curaçá para elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2 e 2.0	93
Figura 9 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Barreiras, Apolônio Sales e Icó-Mandantes para elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2 e 2.0....	94
Figura 10 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Brígida, Pedra Branca e Caraíbas para elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2 e 2.0	95
Figura 11– Demanda de água para irrigação dos perímetros Salitre, Maniçoba, Curaçá e Tourão para elasticidade de oferta das culturas igual a 1 com e sem a possibilidade de produção da cana-de-açúcar	98
Figura 12 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Barreiras, Apolônio Sales e Icó-Mandantes para elasticidade de oferta das culturas igual a 1 com e sem a possibilidade de produção da coco	100
Figura 13 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Bebedouro, Nilo Coelho, Caraíbas e Brígida para elasticidade de oferta das culturas igual a 1 com e sem a possibilidade de produção da melancia	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Proporções das regiões irrigadas ou perímetros na área produtiva do município	67
Tabela 2 – Quantidade anual de insumo terra irrigada cultivado (ha) por cultura e por perímetro em 2006	118
Tabela 3 – Quantidade anual de insumo água utilizado (mil m ³) por cultura e por perímetro em 2006	119
Tabela 4 – Quantidade anual de insumo trabalho utilizado (trabalhador) por cultura e por perímetro em 2006.....	120
Tabela 5 – Quantidade anual de insumo suprimento utilizado (em mil reais) por cultura e por perímetro em 2006.....	121
Tabela 6 – Custo variável anual dos insumos por perímetro em 2006	122
Tabela 7 – Custo variável do componente K1 por perímetro em 2006.	122
Tabela 8 – Restrição anual dos insumos por perímetro em 2006.....	123
Tabela 9 – Produtividade média anual por cultura e por perímetro em 2006.....	124
Tabela 10 – Preço médio anual (em mil reais) de cada cultura por perímetro em 2006..	125
Tabela 11 – Beta referente ao insumo Terra ($\beta_{ig,terra}$) calibrado por cultura e por perímetro	126
Tabela 12 – Beta referente ao insumo Água ($\beta_{ig,\acute{a}gua}$) calibrado por cultura e por perímetro.	127
Tabela 13 – Beta referente ao insumo Trabalho ($\beta_{ig,trabalho}$) calibrado por cultura e por perímetro	128
Tabela 14 – Beta referente ao insumo Suprimento ($\beta_{ig,suprimento}$) calibrado por cultura e por perímetro	129
Tabela 15 – Parâmetro de tecnologia da função de produção CES (τ_{gi}) calibrado por cultura e por perímetro	130
Tabela 16 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2	131

Tabela 17 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.3.....	132
Tabela 18– Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.4.....	133
Tabela 19 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.5.....	134
Tabela 20 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.6.....	135
Tabela 21 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.7.....	136
Tabela 22 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.8.....	137
Tabela 23 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.9.....	138
Tabela 24 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.0.....	139
Tabela 25 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.1	140
Tabela 26 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.2.....	141
Tabela 27 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.3.....	142
Tabela 28 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.4.....	143
Tabela 29 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.5.....	144
Tabela 30 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.6.....	145
Tabela 31 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.7.....	146
Tabela 32 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.8.....	147
Tabela 33 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.9.....	148

Tabela 34 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 2.0	149
Tabela 35 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2.....	150
Tabela 36 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.3.....	151
Tabela 37 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.4.....	152
Tabela 38 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.5.....	153
Tabela 39 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.6.....	154
Tabela 40 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.7.....	155
Tabela 41 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.8.....	156
Tabela 42 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.9.....	157
Tabela 43 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.0.....	158
Tabela 44 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.1.....	159
Tabela 45 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.2.....	160
Tabela 46 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.3.....	161
Tabela 47 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.4.....	162
Tabela 48 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.5.....	163
Tabela 49 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.6.....	164
Tabela 50 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.7.....	165

Tabela 51 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.8.....	166
Tabela 52 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.9.....	167
Tabela 53 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 2.0.....	168
Tabela 54 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2 ..	169
Tabela 55 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.3 ..	170
Tabela 56 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.4 ..	171
Tabela 57 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.5 ..	172
Tabela 58 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.6 ..	173
Tabela 59 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.7 ..	174
Tabela 60 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.8 ..	175
Tabela 61 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.9 ..	176
Tabela 62 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.0 ..	177
Tabela 63 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1,1 ..	178
Tabela 64 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.2 ..	179
Tabela 65 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.3 ..	180
Tabela 66 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.4 ..	181

Tabela 67 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.5 ..182

Tabela 68 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.6 ..183

Tabela 69 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.7 ..184

Tabela 70 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.8 ..185

Tabela 71 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.9 ..186

Tabela 72 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 2.0 ..187

Tabela 73 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2.....188

Tabela 74 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.3.....188

Tabela 75 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.4.....188

Tabela 76 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.5.....189

Tabela 77 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.6.....189

Tabela 78 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.7.....189

Tabela 79 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.8.....190

Tabela 80 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.9.....190

Tabela 81 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.0.....190

Tabela 82 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.1191

Tabela 83 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.2.....191

Tabela 84 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.3.....	191
Tabela 85 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.4.....	192
Tabela 86 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.5.....	192
Tabela 87– Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.6.....	192
Tabela 88 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.7.....	193
Tabela 89 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.8.....	193
Tabela 90 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.9.....	193
Tabela 91 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 2.0.....	194

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1. Demanda de água.....	22
2.1.1. Demanda de água para a irrigação	26
2.2. Programação Matemática Positiva (PMP)	34
2.2.1. Principais métodos de calibração e evolução da abordagem PMP	43
2.2.2. Recentes aplicações do PMP	50
3. ESTUDO DE CASO	55
3.1. Submédio do rio São Francisco e a demanda por água	55
3.2. Perímetros irrigados públicos da região do submédio do rio São Francisco	60
4. MATERIAIS E MÉTODOS.	66
4.1. Dados	66
4.2. O modelo	72
4.2.1. Primeiro passo: programa linear	73
4.2.2. Segundo passo: parametrização da função custo não-linear	74
4.2.3. Terceiro passo: programa não-linear	74
4.3. A calibração	76
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	83
5.1. Demanda de água para os perímetros públicos do submédio do São Francisco ..	84
5.2. Demanda de água e variações na elasticidade de oferta dos produtos	91
5.3. Curvas de demanda de água e o impacto da cultura	96
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS.	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXO I – ENDOGEINIZAÇÃO DOS PREÇOS NO MODELO SWAP	118
ANEXO II – DADOS UTILIZADOS POR PERÍMETRO.	118
ANEXO III – PARÂMETROS CALIBRADOS	126
ANEXO IV – RESULTADOS	169

1. INTRODUÇÃO

A região do submédio do São Francisco está localizada na região Nordeste do Brasil, abrangendo parte dos estados da Bahia e de Pernambuco, sendo a segunda maior região fisiográfica em que a bacia do rio São Francisco foi dividida para fins de planejamento (155.637 km²). O clima predominante nesta região é o semiárido, historicamente caracterizado por conviver com problemas decorrentes da seca. (CBHSF, 2004)

De acordo com Sobel e Ortega (2010), ao longo das últimas décadas, diversos investimentos públicos e privados foram desenvolvidos para a implantação e expansão da irrigação no submédio. Entre os modelos de sucesso desses investimentos, tem-se o pólo de Juazeiro/Petrolina, cujo principal destaque é a fruticultura, setor que tem recebido fortes recursos e ajudado a modificar o perfil econômico da região.

Além desses perímetros irrigados de Juazeiro/Petrolina, encontram-se no submédio também, os perímetros pertencentes ao projeto do Sistema de Reassentamento Itaparica, desenvolvidos pela CHESF e CODEVASF. Dessa forma, podem-se destacar como os principais perímetros irrigados públicos do submédio do São Francisco: o perímetro Senador Nilo Coelho (Petrolina/PE); Bebedouro (Petrolina/PE); Curaçá (Juazeiro/BA); Salitre I (Juazeiro/BA); Tourão (Juazeiro/BA); Manicoba (Juazeiro/BA); Caraíbas (Santa Maria da Boa Vista/PE); Brígida (Orocó/PE); Pedra Branca (Curaça/BA e Abaré/BA); Manga de Baixo (Belém do São Francisco/PE); Rodelas (Rodelas/BA); Icô-Mandantes (Petrolândia/PE); Apolônio Sales (Petrolândia/PE); Barreiras I (Petrolândia/PE) e Glória (Gloria/BA).

Devido a esses investimentos em irrigação, a agricultura irrigada tornou-se a principal fonte de recursos da região do submédio do rio São Francisco, sendo importante tanto para a agricultura familiar como para o desenvolvimento da região. De acordo com o relatório final do Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio São Francisco e de sua Zona Costeira (PAE), desenvolvido pela Agência Nacional de Águas - ANA (2004), a demanda por recursos hídricos na região do

submédio para a irrigação tem crescido ao longo dos anos, sendo, dessa maneira, o motor do desenvolvimento local. Porém, esse uso excessivo do recurso também traz diversos impactos relacionados ao meio ambiente e a disponibilidade dos recursos hídricos para a região fisiográfica e por isso deve ser observado com atenção.

Ademais, a região apresenta dificuldades na política de precificação e gestão da água. Muitos dos perímetros públicos irrigados estudados ainda permanecem com sua gestão atrelada a entidades públicas, como a Codevasf, Chesf, e o Ministério da Integração. Essa gestão pública dos perímetros irrigados tem levado, na maior parte dos casos, a resultados econômicos aquém do esperado, resultando em perdas monetárias advindas do investimento público em infraestruturas muitas vezes superdimensionadas, bem como na ineficiência do uso da água em termos econômicos. Além disso, problemas no atraso na execução das obras de infraestrutura dos perímetros, seleção pouco eficientes dos irrigantes, escassez na manutenção da infraestrutura hídrica, sistemas de irrigação muitas vezes obsoletos e falta de assistência técnica são também alguns dos problemas observados (BNB, 2012). Por fim, ainda se encontra muitos perímetros em que nenhuma cobrança pela água (tanto em termos de reposição do investimento público em infraestrutura, como em termos de uso do recurso) é feita aos usuários. Esses problemas podem ser tratados, conforme a literatura explica e que será detalhada ao longo desse trabalho, através de políticas que incentivam o uso eficiente e racional da água.

Por fim, mudanças na disponibilidade de recursos hídricos da região são previstas para os próximos anos com o advento da “Transposição do Rio São Francisco”. O projeto de Integração do São Francisco (PISF), popularmente conhecido como o projeto de Transposição, destaca que seus dois principais eixos (Norte e Leste) retirarão recursos diretamente da região do submédio, com o intuito de levar esses recursos para outras áreas do Nordeste. Isto, aliado ao plano de expansão da irrigação na região estabelecido pelo programa Mais Irrigação do Governo Federal, decorrerá em um aumento da demanda pelos recursos e, em contrapartida, uma redução na disponibilidade dos mesmos. Finalmente, resultados de modelos climáticos apresentados por Salati (2006), Tanajura et al (2010) e Marengo (2008), apontam que a região Nordeste deverá ter maiores temperaturas médias e maiores taxas de evapotranspiração, o que deve levar a

ainda menores disponibilidades hídricas.

Neste contexto, urge o estabelecimento de políticas públicas efetivas que induzam uma eficiente alocação inter e intra sectorial dos recursos hídricos. O apoio à decisão nas regras de alocação de água tornam-se extremamente importantes e para isso, os modelos de simulação/otimização e os modelos econômicos, assim como, uma combinação entre eles podem auxiliar nessa questão, identificando os trade-offs existentes entre os diversos usos desses recursos, de forma a refletir o seu valor dado pela sociedade. (HAROU ET AL, 2009)

Uma das dificuldades dessa gestão eficiente dos recursos hídricos está relacionada com a dificuldade no estabelecimento do valor econômico da água. Segundo Harou et al (2009) um conceito chave para a alocação eficiente da água é que o valor econômico da água e os custos variam com a quantidade utilizada. Além disso, fatores como localização, o uso da água (produção agrícola, industrial e consumo residencial), disponibilidade do recurso (abundante em água ou que apresenta escassez), também impactam nesse valor econômico.

As curvas de demanda de água, objeto deste trabalho, representam esses valores econômicos da água, ou seja, as disponibilidades a pagar do consumidor, para diferentes quantidades do recurso hídrico. Griffin (2006) descreve que a curva de demanda de água é uma tentativa de modelar o comportamento do usuário da água para diversos possíveis cenários de disponibilidade e preço, sendo essencial para a análise econômica e elemento chave para os modelos hidroeconômicos. Outra característica da curva de demanda é poder ser utilizada para observar os benefícios econômicos derivados da alocação da água, ou seja, a partir da modelagem do comportamento do usuário para as diversas relações entre preço e quantidade, pode-se inferir qual o excedente do consumidor gerado dado o consumo/utilização deste bem.

Um das dificuldades da gestão dos recursos hídricos está na identificação do comportamento do consumidor da água. Como o usuário irá se comportar em cenários de redução na disponibilidade do recurso? Quanto de benefício deixará de ser gerado

devido a essa redução, ou seja, qual o custo derivado da escassez desse recurso? Essas são algumas das perguntas que a modelagem da demanda tentará responder. Para isso, parte-se do princípio que a redução do volume de água para os perímetros irrigados da região do submédio do São Francisco levará a uma queda na produção agrícola da região e, conseqüentemente, na renda/benefício local gerada. Ou seja, a redução na disponibilidade do recurso implicará em um custo para as regiões advindas das perdas de rendas geradas, o que a literatura denomina de custo da escassez.

Booker et al. (2012) afirmam que o uso da água pelos produtores, incluindo produção agrícola irrigada e os vários usos industriais estão entre os mais importantes usos da água do mundo. Enquanto que o processo de irrigação de cultura é um dos mais significantes usos de água no planeta, sendo ainda mais importante em países com regiões de clima árido e semiárido. Já o uso industrial da água, além de insumo para a produção, inclui também a geração de energia. Dessa forma, determinar o valor econômico da água para os seus usuários é uma importante ferramenta para subsidiar os gestores dos recursos hídricos na tomada de decisão em políticas públicas que levem a eficiência no uso da água e resolvam problemas de escassez, especialmente, em nosso trabalho, aos gestores diretamente relacionados com a região do submédio do Rio São Francisco.

Diversos estudos e ferramentas vêm sendo desenvolvidos para auxiliar na composição desse valor econômico da água, como por exemplo, a teoria do valor não mercantil desenvolvida por Freeman (2003), os trabalhos econométricos desenvolvidos por Moore et al. (1994), Schoengold et al. (2006), e Nieswiadomy (1985), os modelos de programação linear e não linear para o uso da água na produção de cultura irrigada que teve início no trabalho de Moore e Hedges (1963), passando por Howitt (1995) no tratamento da programação matemática positiva, entre outros autores.

Diante do exposto, essa dissertação estima curvas de demanda da água para a produção irrigada dos perímetros públicos do submédio do rio São Francisco usando o método de Programação Matemática Positiva (Howitt, 1995) para um conjunto de elasticidades de oferta das culturas (0.2 à 2). Desta forma, poderá ser obtida uma relação entre o valor

econômico, também identificado como a disponibilidade a pagar do usuário, e a quantidade disponível de recursos hídricos para a produção irrigada (water demand) dos perímetros irrigados pertencentes à região, para diversos cenários de escassez do recurso. Serão visualizadas também faixas de variações dos valores econômicos da água decorrentes de diferentes valores pressupostos para as elasticidades-preço de oferta das culturas. Para o desenvolvimento do modelo e a apresentação dos resultados, será utilizada a linguagem GAMS (General Algebraic Modeling System), considerado um sistema de alto nível de modelagem para a programação matemática e os métodos de otimização. Dessa maneira, pretende-se viabilizar a aplicação de modelos hidroeconômicos subsequentes que possam subsidiar os gestores dos recursos hídricos na decisão de políticas de alocação de água para a região.

De acordo com Tsur et al. (2004), estimar a demanda econômica da água para irrigação possui uma importância tanto para os responsáveis pelas políticas como para todos os grupos e indivíduos interessados. Isso se deve ao fato de que, sem o conhecimento do valor econômico da água para a irrigação, as políticas públicas podem derivar em incentivos inadequados, assim como promover uma sobre-exploração do recurso. A região do submédio foi escolhida devido a sua importância para o desenvolvimento do Nordeste e pelo destaque que a água possui como fator para este desenvolvimento. Além disso, essa região vem ao longo dos anos sofrendo com reduções nos volumes de água disponíveis, por questões climáticas e pela sua utilização de forma ineficiente, fatores esses que devem ser agravados pelo processo de transposição do rio São Francisco e pela expansão da área irrigada na região.

Para atingir este objetivo, a dissertação será subdividida em cinco seções. Esta introdução, onde estão expostos o problema, objetivo e as justificativas deste trabalho. Na seção 2 serão destacados os referenciais teóricos utilizados, para isso, a seção será subdividida em duas: a primeira destacará o referencial teórico relacionado a demanda de água com um subtópico específico para a demanda de água para a irrigação; enquanto que a segunda, será direcionada ao método de programação matemática positiva (PMP). Na seção 3, serão observadas questões relacionadas ao estudo de caso proposto. Neste momento, visualizar-se-ão as características da região do submédio do

São Francisco, assim como sua relação com os recursos hídricos e os perímetros públicos para os quais as demandas de água serão estimadas. Na seção 4, os materiais e o método serão delimitados. Neste ponto, os dados, o modelo final utilizado e o método de calibração proposto serão descritos. Na seção 5, será feita a análise dos resultados, apresentando as curvas de demanda obtidas, as variações decorrentes da mudança nas elasticidades de oferta (0.2 até 2) e as considerações e possíveis impactos de diferentes mix de culturas nos valores obtidos. Por fim, serão descritas as conclusões e recomendações para a continuidade da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Demanda de água

A função de demanda da água consiste na disponibilidade que o consumidor tem a pagar para diferentes quantidades do fator. Observar essa disponibilidade auxilia na identificação dos impactos decorrentes de mudanças na quantidade ofertada do recurso. Ou seja, pode-se verificar o quão sensível é a variação na disponibilidade de pagar pela água em relação a alterações na quantidade do recurso ofertado. Isto é, uma menor sensibilidade da variação na disponibilidade a pagar em relação a quantidade ofertada indica que, menor será o impacto na variação da disponibilidade decorrente de mudanças na quantidade ofertada. Dessa maneira, pode-se perceber que as curvas de demanda podem contribuir para uma análise econômica que envolva o uso e a gestão da água. Elas podem variar de acordo com o uso (irrigação, industrial, doméstico), como também, com as condições climáticas (anos de escassez e anos de fortes chuvas) e com a localização geográfica. Além disso, as funções de demanda podem auxiliar na identificação de estratégias de alocação de água eficientes sob o ponto de vista econômico. (GRIFFIN, 2006)

Devido à importância da água, ao longo dos anos, a literatura vem destacando grandes avanços na modelagem econômica dos recursos hídricos (inclusive na identificação das demandas de água para os diversos usos). Nos últimos cinquenta anos, essas modelagens têm sido utilizadas para resolver uma grande variedade de questões políticas. Na década de 50, vários economistas, como por exemplo, Eckstein (1958), utilizaram a literatura teórica crescente acerca do bem estar econômico na discussão de políticas de investimento dos recursos hídricos. Já com o desenvolvimento computacional, apareceram os primeiros trabalhos que relacionavam os conceitos econômicos com os modelos hidrológicos (MAASS, et al ,1962).

Os esforços posteriores incluíram as avaliações dos benefícios econômicos líquidos da oferta dos recursos hídricos e investimentos de infraestrutura, o uso específico da água e o seu valor, os problemas de otimização da alocação e gestão dos recursos hídricos e a capacidade de resposta dos usuários ao preço. Durante esse período inicial, o foco da

modelagem econômica dos recursos hídricos e os instrumentos de política estavam sob uma ótica local, ou seja, em nível de estabelecimento. (BOOKER et al, 2012)

Posteriormente, a crescente demanda por água pelos diversos setores da economia, associado a uma limitação na disponibilidade dos recursos hídricos e o alto custo existente para o desenvolvimento de fontes suplementares de oferta, combinada com o reconhecimento acerca do valor econômico da água acirrou a competição pelos recursos hídricos existentes. Essa mudança trouxe alterações nos estudos científicos da área, que deixaram de ser focados apenas em nível de estabelecimento para análises regionalizadas em que se apresentam múltiplos agentes. Dessa maneira, o papel das políticas de água passou de uma esfera individual, onde apenas era estudado a alocação e o gerenciamento em um respectivo estabelecimento e a um predeterminado uso e problema, para uma análise mais global e multidisciplinar de alocação ótima do recurso observando não só características econômicas, mas também, questões ecológicas, climáticas e de engenharia, para as diferentes fontes hídricas (superficial, subterrânea) existentes em uma região hidrológica maior. (DINAR, LETEY, 1996)

Com o intuito de descrever e explicar o comportamento dos usuários da água e representar o comportamento humano dentro dos modelos de avaliação de políticas integradas de recursos hídricos, esforços têm sido feitos no sentido de melhorar os modelos que identifiquem as demandas econômicas para a água. Existem muitas formas de utilização da água, seja para consumo direto ou indireto num processo produtivo, como por exemplo, a produção de alimentos, bem como para os serviços de ecossistemas básicos. Devido a essa diversidade de uso dos recursos hídricos e suas características específicas, uma variedade de métodos para estimar as demandas econômicas da água foi desenvolvida e continuam a se desenvolver. (BOOKER et al, 2012)

Assim, nos últimos vinte anos, os modelos de políticas econômicas da água têm evoluído em termos teóricos, de métodos técnicos, de escopo e aplicação para tratar de questões relacionadas à demanda e fornecimento de água, assim como questões vinculadas a gestão política dos recursos hídricos. Primeiramente, a modelagem da

demanda por água assumiu uma nova importância advinda da necessidade de melhor compreensão do uso da água – neste caso tanto a água caracterizada por ser produto do mercado, como a água de livre disponibilidade – para avaliação dos benefícios de investimento, políticas e realocação. Neste período, avanços teóricos e empíricos têm ocorrido principalmente sob a ótica da estimativa do valor relacionado à água não mercantil. Por causa dos diferentes tipos de demanda por água, métodos diferentes de avaliação são necessários. Outro ponto importante que pode afetar tanto a demanda quanto a oferta por água está na sua conservação. Modelos de incentivos, tecnologia, respostas comportamentais e aumento na atenção para os impactos no sistema relacionados às políticas de conservação estão tendo avanços e sendo inseridos nos processos de modelagem. (BOOKER et al, 2012)

Renzetti (2002), afirma que, além da necessidade de água potável para a sobrevivência, existem diversas formas de utilização dos recursos hídricos, como por exemplo, a produção de bens e serviços, a produção agrícola, na geração de energia, para o uso residencial, como também para lazer, entre outros. Cada uma dessas atividades define uma noção diferente do uso da água. Assim, o primeiro desafio para a modelagem e mensuração das relações econômicas do uso da água (quantidade e preço) é reconhecer as várias dimensões existentes de como se define esse uso da água.

Alguns conceitos básicos utilizados como medida de demanda e valor na literatura são a disponibilidade pagar (WTP), recorrentemente utilizada, e a disponibilidade de aceitar compensação (WTA). Freeman, em seu trabalho *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods* (2003), foi considerado o primeiro autor a destacar uma teoria do valor não mercantil para a água.

Devido a essas características, a literatura referente à demanda de água é dividida dependendo do seu uso. Para cada diferente uso da água (irrigação, industrial, doméstico e lazer) existe um desenvolvimento teórico e empírico próprio. Por exemplo, para a demanda de água para a irrigação observam-se os trabalhos de Moore e Hedges (1963), Hexem e Heady (1978), Howitt (1995), entre outros. Enquanto que para a demanda industrial pode-se citar Kindler e Russell (1984) e Renzetti (2002) e para nível

doméstico, Howe e Linaweaver (1967) e Saleth e Dinar (1997). Este trabalho observará a modelagem da demanda de água para a irrigação, por isso, será destacada principalmente a literatura referente a esse tema, apresentando-a em seção separada (ver seção 2.1.1), e indicando apenas pequenas considerações acerca dos outros usos abaixo.

Entre os estudos acerca da demanda de água para o uso industrial podem-se citar os trabalhos destacado pela coleção de papers editado por Kindler e Russell (1984), principalmente os capítulos escritos por Stone e Whittington e por Russell. Para estudos com a aplicação das técnicas econométricas na demanda por água pela indústria, utilizando dados anuais sobre produção e insumo para estimações do custo da água retirada pelas indústrias, pode-se indicar como exemplo, Rezzetti (2002). Os trabalhos de Booker, et al. (2012) e Griffin (2006) trazem um resumo extensivo da literatura existente sobre o tema, assim como as características principais da estimação da demanda por água para a indústria.

Acerca da demanda de água para o uso residencial, alguns autores utilizaram os métodos econométricos modernos para estimar a demanda por água residencial. Howe e Linaweaver (1967) analisaram os dados de diferentes ofertantes por região dos Estados Unidos referente aos anos de 1963-65. Posteriormente, em 1982, Howe estimou novamente as elasticidades-preço marginal em relação aos mesmos dados, aprimorando as funções de demanda por água residencial com base nos avanços da teoria do consumidor.

Para outros trabalhos com a demanda por água residencial pode-se citar Saleth e Dinar (1997), Hanemann (1998), Renwick e Green (2000), Hoehn e Krieger (2000), Renzetti (2002b), Worthington e Hoffman (2008). Jerkins et al. (2003) apresentam uma análise do valor econômico da água para o uso urbano, estimando cenários até 2020 para a Califórnia. Para uma análise aprofundada da literatura existente podem-se ver também Booker, et al. (2012) e Griffin (2006).

2.1.1. Demanda de água para a irrigação

Segundo Harou, et al. (2009), a irrigação é considerada o uso de água mais intensivo em todas as partes do mundo. Por causa disso, muitos estudos vêm observando o comportamento e apresentando formas de derivação das curvas de demanda de água para a irrigação (Tsur, et al. 2004; Young, 2005). Em virtude da característica de insumo no processo de produção que a água possui na irrigação, pode-se considerar a demanda de água para esse uso como uma forma de demanda derivada.

É importante frisar que o termo demanda na economia pressupõe a existência de um mercado e a determinação de um preço do bem. Essas características (mercado e preço) nem sempre são observadas quando a análise está relacionada à água para a irrigação. Neste caso, o termo demanda, neste trabalho, é empregado como sinônimo de benefício marginal, ou seja, o quanto de retorno é obtido a partir de uma variação marginal na quantidade de água. Outras denominações são observadas e também utilizadas neste trabalho, com o mesmo sentido como, por exemplo, a disponibilidade a pagar, o valor econômico da água, entre outros.

De acordo com Booker et al. (2012), os tipos mais comuns de modelagem para a produção irrigada estão nas várias formas de cálculo do valor residual. Esses métodos têm características dedutivas na medida em que envolvem modelos de comportamento ótimo da firma, mensuração e o valor da escassez residual dos recursos hídricos, calculados pelos retornos estimados sobre os custos não relacionados à água.

Duas abordagens de modelagem econômica na análise da agricultura possuem destaques na literatura: a abordagem positiva e a normativa. A abordagem positiva possui como característica a reprodução do comportamento do produtor em um determinado período de referencia. Dessa forma, os modelos positivos objetivam identificar as reações dos produtores a possíveis cenários de mudanças externas, apresentando uma relação de causa e efeito.

Enquanto isso, em relação à abordagem normativa, estes métodos buscam inferir um

juízo de valor, ou seja, os seus resultados representam uma situação de otimização para o tomador de decisão que, não necessariamente, será igual à observada. Segundo McCarl e Spreen (2004), os métodos normativos são empregados principalmente em trabalhos cujo objetivo é a prescrição de soluções para um determinado problema.

Harou, et al. (2009) destacam que vários fatores impactam e devem ser levados em consideração na estimação das demandas de água para irrigação. Entre os principais, podem-se indicar o método de irrigação, as condições climáticas e o mix de cultura escolhido pelo agricultor. Além disso, esse mix escolhido é determinado por um conjunto de variáveis (o preço da cultura, o custo dos insumos, a disponibilidade e o preço da água, entre outros).

O primeiro estudo econômico sobre a agricultura irrigada introduzido na literatura foi escrito pelos autores Moore e Hedges no artigo seminal “*A Method for Estimating the Demand for Irrigation Water*” (1963), que buscou um caminho para a estimação da demanda por água irrigada, através da determinação dos retornos máximos líquidos das unidades produtivas, diante de vários preços hipotéticos para a água e modificando as limitações dos recursos hídricos. A evolução na literatura acerca da demanda por água na agricultura resultou em duas principais abordagens: os métodos indutivos e os métodos dedutíveis. Harou et al. (2009) destacam que as técnicas indutivas dependem da análise estatística e econométrica dos dados observados para inferir o valor econômico, possuem como característica serem intensivos em dados e são considerados como uma forma positiva de análise. Os métodos dedutíveis costumam estar associados ao uso da programação matemática, ou seja, da otimização, embora modelos de equilíbrio geral e métodos do valor residual também se enquadrem nesta categoria. Os métodos dedutíveis apresentam característica de serem computacionalmente intensivos e são considerados em sua maioria como uma abordagem normativa, ou seja, buscam inferir uma solução ótima. O modelo de programação matemática positiva apesar de utilizar o processo de otimização e de serem computacionalmente intensivos não fazer parte da metodologia dedutiva e sim, uma abordagem positiva.

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos no estudo do uso de água para a agricultura.

Hexem e Heady (1978) apresentam em seu trabalho uma relação entre a aplicação e estimação das funções de produção agrícola, relacionando essas funções com o rendimento das culturas por quantidade de água aplicada para regiões climáticas e sobre diferentes tipos de solo nos Estados Unidos. Vaux e Pruitt (1983) assumiram que a relação entre o rendimento da cultura e a quantidade de água poderia ser estabelecida por modelos estatísticos, para isso utilizaram a regressão por mínimos quadrados ordinários para varias formas funcionais e definições sobre o uso total do recurso. Outros autores, como Booker (1995), também utilizaram métodos econométricos de regressão, com o intuito de obter curvas de demanda inversas que posteriormente pudessem ser incorporadas em avaliações de políticas regionais de recursos hídricos. Já Just (1991) fornece um levantamento acerca das abordagens utilizadas na produção agrícola, levando em consideração tanto os estudos da programação matemática como as aplicações e técnicas econométricas desenvolvidas até aquele momento.

Uma das formas de observar esse tipo de demanda é utilizar as informações acerca da produtividade agrícola e da construção da função de produção da cultura a partir da água, para observar o comportamento do fator no retorno da cultura. Dessa maneira, o produto marginal físico – determinado pela primeira derivada parcial da função de produção em relação à água – pode ser determinado para diferentes quantidades do recurso. Por fim, o valor marginal, ou seja, a curva de demanda pode ser definida pela multiplicação entre as produtividades marginais físicas e a receita marginal da cultura (preço da cultura). (HAROU et al , 2009)

As funções de produção, a que Harou et al (2009) se referem, representam a relação entre o uso do fator e a produção da cultura analisada. Essas relações podem ser estimadas a partir de análises econométricas, que utilizam uma grande gama de dados, conforme Moore et al (1994) ou a partir de simulações econômicas que observam as reações nas produções das culturas a partir da aplicação da água em condições agronômicas e climáticas específicas, como em Dinar e Letey (1996).

Outra possibilidade bastante analisada atualmente, principalmente por ser menos intensivo em dados, são os modelos de otimização. Encontram-se na literatura diversos

modelos de programação matemática, desenvolvidos para simular as decisões dos agricultores, sendo que, a maioria desses modelos maximizam lucros ou receitas.

Usando programação matemática para a modelagem de demandas de água para a agricultura irrigada, Howitt, Watson e Adams (1980) fornecem uma comparação entre a aplicação de um modelo de programação linear e de programação quadrática para a agricultura. Duas diferenças principais entre esses modelos são apresentadas: em primeiro lugar, o modelo de programação quadrática trata a demanda da produção agrícola endogenamente, ao invés de representá-la pela inclusão de um preço de mercado constante, como a programação linear. Em segundo lugar, os modelos de programação quadrática permitem alterações na cesta de culturas como resposta a variações no custo da água, enquanto que a programação linear não. Essas características levariam, teoricamente, à estimativas de elasticidades-preço de demanda subestimadas nos modelos que utilizassem exclusivamente a programação linear, enquanto que esse viés seria corrigido pelos modelos de programação quadrática. Com esse intuito foram estimadas as elasticidades-preço da demanda de água para a irrigação na região do vale Central da Califórnia, tanto pelas especificações da programação linear como da programação quadrática. Os resultados empíricos suportaram os resultados teóricos apresentados.

Outras abordagens também são encontradas na literatura para a valoração da água de irrigação, constando principalmente de análises econométricas. Alguns trabalhos como, Schoengold et al. (2006) e Nieswiadomy (1985) são importantes na utilização de modelos estatísticos como forma de medir a resposta econômica a mudanças nos valores da água. Os dois estudos utilizaram uma abordagem indutiva com base em um conjunto bastante rico de dados, permitindo aos autores estimar as funções de demanda derivadas para o uso da água na agricultura seguindo uma abordagem econométrica convencional, obtendo elasticidades de demanda particularmente interessantes. A abordagem indutiva é exemplificada pelos estudos publicados pela International Food Policy Institute (IFPRI). Fan, et al (2002), estimaram os retornos de investimento na irrigação de forma conjunta (Booker, et al, 2012). Para visualizar o início do desenvolvimento dos métodos econométricos na determinação da demanda de água, pode-se ver Lynne

(1978) que descreve uma breve análise desse período.

Além dessas, pode-se citar a abordagem da necessidade (Davis e Hanke, 1971), em que os modeladores projetam a quantidade de água necessária para os usuários e assim observam a oferta futura que satisfará essa demanda. Essa metodologia de projeção da demanda é normalmente impulsionada pelo crescimento populacional ou pelo crescimento exógeno das atividades produtivas. Um problema decorrente dessa abordagem está na presunção de que a demanda é determinada, ou seja, fixa, considerando dessa forma, apenas o ajuste na oferta necessária para atendê-la. (GRIFFIN, 2006)

Há também, a metodologia da expansão do ponto, aplicada em inúmeros trabalhos desde James e Lee (1971). Segundo Griffin (2006), a técnica da expansão do ponto é de fácil aplicação e funcionalmente capaz, ou seja, pode ser obtida uma estimativa para toda a curva de demanda ao invés de um valor único para cada quantidade. De forma simplista, para a utilização do método deve prioritariamente ser obtido um ponto da função (normalmente determinado pelos dados observados) e a elasticidade de demanda, que deve ser estimado ou assumido. A função da elasticidade de demanda é a partir do ponto observado, estender a curva para ambos os lados. Uma das críticas apresentadas a esta metodologia está na limitação das opções viáveis para a função demanda, pois estas são funções de apenas dois parâmetros e por isso, só podem ser expressas sob a forma linear ou de elasticidade constante ($w = mp + b$ ou $w = kp^e$), premissas que podem não ser condizentes com a realidade. Apesar disso, continua Griffin (2006), o método de expansão do ponto representa uma ferramenta importante para a estimação da demanda para a irrigação.

Pode-se citar ainda o método da imputação residual (Young, 1996) que é à base de várias outras abordagens. Utilizada principalmente para a análise de demanda referente à água como insumo na produção, a imputação residual consiste na ideia de que em uma estrutura de economia de mercado, cada insumo da produção será pago com base no seu valor do produto marginal. Dessa forma, a partir da informação de quanto é necessário de insumo para obter uma quantidade do produto e o preço final do produto e de todos

os insumos exceto a água, pode-se inferir o valor desconhecido do insumo pelo seu valor médio determinado pela rentabilidade líquida do insumo. (GRIFFIN, 2006)

De acordo com Booker et al. (2012), identificar a demanda econômica para os diferentes usos da água é uma das bases para os modelos de apoio a decisão no planejamento e gestão dos recursos hídricos. Segundo Harou et al. (2009), outra função importante da determinação das curvas de demanda de água é serem, elas, elementos chave para os modelos hidroeconômicos, por possuírem a característica de não serem estáticas, ou seja, determinadas por requerimentos fixos e sim funções onde as quantidades de água alocada têm distintos valores econômicos. Muda-se assim a visão estática da demanda, que era definida pela projeção de crescimento da população e das necessidades de água para a agricultura, indústria e consumo final, para uma visão de demanda relacionada ao conceito de valor econômico. Essa ótica torna-se mais realista a mudanças de valor da água relacionadas à quantidade e tipo de uso, e auxilia na monetização dos tipos de usos, permitindo uma comparação imparcial entre eles. Dessa forma, os modelos hidroeconômicos apresentam-se como ferramentas orientadas para a descoberta de novas estratégias que promovam o avanço na eficiência e na transparência do uso da água, observando as características ambientais (evapotranspiração, mudanças climáticas), econômicas (produção, valor econômico) e de engenharia (custos de construção, operação e manutenção da oferta de água)

Os primeiros trabalhos relacionados à modelagem hidroeconômica derivam da década de 60 e 70, como por exemplo, Bear e Levin. (1970), que primeiro utilizou funções de demanda de água na determinação da alocação de água em um sistema interligado de recursos hídricos regionais. Autores como Rogers e Smith (1970), e Gisser e Mercado (1972, 1973) e Noel et al. (1980) também utilizaram curvas de demanda em seus modelos hidroeconômicos com o objetivo de maximizar os benefícios líquidos derivados das curvas. Outros trabalhos também usam a modelagem hidroeconômica integrada na incorporação da água e das demandas ambientais para múltiplos usuários, como por exemplo, Jakeman et al (2006) e Rosenberg, Howitt, e Lund (2008). Além de inúmeros trabalhos que vêm sendo desenvolvidos na busca por soluções e ferramentas para gestões eficientes dos recursos hídricos em todo o mundo como McKinney et al.

(1999), Jakeman e Letcher (2003), Lund et al. (2006), Heinz et al. (2007), Cai (2008), Brouwer e Hofkes (2008) e Ward (2009).

Entre outros trabalhos desenvolvidos na análise econômica dos recursos hídricos pode-se citar o trabalho de Gardner e Young (1988), que modelaram as respostas dos produtores de fazendas do Grand Valley, localizada na Bacia superior do rio Colorado, no sudoeste dos Estados Unidos, para diferentes estratégias do controle da salinidade. Para isso, investigaram uma série de mecanismos de partilha de custos, que proporcionam benefícios econômicos líquidos relacionados apenas a salinidade, que poderia ser aceito tanto pelos irrigadores do Grand Valley, assim como pelos usuários da Bacia inferior do rio Colorado. (BOOKER et al, 2012)

Já Huffaker e Whittlesey (2000) identificaram em seu trabalho aplicado à Bacia do rio Snake no sul do Idaho, que mesmo com os incentivos de conservação aplicados nas tecnologias adotadas para a redução no uso da água, a redução de fato não ocorreu. Eles visualizaram que os investimentos em tecnologia para o uso eficiente da água para irrigação, enquanto rentáveis para os produtores individuais no âmbito da política de conservação da água, poderia ser prejudicial em nível agregado.

A partir da década de 90, a programação matemática é integrada como método de modelagem para a demanda de água para irrigação, a partir do trabalho de Howitt (1995) que desenvolve uma técnica denominada Programação Matemática Positiva (PMP). O PMP é um processo de autocalibração que consiste em três etapas: Primeira, uma programação linear para a maximização do lucro. As restrições desta calibração são relativas ao uso da terra e o conjunto de culturas e seus valores observados. Em seguida, os parâmetros de uma função de custo quadrática são derivados com base nos multiplicadores de Lagrange obtidos das restrições da primeira etapa e das condições de primeira ordem da função objetivo. A terceira etapa incorpora as funções que foram calibradas anteriormente dentro de um programa não linear de maximização do lucro, sujeita a restrições sobre os usos dos fatores de produção (água, terra, trabalho e suprimentos) utilizadas na etapa um e uma nova restrição para o consumo de água anual. Finalmente, as funções de demanda econômica de água são obtidas a partir de

diferentes restrições de disponibilidade de água para a região estudada. (BOOKER et al, 2012)

Recentemente, o PMP obteve uma ampla aceitação na análise e obtenção de curvas de demanda por água. Isto se deve ao bom funcionamento destes modelos, incluindo elevado número de recursos, políticas e restrições ambientais frequentemente observados na prática (Griffin, 2006). Outra característica favorável é que o PMP não requer um extenso conjunto de dados como os modelos econométricos, por basear-se diretamente no comportamento maximizador do lucro dos produtores agrícolas, em contrapartida a intensidade computacional. Por isso tem sido considerado mais adequado para tal aplicação do que os métodos estritamente estatísticos. De maneira geral, o PMP mostra-se adaptável à situação sob o qual é calibrado, podendo ser usado para modelar com precisão mudanças de decisão dos produtores agrícolas diante de restrições ambientais e, alterações nos recursos disponíveis ou políticas. (HOWITT et al, 2010).

Diversos trabalhos utilizando o PMP foram desenvolvidos nos últimos anos. Judéz et al. (2002) aplicaram a técnica para a região de Navarra na Espanha com o objetivo de analisar os efeitos do programa Agenda 2000 da União Europeia para os diferentes cenários de políticas agrícolas estabelecidos pelo programa. Medellín-Azuara et al. (2008, 2009) utilizaram o PMP para a estimação da demanda de água para três regiões do México pertencentes ao delta do Rio Colorado. Qiuqiong Huang et al (2010) utilizaram o PMP para obter as curvas de demanda de água para as regiões rurais da China, e as utilizaram para observar as implicações na produção de diferentes políticas de precificação da água. Outros trabalhos vêm utilizando os métodos de programação matemática positiva atrelada a modelos hidroeconômicos, obtendo a partir dessa associação, impactos de mudanças climáticas ou de outros fatores nos recursos hídricos da região. Como por exemplo, Marques et al. (2005) que apresenta insights para a região da Califórnia, Torres et al. (2011) que mensuram o impacto da expansão da cultura de cana de açúcar para a região do médio São Francisco no Brasil, Kan et al. (2009) que aplicam o PMP para a região de Israel e Rohm e Dabbert (2003) que apresentam uma versão expandida do PMP para as regiões agrícolas da Europa.

Para a estimação da demanda de água para a irrigação no Brasil, Maneta et al. (2009b) utilizou um método de semi-distribuição com base na quantidade de água implementada, desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute (2005) para aplicação nos modelos hidro econômicos denominados MIKE, para simular a alocação e uso da água a partir de seis cenários de forte expansão da irrigação no médio São Francisco. Neste modelo, a bacia é definida como um conjunto de componentes interconectados que armazenam, transferem ou utilizam a água. O modelo então observa a equação do balanço da massa para cada um desses componentes a partir do fluxo de entrada e saída. Dessa forma, como menos de 5% da água utilizada na irrigação são provenientes de fontes subterrâneas, apenas os desvios a partir do sistema de superfície foram considerados, levando a uma curva de demanda determinada pelo volume do insumo desviado do rio para suprir as necessidades hídricas das culturas. Assim define-se a função da demanda de água como uma função da precipitação e da eficiência da irrigação. Para a estimação dessa função demanda utilizou-se 500 simulações de Monte Carlo para observar o comportamento estatístico das bacias hidrográficas para os seis cenários projetados, visualizando as diferenças espaciais e temporais. (MANETA et al., 2009b)

2.2. Programação Matemática Positiva (PMP)

Durante a década de 50 e 60, a análise econômica da agricultura utilizava principalmente os modelos agregados de programação matemática linear (PL). Neste período diversos modelos foram desenvolvidos nos Estados Unidos e na Europa. Todavia, poucos desses modelos foram mantidos e de forma gradual foram substituídos por novos modelos, como por exemplo, os modelos que levavam em conta a variedade de commodities e os modelos de equilíbrio geral computável. Muitas dessas mudanças decorreram dos resultados dos modelos existentes se tornarem obsoletos como sistema de suporte para os tomadores de decisão. (HECKELEI; BRITZ, 2005)

De acordo com Buysse et al. (2007b), uma dessas mudanças destacadas está em, com o passar do tempo, a motivação e os instrumentos de intervenção pública na agricultura

terem mudado. Enquanto que, a partir da segunda metade do século 20, o foco estava na redução dos custos de produção agrícola e a busca pela maximização do lucro pelo produtor, no final do século, as questões ambientais e de sustentabilidade permearam a discussão teórica e empírica.

Com o objetivo de analisar esses desafios e ampliar os estudos teóricos e empíricos, os modelos de análise de políticas convencionais foram expandidos. Esses modelos são essenciais para o suporte político adequado. Porém, modelar o aspecto multifuncional da atividade agrícola não é uma tarefa fácil e alguns desafios devem ser observados. Primeiro como definir e mensurar os resultados não comerciais da agricultura, como por exemplo, a qualidade da água. Segundo, para uma avaliação global do setor agrícola e suas diversas funções é necessário observar a relação entre a oferta dos resultados não comerciais e a demanda da sociedade pelos mesmos, neste caso, o principal problema está na estimação das demandas por estes bens. Terceiro como avaliar a resposta do setor às variadas intervenções pública possível (BUYSSSE et al, 2007b). Além disso, outros aspectos importantes a ser levados em consideração são a aversão ao risco, a presença e retornos marginais decrescentes devido, por exemplo, à não uniformidade na fertilidade do solo, os detalhes operacionais como rotação de culturas, entre outros.

Segundo Hazell e Norton (1986), para a análise dos aspectos da multifuncionalidade do setor agrícola, um dos argumentos mais importantes da utilização dos modelos de programação matemática é a possibilidade de modelar as relações diretas entre os elementos econômicos e ambientais. Assim, embora outras técnicas também apresentem essa incorporação, os modelos de PM apresentam vantagens por causa da capacidade de lidar com as características instáveis do setor agrícola. Todas essas características têm levado a uma atualização do uso dos métodos de programação matemática para a análise de políticas agrícolas e ambientais, assim como gerado diversas aplicações e extensões em diferentes níveis de investigação conforme serão apresentados no decorrer desta seção.

Dada a essa necessidade de observar os efeitos de políticas agrícolas e ambientais sobre o comportamento do produtor e visto que os modelos de programação matemática

normativa não possuem o objetivo de reproduzir as condições observadas e que para que isso ocorra é necessário um conhecimento muito acurado das características da produção e do comportamento do usuário, surgem os modelos de programação matemática positiva (PMP). Já os modelos de programação matemática econométrica (Heckelei e Wolff, 2003), possuem métodos econométricos combinados aos modelos de programação matemática, mas requerem uma grande quantidade de dados disponíveis.

A programação matemática positiva (PMP) aparece a partir do final dos anos 80 para renovar o interesse pela programação matemática (PM) como ferramenta de análise e modelagem do comportamento econômico, principalmente na modelagem do setor agrícola. Isto decorre, primeiramente, pela atração do positivismo na determinação dos parâmetros das funções de otimização, o que tornou possível a calibração exata dos modelos de programação matemática, condição necessária quando se pretende uma melhor observação do comportamento do produtor a políticas e mudanças nas condições observadas. Outro impacto decorrente da aplicação da metodologia PMP é que ela proporcionou um comportamento mais flexível nas simulações efetivadas e seus efeitos observados. Além disso, a crescente necessidade de modelar e simular diversas funções comportamentais sob a ótica econômica, política e, mais recente, ambiental com, muitas vezes, um limitado conjunto de dados disponíveis, mas ao mesmo tempo uma desagregação maior dos dados existentes, reforçou a necessidade de expansão dos modelos de PM. (HENRY DE FRAHAN et al, 2007)

Em muitos desses primeiros trabalhos da década de 80, o PMP foi introduzido em modelos de programação já existentes como substituição aos métodos de calibração utilizados. Essa introdução do PMP nos modelos de programação linear pode ser visualizado nos trabalhos de Howitt e Gardner (1986), House (1987), Kasnakoglu e Bauer (1988), Horner et al. (1992), Schmitz (1994), entre outros.

Apesar de modelos PMP já serem utilizados durante a década de 80, é a partir da formulação proposta por Howitt (1995), que o PMP se desenvolve como metodologia de análise de impactos externos na agricultura. Nesta proposta, Howitt (1995) apresenta o PMP como um método de calibração, para o comportamento observado em um dado

ano de referência, de modelos de programação matemática a partir das informações dos preços sombra das restrições de calibração. Essa informação dual obtida é utilizada de forma a calibrar uma função objetiva não linear, de modo que os níveis de produção das culturas observadas para o período de referência sejam reproduzidos a partir do modelo sem as restrições de calibração. A palavra “positiva” que discrimina essa metodologia reflete que, os parâmetros da função objetivo não linear, derivam de um comportamento econômico considerado racional a partir do conjunto de condições observadas e não observadas que geram o nível de produção explicitada nos dados. A principal diferença entre o PMP e os métodos econométricos existentes é que o PMP não exige uma grande variedade de observações para poder revelar o comportamento econômico, apresentando, porém como desvantagem a impossibilidade de aplicação dos testes de inferência e validação.

A introdução do modelo de programação matemática positiva fez com que as respostas de oferta dos modelos de programação na agricultura tornassem-se mais realísticas, ao permitir a perfeita calibração para o comportamento do observado no ano base, possibilitando resultados simulados mais suaves que os fornecidos pelos modelos de programação matemática linear cujo objetivo não é reproduzir os dados observados e sim inferir uma situação ótima a ser perseguida. Dessa forma, desde a sua introdução, o PMP e os métodos a ele relacionados têm sido aplicados a um número cada vez maior de modelos em diversos níveis (individual, regional, ou setorial). O PMP pode ser compreendido como uma das bases que interligam os modelos econométricos e os modelos de programação matemática que utilizam funções de produção mais explícitas. Preenchendo assim, uma das principais lacunas atuais da economia agrícola que é a consideração de conceitos, como, por exemplo, o da sustentabilidade observada sob a ótica econômica, social e ambiental. (HECKELEI, BRITZ, 2005)

A característica principal dos modelos PMP é o fato de que os parâmetros são calibrados de forma a reproduzir exatamente uma dada situação de referência. É justamente por causa dessa característica que esses modelos são denominados positivos. A vantagem atribuída ao PMP é o aumento da confiabilidade do modelo, a partir do momento em que ele evita diferenciar a situação empírica de referência com a

simulação efetuada. Dessa forma, o resultado do modelo poderá reproduzir as variáveis endógenas sem as restrições de calibração. (BUYSSE et al, 2008; HECKELEI E BRITZ, 2005).

Para Heckelei e Britz (2005), o principal problema observado, a partir de um programa linear de maximização do lucro comumente usado anteriormente para a análise econômica na agricultura, é a especialização demasiada dos resultados. Ou seja, os resultados tendiam sempre para as produções mais lucrativas apresentando as chamadas soluções de canto, visto que esse era o objetivo desses modelos. Isto ocorre, pois o número de restrições dos recursos encontra-se bem abaixo do número de atividades analisadas. Assim, desde que o número de atividades diferentes de zero é superior ao número de restrições dos recursos, a ocorrência da superespecialização torna-se própria do modelo. Esse problema ocorre de forma mais iminente para os modelos agregados em vista que, por exemplo, o número de restrições é ainda mais baixo em relação ao número de atividades observadas quanto maior for o nível de agregação. Quanto mais as soluções dos modelos se distanciam dos valores observados, menos atraentes são os modelos, para os tomadores de decisão quando o objetivo é verificar os possíveis efeitos de políticas. Assim, esforços foram despendidos com o intuito de calibrar os modelos de programação linear para melhor reproduzir os dados observados. As primeiras tentativas de calibrações efetuadas nos modelos de PL foram à introdução de adicionais restrições como a adição de limites inferiores e superiores para as atividades analisadas. Porém, além do fraco rigor teórico e empírico das restrições adicionais, elas reduziam o número de possibilidades de resultados simulados tornando os modelos pouco flexíveis.

A ideia geral do PMP é o uso das informações obtidas dos valores duais das restrições de calibração (restrições, em um problema de programação linear de maximização do lucro, que limitam os níveis das variáveis de uso da terra aos valores observados). Esses valores duais são então utilizados para calibrar uma função objetiva não linear de forma que os níveis observados sejam reproduzidos como solução ótima de um novo problema de programação, agora não linear, sem as restrições de calibração anteriormente aplicadas.

Para isso, o PMP, formalizado por Howitt (1995), realiza um procedimento em três etapas. A primeira delas resolve um modelo de programação matemática linear de maximização do lucro, acrescido de um conjunto de restrições dos insumos e um conjunto de restrições de calibração que leve a decisão das áreas das culturas produzidas, aos níveis observados para o período de referência.

De maneira algébrica, pode-se representar a primeira etapa do modelo PMP proposto por Howitt (1995), como:

$$\max \quad z = p'x - c'x \quad (1)$$

sujeito a:

$$Ax \leq b \quad (2)$$

$$x \leq (x^0 + \varepsilon) \quad x \geq 0 \quad (3)$$

Onde z é o valor da função objetivo, p é o vetor ($n \times 1$) dos preços dos produtos, x o vetor ($n \times 1$) das áreas com as culturas produzidas (variável de decisão), c representa o vetor ($n \times 1$) dos custos variáveis das atividades, A é a matriz ($m \times n$) de coeficientes das restrições de recursos, b é o vetor ($m \times 1$) da quantidade de recursos disponíveis, x^0 é o vetor ($n \times 1$) do nível das atividades observados e ε é o vetor ($n \times 1$) de folga da restrição de calibração (todos os elementos de ε são iguais a 0.001).

Segundo Heckeley e Britz (2005), a variável de folga ε é incluída para garantir que todas as restrições de recursos permaneçam vinculadas, ou seja, que os resultados apresentados mantenham o uso do insumo no seu valor máximo disponível, isso implicará na obtenção dos valores sombras necessária para a calibração da etapa seguinte. Enquanto que, a função da restrição de calibração é impor, à solução ótima do modelo de programação linear, os valores observados no ano base para as atividades, uma vez que as restrições de recursos permitem essa solução. É necessário notar que a solução do modelo de PM proposto pode apresentar desvios dos valores observados devido a perturbações na restrição de calibração determinadas pelos ε .

Algebricamente pode-se resolver o problema de maximização linear do lucro da etapa 1 a partir do Lagrangeano

$$L(x) = p'x - c'x + \lambda[b - Ax] + \rho[(x^0 + \varepsilon) - x] \quad (4)$$

Onde λ é o vetor ($m \times 1$) de valores duais associados com as restrições de recursos e ρ os valores duais associados com as restrições de calibração. Howitt (1995) interpreta o vetor ρ como uma forma de capturar qualquer espécie de má especificação existente no modelo, assim como, possíveis erros nos dados, viés devido à agregação, comportamento de risco e expectativas sobre os preços. Sob a ótica de calibrar uma função não linear de produtividade decrescente, identificando o vetor dual ρ como a diferença entre o valor do produto médio e o valor do produto marginal das culturas. Um significado alternativo foi proposto por Paris e Howitt (1998), onde esse vetor ρ foi interpretado como um diferencial entre o vetor custo marginal junto com o vetor custo observado (c) com o intuito de revelar o custo marginal real de oferta no ponto observado x^0 .

De volta ao modelo, particionando o vetor x em dois subconjuntos (denominados de x^p e x^m), de maneira que x^p represente o vetor $((n-m) \times 1)$ das atividades as quais são limitadas pelas restrições de calibração ($\rho \neq 0$), x^m , o vetor ($m \times 1$) das atividades restringidas apenas pelas restrições de recursos ($\lambda \neq 0$). As letras p e m destacadas estão relacionadas a nomenclatura comum na literatura (preferíveis e marginais, respectivamente).

Assim, de forma simplificada e sem perda de generalização, assumem-se todas as atividades em x^0 como diferentes de zero e todas as restrições de calibração apresentando-se de forma vinculadas. Dessa forma, pode-se inferir a partir das condições de Kuhn-Tucker, que:

$$\rho^p = p^p - c^p - A^{p'}\lambda \quad (5)$$

$$\rho^m = [0] \quad (6)$$

$$\lambda = (A^{m'})^{-1}(p^m - c^m) \quad (7)$$

De acordo com Heckelei e Britz (2005), os subscritos p e m indicam os subconjuntos a que estão vinculados. Como o subconjunto x^m não é restringido pelas restrições de calibração, os valores sombras determinados são iguais à zero ($\rho^m = [0]$). Para o subconjunto x^p , os valores duais (ρ^p) são determinados pela diferença entre o preço e o custo marginal da atividade, sendo esse custo definido pela soma do custo variável da atividade (c) e o custo marginal dos recursos fixos utilizados ($A^{p'}\lambda$). É necessário observar que conforme a eq. 7, o valor sombra das restrições de recursos depende apenas das entradas das funções objetivas e dos coeficientes das atividades do subconjunto m .

Para a etapa 2 do problema, utilizam-se os valores sombra das restrições de calibração (ρ^p) para especificar a função objetivo não linear de forma que o custo marginal da atividade seja igual ao seu preço para o respectivo nível observado no ano base. Dessa forma, definindo uma função de custo variável implícita com as propriedades de convexidade para os níveis de atividade, a solução do problema de programação não linear resultante será um ponto limite, determinado pela combinação entre as restrições vinculadas e as condições de primeira ordem. (HOWITT, 1995)

Assim, definidos os valores sombra das restrições de insumos e de calibração, o segundo passo do PMP consiste no uso desses valores para a calibração dos parâmetros da função objetiva não linear. Os primeiros modelos PMP consideravam a calibração de uma função custo quadrática, porém, outras formas funcionais são possíveis. Como exemplos da aplicação de outras formas funcionais, em muitos casos agregada também a função custo quadrática, pode-se indicar: a função generalizada de Leontief e a função custo ponderada por entropia em Paris e Howitt (1998); a função de produção de elasticidade de substituição constante (CES) em Howitt (1995); a função de produção com elasticidade de transformação constante (Graindorge et al., 2001).

Conforme dito anteriormente, Howitt (1995) identificou os valores duais das restrições de calibração como uma forma de capturar qualquer tipo de viés dado pela agregação dos dados, especificações equivocadas do modelo, risco derivado do comportamento ou

expectativa de preço. Para Heckelei e Britz (2005) qualquer tipo de função não linear que apresente as propriedades requeridas, como curva de custo médio em forma de U e custo marginal crescente em relação a função custo, como também, produtividade marginal dos fatores de produção positivos e decrescentes e retornos de escala constante para a função de produção, pode ser utilizada na fase 2. Dois tipos de funções de custo têm sido aplicados frequentemente por questões de simplicidade computacional: a função quadrática e a função exponencial. Como a função custo quadrática é a mais difundida, utilizou-se a mesma nesta aplicação, de forma a destacar as propriedades e metodologias de calibração. Estes desenvolvimentos podem ser visualizados nos trabalhos de Heckelei e Britz (2005) e Henry de Frahan et al. (2007).

Assim, a função custo quadrática utilizada é descrita abaixo:

$$C^v = d'x + \frac{1}{2}x'Qx \quad (8)$$

onde d é o vetor ($n \times 1$) dos parâmetros associados com o termo linear e representa a parte fixa do custo marginal e Q é uma matriz ($n \times n$) simétrica, positiva semi-definida dos parâmetros associados com o termo quadrático, representando a inclinação da função custo marginal.

Os parâmetros são calibrados de forma que o custo marginal seja igual ao custo variável observado mais o valor sombra da restrição de calibração dada pela eq. 3. Desta forma, pressupõem-se um custo marginal variável. Assim,

$$c^v = \frac{\partial C^v(x^0)}{\partial x} = d + Qx^0 = c + \rho \quad (9)$$

A partir da definição do conjunto dos parâmetros que satisfazem a equação acima, o problema de programação não linear de maximização do lucro que reproduz os dados observados é obtido. Algebricamente, a etapa final do PMP é definida por:

$$Maxz = p'x - d'x - \frac{1}{2}x'Qx \quad (10)$$

Sujeito a,

$$\begin{aligned} Ax &\leq b \quad [\lambda] \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (11)$$

De acordo com Heckelei e Britz (2005) os valores sombra das restrições dos recursos do modelo da eq. 11, no ponto x^0 observado, não difere daqueles obtidos no modelo linear da etapa 1. Ou seja, eles ainda são determinados pela lucratividade marginal das restrições de recursos das atividades do subconjunto m nos níveis observados. Dessa forma, não se alteram os valores obtidos na eq. (5) a (7).

Destaca-se nos modelos de programação calibrada PMP a aptidão em capturar o comportamento dos agricultores em relação às mudanças econômicas, o que possibilita também a mensuração de impactos de políticas agrícolas, modificações nas condições de mercado ou no desenvolvimento tecnológico do setor. Isso decorrerá da interação entre as restrições e a função objetivo não linear. (HECKELEI, BRITZ, 2005)

2.2.1. Principais métodos de calibração e evolução da abordagem PMP

De acordo com Henry de Frahan et al. (2007), um dos problemas decorrentes do uso das condições de primeira ordem, destacadas na eq. 9, é que, o modelo, conforme descrito em Howitt (1995), leva a um sistema de n equações com $[n + n(n + 1) / 2]$ parâmetros, para serem calibrados com base em N elementos obtidos a partir das equações de custo marginal. Ou seja, existe uma infinidade de conjuntos de parâmetros que satisfazem as condições propostas, isto é, que levam a calibração perfeita do modelo. Porém, cada um desses conjuntos de parâmetros calibrados levam a respostas diferentes mudanças nas condições do problema.

Algebricamente pode-se identificar essa sub-determinação a partir do Lagrangeano abaixo descrito e apresentado por Heckelei e Britz (2005):

$$L(x) = p'x - d'x - 0.5x'Qx + \lambda[b - Ax] \quad (13)$$

Considerando todas as atividades em quantidades positivas, as condições de primeira ordem podem ser escritas como:

$$\frac{\partial L}{\partial x} = p - d - Qx - A'\lambda = 0 \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} = b - Ax = 0 \quad (14)$$

A solução desse sistema pode ser escrita por:

$$x = Q^{-1}(p - d - A'\lambda) \quad \lambda = (AQ^{-1}A')^{-1}(AQ^{-1}(p - d) - b) \quad (15)$$

Dessa maneira, o vetor dos níveis de atividade ótima como função exógena dos parâmetros do modelo pode ser expresso por:

$$x = Q^{-1}(p - d) - Q^{-1}A'(AQ^{-1}A')^{-1}(AQ^{-1}(p - d) - b) \quad (16)$$

Diferenciando o vetor x em relação ao vetor de preços pode-se verificar o papel relevante da matriz Q para a variação das atividades em relação a mudanças nos preços. Algebricamente, obtém-se:

$$\frac{\partial x}{\partial p} = Q^{-1} - Q^{-1}A'(AQ^{-1}A')^{-1}AQ^{-1} \quad (17)$$

É necessário observar que nesta etapa o problema da sub-determinação ainda persiste.

De acordo com Henry de Frahan et al (2007), com o intuito de superar essa sub-determinação, primeiramente foi aplicado a condição de matriz diagonal à matriz Q . Isso implica que a variação do custo marginal efetivo da produção da cultura i em relação ao nível de produção da cultura j (sendo $i \neq j$) é nulo. A partir disso, outras suposições adicionais foram aplicadas.

Abaixo, destacam-se os seis principais métodos de calibração dos modelos PMP

abordados na literatura, incluindo as abordagens de custo médio, econométrica e com o uso de elasticidades-preço de oferta e demanda exógena. Destes, apenas a última será utilizada neste trabalho e por isso, será mais bem destacada no texto. Em relação a todos os outros métodos serão apresentados apenas uma breve passagem, para uma análise minuciosa pode-se ver os trabalhos de Heckelei e Britz (2005) e Henry de Frahan et al (2007).

Dessa maneira, a primeira abordagem de calibração foi destacada nos trabalhos de Howitt e Mean (1983), Arfini e Paris (1995) e Cypris (2000), que simplesmente igualou-se o vetor d ao vetor de custo variável c , impondo a todos os elementos de Q , fora da diagonal, o valor zero e definindo os N elementos da diagonal de Q (q_{ii}), a partir da equação:

$$q_{ii} = \frac{\rho_i}{x_i^0} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (18)$$

Outra maneira de calibrar a função custo quadrática foi apresentado em Paris (1988), onde, além dos elementos da matriz Q não pertencentes a diagonal principal serem iguais à zero, os valores do vetor d também são fixados em zero. Além disso, os elementos da diagonal principal de Q (q_{ii}) foram determinados por:

$$q_{ii} = \frac{c_i + \rho_i}{x_i^0} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (19)$$

Uma terceira abordagem consta nos trabalhos de Judez (2001) e Rohn e Dabbert (2003), que primeiramente obtiveram uma participação de um dos valores sombras dos recursos limitados (λ_i) e adicionaram ao vetor dual da restrição de calibração (ρ) de forma a caracterizar um vetor dual modificado (ρ_m). Denotando por λ_{it} o valor sombra disponível das restrições dos recursos. Definiram-se a participação do valor dual em:

$$\delta = \frac{(\lambda_i - \lambda_{it})}{\lambda_i} \quad (20)$$

O vetor dual então é modificado de forma a ser determinado por:

$$\rho_a = \rho + A_i \delta \lambda_i \quad (21)$$

Onde A_i é a linha de A correspondente ao valor dual modificado.

Além desses, foi introduzida nos trabalhos de Gohin e Chantreuil (1999) e Heckelei e Britz (2000), a abordagem do custo médio. Esse método parte do pressuposto que o vetor de custo por unidade de cultura (c) é igual ao custo médio da função custo variável.

A partir desta condição, junto com a equação de custo marginal descrita na eq. 9, determinam-se os parâmetros de calibração. Os valores de q_{ii} então são definidos por:

$$q_{ii} = \frac{2\rho_i}{x_i^0} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (22)$$

De acordo com Heckelei e Britz (2005), os métodos de calibração acima apresentados possuem a característica em comum de apresentar uma segunda derivada da função custo com respeito ao nível de atividade x_i , crescente em relação ao valor dual e decrescente para as variáveis calibradas.

Já em relação à utilização de métodos econométricos para a calibração dos modelos PMP, Paris e Howitt (1998) utilizaram do estimador de máxima entropia para determinar todos os $[n + n(n + 1) / 2]$ elementos da matriz Q e do vetor d. Em suma, segundo Golan et al (1996), a abordagem da máxima entropia consiste na estimação dos parâmetros a partir dos valores esperados das distribuições de probabilidade apoiados sobre um conjunto de condições pré-definidas.

Outros trabalhos expandiram as condições expostas pela Máxima Entropia Generaliza para o PMP com o intuito de superar as críticas desenvolvidas em relação ao uso de uma função de produção linear nas restrições de recursos e o produto marginal igual a zero

para as restrições de calibração apresentadas desde o modelo PMP original. Essa nova estrutura, apresentada nos trabalhos de Paris (2001) e Paris e Howitt (2001), é expressa como um problema de equilíbrio entre oferta e demanda de insumos e entre o custo marginal e a receita marginal de forma que as restrições se apresentem de maneira simétrica, por isso essa abordagem também é denominada de “Symmetric Positive Equilibrium Problem” (SPEP). O SPEP apresenta o primeiro passo do modelo PMP como um problema de equilíbrio com restrições primais e duais simétricas e o terceiro passo como um problema de equilíbrio entre as funções de oferta e demanda e também entre o custo marginal e a receita marginal das culturas. O ponto chave desse método está na representação da disponibilidade dos insumos limitados em resposta a mudanças nos níveis de produção e nos preços dos insumos.

Por fim, a abordagem utilizada neste trabalho é considerada por Heckelei e Britz (2005) como uma das mais convincentes abordagens de calibração dos modelos de PMP: o uso de elasticidades exógenas para calibração. Esse método leva o PMP a um contexto apenas de observação dos níveis de atividade e providencia um significado econômico à informações incorporadas (elasticidades), algo que os métodos anteriores não apresentavam (muitas das informações postas nos métodos acima, com exceção dos econométricos, foram consideradas *ad hoc* pelos autores).

Diversos trabalhos, como Helming et al. (2001), Medellín-Azuar et al. (2009), Maneta et al. (2009a) e Torres et al. (2012), entre outros, apresentam o uso restrito das elasticidades-preço exógenas. Como em outras abordagens, os elementos fora da diagonal principal da matriz Q são também definidos como zero. Porém, neste método, o efeito de uma variação marginal nos preços sobre o valor dual (λ) é ignorado, ou seja, o termo $-A'\lambda$ na eq. 5 desaparece. Assim, dado que $\frac{\partial x_i}{\partial p_i} = q_{ii}$ e utilizando a fórmula da elasticidade-preço, para obter q_{ii} , têm-se:

$$\varepsilon_{ii} = \frac{1}{q_{ii}} \frac{p_i^0}{x_i^0} \Leftrightarrow q_{ii} = \frac{1}{\varepsilon_{ii}} \frac{p_i^0}{x_i^0} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (26)$$

Para a calibração do vetor linear d, parte linear da função custo quadrática, é obtido o

custo marginal de forma que:

$$d_i = c_i + \rho_i - q_{ii}x_i^0 \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (27)$$

Porém, é necessário destacar as palavras de Heckeley e Britz (2005) que afirmam que por causa da abordagem ignorar o valor dual das restrições de recursos, as elasticidades resultantes do modelo poderão desviar-se dos valores exógenos indicados. Assim, a calibração do modelo com elasticidades exógenas, apesar de ser geralmente possível, poderá nem sempre apresentar exatamente os valores observados.

Todas as calibrações do PMP mencionadas acima e a usada neste trabalho especificam uma função custo não linear na etapa 3. Por pressuposto, elas consideram que não é boa a especificação do modelo linear original referente ao lado da produção, e consequentemente a forma como a receita se comporta com o nível de atividade. Os valores duais das restrições de calibração, usando a função-custo não linear, podem ser também explicados a partir de uma produtividade marginal decrescente em relação ao nível do produto, o que não está previsto com o pressuposto de produtividade constante, implícito na função linear. Howitt (1995) utiliza essa interpretação para introduzir termos não lineares na função objetivo para que reflita também a produtividade marginal decrescente das culturas, decorrente da mudança na qualidade da terra.

Outros autores apresentam formas de calibração do modelo PMP sem a utilização dos valores sombra da etapa 1. Entre esses trabalhos pode-se citar: Heckeley e Wolff (2003); Heckeley (2002); Gocht (2005); Polomé et al. (2005). A principal dificuldade dessas abordagens é serem intensivas em dados. Muitos desses modelos buscam calibrar os modelos de programação através de técnicas econométricas para múltiplos dados observados.

Heckeley e Britz (2005), em sua revisão dos modelos PMP, apresentam considerações acerca da calibração dos parâmetros e do comportamento das simulações resultantes das diversas técnicas existentes a época. Entre essas considerações, eles criticam a fraca justificativa empírica dos modelos PMP e consequentemente a característica arbitrária

dos resultados encontrados. Dessa forma, argumentam que o PMP deve evitar a calibração *ad hoc* dos parâmetros e valores sombra das restrições e sugerem dois pontos principais que devem levar a evolução dos modelos PMP. A primeira sugestão, diz respeito ao uso de valores exógenos dos valores duais e de respostas da oferta de modo a calibrar os modelos para os dados observáveis. A segunda está relacionada à estimação dos parâmetros através de modelos econométricos que utilizem múltiplas observações.

Sob essa ótica, Heckelei et al. (2012) procuraram continuar a análise fornecida em Heckelei e Britz (2005), atualizando e avaliando o progresso dos modelos PMP, principalmente sobre a fundamentação empírica desses métodos. Para isso apresentam uma revisão das bases empíricas e dos métodos de calibração dos modelos de programação utilizados recentemente.

De uma forma geral, Henry de Frahan et. al. (2007), destacam entre as principais críticas existentes aos modelos PMP: a diferença de tratamento entre os subconjuntos preferíveis e marginais e o viés de estimativa da primeira etapa do PMP, o que levaria a estimação de valores sombra inconsistentes. Em outras palavras, o vetor λ calculado pode não convergir para o verdadeiro vetor dual para uma quantidade maior de dados, pois o PMP seleciona sempre o maior valor possível para o λ , entre outros. Em relação a análise acerca do tratamento diferenciado, pode-se ver Gohin e Chantreuil (1999). Enquanto que, em relação à estimação inconsistente dos valores sombra, citam-se os trabalhos de Heckelei e Wolf (2003) e Howitt (2005).

Conforme se observa o método PMP permanece em constante evolução. Em sua forma original, o PMP foi desenvolvido para situações em que o pesquisador possuía uma quantidade pequena de dados a sua disposição, ou que, o ambiente analisado possuía forte heterogeneidade, de maneira que fosse necessário, impor fortes hipóteses acerca das formas funcionais da função custo.

Novos trabalhos vêm emergindo na literatura em busca de fortalecer as bases teóricas (incorporando questões climáticas, desagregando dados, entre outros), como por exemplo, Medellín-Azuarra et al. (2010) e Medellín-Azuarra et al. (2011), e os métodos

de calibração (minimização das características arbitrárias dos modelos, como por exemplo Howitt et al. (2012)).

2.2.2. Recentes aplicações do PMP

Dos recentes trabalhos da literatura, Henry de Frahan et al. (2007) calibram um modelo PMP para a Bélgica, em nível de usuário, dessa forma preservando a heterogeneidade entre os agricultores. Nesta aplicação, a primeira etapa do modelo é ignorada e a calibração é baseada nas condições de primeira ordem do modelo de otimização não linear, com custos não lineares na forma funcional quadrática tradicional com a matriz Q diagonal determinada pela abordagem de custo médio e restrições nos insumos. Os preços sombra são obtidos a partir de uma aproximação do diferencial marginal bruto entre o insumo referente à restrição e a próxima melhor alternativa de cultura.

Já Kanellopoulos et al (2010) utilizam a primeira etapa do modelo, mas com o preço sombra da terra definido pela margem bruta média observada. Dessa forma, o insumo terra é a única restrição vinculada para o ano base e, como consequência, capta todos os retornos dos fatores fixos. Nesta aplicação utilizam-se valores exógenos de elasticidade de oferta e como contraponto elasticidades de substituição definidas a partir de procedimentos iterativos que otimizam a previsão a partir do uso de dados em dois períodos.

Segundo Heckelevi et al. (2012), a abordagem de calibração que utiliza elasticidades de oferta exógenas é a mais utilizadas nas aplicações do PMP. Em contraponto a esse método, Merel e Bucaram (2010) propõem uma calibração “cega”, ou seja, ignoram a mudança nos valores duais dos insumos a partir da introdução das informações de elasticidade no modelo.

Um ponto especial aplicação destes autores é o rigor no tratamento das condições necessárias e suficientes, de forma que o modelo de programação matemática seja calibrado perfeitamente com a introdução de elasticidades de oferta exógenas. Essas condições ocorrem com as calibrações que utilizam as funções de produção Leontief e a

de Elasticidade Constante (CES), ambas em combinação com a função custo quadrática tradicional. Mérel et al. (2011) ampliam a abordagem para a função de produção CES generalizada, sugerindo a possibilidade de incorporação de uma nova restrição.

Britz e Heckelei (2000) e Heckelei e Wolf (2003) fazem uma estimação consistente dos parâmetros de calibração a partir da estimação das condições de otimalidade dos modelos de programação usando o processo de Máxima Entropia Generalizada (GME) introduzido por Paris e Howitt (1998).

Buyse et al (2007b) introduzem o termo Programação Matemática Econométrica (EMP, sigla em inglês) para essa abordagem, que hoje considera-se um campo de grande relevância para a análise da insurgente multifuncionalidade da agricultura e a nova disponibilidade de dados.

Os autores (Buyse et al, 2007a) aplicam o EMP para o setor de açúcar da União Européia. Os dados utilizados consistiram de uma amostra de 117 fazendas, de um período de 9 anos, tendo sido estimados os parâmetros da função quadrática de custo empregando o GME para as condições de primeira ordem do programa.

Jansson e Heckelei (2009) utilizaram o método de mínimos quadrados ponderados para a estimação dos parâmetros de forma que os preços e os custos fossem obtidos pela inclusão dos valores primais e duais do modelo. Simulações de Monte Carlo utilizadas para observar as propriedades dos estimadores em comparação ao método de calibração tradicional indicaram resultados superiores aos estimadores em relação ao erro quadrado médio.

Arfini et al (2008) estimaram a função quadrática padrão para 50 fazendas da região de Emilia-Romagna, na Italia, usando dados em corte transversal. Estimou-se uma função demanda linear para as culturas, com os preços se tornem endógenos ao modelo PMP.

Jansson e Heckelei (2011) também estimaram os parâmetros do modelo PMP para a União Europeia. Foram utilizados, 217 modelos de programação agrícola em nível

regional com um total de 23 culturas. Nesta aplicação, um estimador Bayesiano substituiu o modelo GME, normalmente empregado, permitindo assim uma menor demanda computacional ao modelo, como também, uma estimação mais transparente dos parâmetros da função custo. Apesar das vantagens dos modelos Bayesianos em relação ao método GME, para que a estimativa seja viável, foi necessário assumir que todas as restrições dos recursos eram vinculadas, ou seja, possuíam valores sombra maiores que zero. (HECKELEI et al, 2012)

Cortignani e Severini (2009) e Severini e Cortignani (2011) desenvolveram um modelo PMP adaptando-o para refletir um comportamento de aversão de risco na avaliação do portfolio de seguros. Diversos outros modelos PMP vêm sendo aplicados na literatura, como por exemplo, o modelo RAUMIS (Weingarten, 1995) para a Alemanha; FARMIS (Offermann et al. 2005) também para a Alemanha; CAPRI (Britz, 1997) para a União Europeia; PROMAPA (Júdez et al, 2003) para a Espanha; SWAP (Howitt et al, 2010) para a Califórnia, entre outros.

Como se pôde notar, a aplicação dos modelos de programação matemática positiva vem se desenvolvendo e expandindo ao longo dos últimos anos. Cada vez mais, o método vem se mostrando uma ferramenta eficiente para a análise de impactos externos na agricultura, principalmente, a partir da introdução das questões referentes à proteção ambiental e o uso sustentável dos recursos escassos.

Howitt et al. (2012) destacam o uso do modelo PMP com a função de produção não linear determinada por uma função de produção regional com elasticidade constante (CES) e uma função de custo quadrática, em um primeiro momento (Medellin-Azuara et al (2009), Howitt et al. (2009), Howitt e Medellín-Azuara (2008)). Em trabalhos mais atuais, os autores usam uma função de custo exponencial (Medellin-Azuara et al. (2012), Howitt (2012), Howitt et al. (2010)). O modelo PMP nesta sua versão mais recente é denominado de “California Statewide Agricultural Production” (SWAP) vem sendo atualmente empregado para modelar 93% das áreas irrigadas da Califórnia. O SWAP seleciona culturas, quantidade de água e outros insumos de forma a maximizar o lucro sujeito a restrições de água, terra, e às condições econômicas relativas aos preços,

rendimentos das culturas e custos variáveis dos insumos.

Um ponto importante na modelagem SWAP em relação ao PMP original foi a endogeneização dos preços (ver detalhes da endogeneização dos preços no Anexo I). A endogeneização não foi utilizada neste trabalho, mas foi recomendado para futuras pesquisas na região do estudo de caso (Moraes et al, 2014, sob revisão), incorporando assim a demanda pelas culturas ao processo de decisão.

Outra inovação do modelo SWAP é o uso das funções custo exponenciais. Esta forma da função custo apresenta várias vantagens em relação a mais frequentemente especificada, a função custo quadrática¹, mas que também não será utilizada neste trabalho, pois se preferiu utilizar uma versão mais difundida do PMP na literatura. Finalmente, outra melhoria do SWAP em relação a outros esforços de modelagem anteriores está na especificação de funções de produções específicas por cultura e região com elasticidade de substituição constante (CES) que permite uma permutabilidade limitada entre os insumos (Howitt et al., 2012)², tendo sido utilizada neste trabalho também pela sua presença constante na literatura recente.

Para as aplicações do PMP no Brasil podem-se citar os trabalhos de Maneta et al (2009 a) e Torres et al. (2012) que utilizaram o método PMP para Bacias de Boqueirão e Sobradinho no médio e início do submédio do São Francisco. Para o trabalho de Maneta et al. (2009 a), o objetivo da aplicação do PMP foi a introdução dos valores calibrados em um modelo hidrodinâmico integrado que simula diversos cenários de seca e seus efeitos sob a atividade agrícola, capturando os efeitos das interações entre o sistema hidrológico e econômico em níveis espaciais e temporais, de forma a garantir a

¹ A principal vantagem prática é que a função custo exponencial possui uma melhor capacidade de ajustar-se a uma elasticidade de oferta sem necessidade de forçar que o custo marginal da produção de uma unidade inicial assuma valores fora da realidade. Quando se utiliza a função custo quadrática no PMP, o modelador é muitas vezes confrontado entre escolher uma elasticidade não realista, o que impacta a resposta às políticas, a um valor de custo marginal de produção inicial irreal. Em muitos casos, a elasticidade real para uma função linear de oferta força a custos marginais negativos para as primeiras unidades de produção e isto é claramente fora da realidade. (Howitt et al., 2010).

² Outra característica da função de produção CES é ser uma forma flexível que proporciona uma taxa de substituição constante entre os insumos, mais realista do que as funções de produção de Leontief que apresenta proporções fixas e de Cobb Douglas com elasticidade de substituição igual a um, podendo então ser calibrada para cada cultura e região (Howitt et al, 2012)

convergência em um sistema de otimização que leva em conta os fatores espaciais e temporais. Para isso, duas secas de intensidades crescentes são simuladas para investigar o comportamento dos agricultores sob a dependência das chuvas. Para esse trabalho, os resultados mostraram que os agricultores irão reagir aos efeitos decorrentes da escassez do insumo, minimizando os efeitos sobre a lucratividade das regiões. Outro ponto observado foi que esses efeitos eram variáveis de acordo com a localidade na bacia e de seu acesso a outras fontes de recursos hídricos, como a subterrânea.

Torres et al (2012), desenvolveram um modelo hidroeconômico para examinar os efeitos da regulação do uso da água e mudanças nos preços dos produtos da agricultura nas regiões acima referidas. Esses efeitos são apresentados com base no modelo hidrológico MIKE, desenvolvido pela Danish Hydraulic Institute (2005) para cenários de mudanças na precipitação, disponibilidade de água superficial. Os resultados, assim como os apresentados por Maneta et al (2009a), também mostram a variabilidade dos efeitos decorrentes da localização de cada sub-bacia. Outras variáveis foram visualizadas impactando os efeitos da mudança nos preços e na regulamentação do uso da água como por exemplo, o clima, o mix de culturas e a tecnologia de produção.

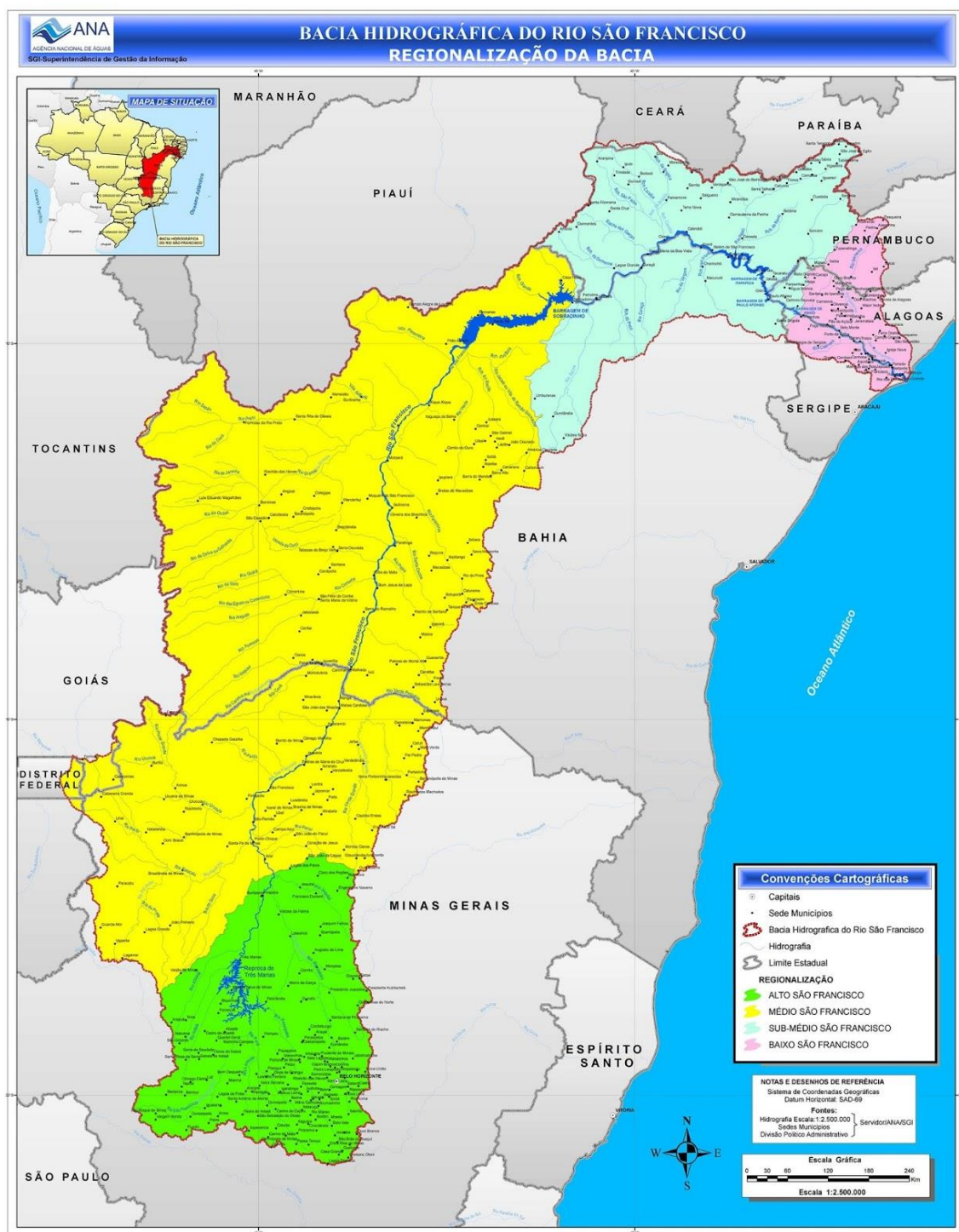
Entre sugestões e críticas, o PMP se consolidou como metodologia de calibração dos modelos de programação matemática não linear e de análise de impactos de políticas ambientais, mudanças climáticas e outros cenários econômicos. Desta forma, este trabalho, baseado na literatura, aplica o método PMP, usando as estratégias de calibração a partir do uso de elasticidades exógenas, bem como a função de custo quadrática e as funções de produção com elasticidade de substituição constante (CES), conforme descrito anteriormente, para a estimação das curvas de demanda dos perímetros públicos irrigados do submédio do São Francisco. Devido à limitação na disponibilidade de dados, não serão usadas ferramentas econométricas, adotando-se o modelo PMP calibrado a partir dos valores sombra das restrições de calibração e de recursos, conforme proposto por Medellin-Azuarra et al. (2009). As elasticidades exógenas são obtidas a partir dos trabalhos de Maneta et al. (2009a) e Torres et al. (2012) conforme será explicado na seção referente a calibração.

3. ESTUDO DE CASO

3.1. Submédio do rio São Francisco e a demanda por água

A região do submédio do São Francisco, localizado na região Nordeste do Brasil, abrange parte dos estados da Bahia e de Pernambuco, e é a segunda maior região fisiográfica do rio São Francisco. Segundo o Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco, apresentado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), a região possui uma extensão de 110.446 km², o que corresponde a uma área de 17% de toda a Bacia do São Francisco que abrange oitenta e três (83) municípios e uma população total de 1.944.131 habitantes (15,2% do total da Bacia)

Localizada em uma região predominantemente de clima semiárido, o submédio possui características homoclimáticas peculiares. Por exemplo, a região apresenta uma precipitação média anual de 693 mm – menor média de precipitação de toda a Bacia do São Francisco —, associada a uma temperatura média de 27° e evapotranspiração média de 1.550 mm/ano, atingindo valores extremos de 2.700 mm/ano para as regiões mais secas da Bacia. De acordo com Nunes de Castro (2011), verifica-se nesta região, uma variabilidade temporal (o semiárido apresenta uma média de um ano seco para cada cinco anos de chuvas normais) e uma variabilidade espacial, onde, em um mesmo período, ocorrem chuvas acima da média em uma parte da região e abaixo da média em outra. Por fim, a região é caracterizada pela existência de rios (em sua maioria) intermitentes e frequentes eventos hidrológicos extremos como a escassez e o excesso de chuvas, marcam a região do semiárido nordestino.



*Figura extraída do site da Agência Nacional de Águas (ANA)

Figura 1 – Bacia do São Francisco e a região do submédio

Devido a estes fatores, ao longo das últimas décadas foram desenvolvidos pelo governo e pela iniciativa privada, diversos projetos de irrigação para a região. Um dos principais casos de sucesso da implantação desses projetos no semiárido nordestino é o pólo de

Juazeiro/Petrolina, localizado na região do submédio do São Francisco. O principal destaque desse pólo é a fruticultura, setor que tem recebido investimentos e modificado o perfil econômico da região. Diante desse cenário, houve um aumento expressivo da produção de frutas, principalmente associado às culturas de uva, manga e banana, sendo a região responsável por 70% das exportações da uva de mesa e da manga do Brasil, segundo dados da CODEVASF em 1998. (ORTEGA, SOBEL, 2011)

Em 2006, a bacia do São Francisco dispunha de aproximadamente 345 mil ha irrigados. Destes, 93 mil (27%) pertence à região do submédio. O grande destaque da região é o pólo Juazeiro/Petrolina, cuja maior parte da produção destina-se a exportação. O desenvolvimento da irrigação levou a uma forte dependência socioeconômica da região em relação aos recursos hídricos, seja através da produção de energia elétrica ou através da agricultura irrigada, apresentando uma heterogeneidade no mix de culturas produzidas e uma diversificação nos tipos de produtores, ou seja, convivem em uma mesma região, grandes empresas agrícolas, cujo foco de exploração e produção das culturas é a exportação, assim como pequenos e médios agricultores comerciais e pequenos produtores de subsistência.

Além dos perímetros irrigados de Juazeiro/Petrolina, têm-se no submédio, os perímetros pertencentes ao projeto do Sistema de Reassentamento Itaparica, desenvolvidos pela CHESF e CODEVASF, que realocou para a agricultura irrigada a população da região afetada pela construção da barragem da Hidrelétrica de Itaparica, atualmente denominada de Hidrelétrica Luiz Gonzaga. Segundo dados da CODEVASF (2012), o volume de recursos destinados à operação e manutenção desses perímetros foi superior a 106 milhões de reais.

Em relação à agricultura, predomina na região a agricultura familiar, sendo a principal fonte de recursos da região do submédio do rio São Francisco e que só foi possível devido aos investimentos em irrigação, já que a agricultura irrigada corresponde ao volume total da agricultura na região. Segundo dados do IBGE para 2006, a região possui mais de 620 mil trabalhadores dedicados à agropecuária, destes aproximadamente apenas 120 mil empregados não possuem relação de parentesco com

o produtor, o que demonstra a característica familiar da agricultura da região e a importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento local.

De acordo com o comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, conflitos entre usos na região hidrográfica já existem, sendo os principais estabelecidos entre a geração de energia elétrica e a irrigação. Há também, conflitos de interesses na gestão, aproveitamento e restrições de uso dos recursos hídricos, principalmente entre os maiores usuários e entre as demandas para usos consuntivos (abastecimento, irrigação, indústria) e qualidade inadequada das águas. Esses problemas tendem a se agravar com o aumento na demanda por energia e novos investimentos públicos em projetos de irrigação.

Ademais, é do submédio que sairão os dois principais eixos do Projeto de Integração do São Francisco (PISF). Segundo a cartilha do PISF (2013), o objetivo do governo federal com o projeto é garantir a oferta de água para consumo humano e para a produção para regiões mais secas do semiárido e assim potencializar o sistema produtivo local. Os estados beneficiados de forma parcial são os estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte em um total de 12 milhões de pessoas. Para isso, dois eixos, denominados Eixo Norte e Eixo Leste, captarão água do rio São Francisco, precisamente, entre as barragens de Sobradinho e Itaparica, região pertencente ao submédio, para atender os municípios do semiárido, do Agreste Pernambucano e da região metropolitana de Fortaleza.

O Eixo Norte terá captação em Cabrobó e transportará um volume médio de 45 m³/s. Esse volume de água será destinado aos Estados de Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte. Já o Eixo Leste, captará um volume de aproximadamente 18,3 m³/s do lago de Itaparica, com destino ao rio Paraíba. O projeto prevê uma retirada de 63,5 m³/s, podendo chegar a um total de 127 m³/s de uma vazão média na foz do São Francisco de aproximadamente 2.850 m³/s e um consumo atual de 91 m³/s. Para isso serão construídos 720 Km de canais que conduzirão esse recurso para os dois eixos principais do projeto (Eixo Norte e Eixo Leste) que desaguarão em açudes e pequenos rios da região. As obras do projeto estão em andamento e apontam para mais de 56,6% de avanço, com previsão de conclusão para o final de 2015. A conclusão deste projeto deve ampliar a

bacia estendida e a demanda de água pela região. Segundo cronograma do Governo Federal, o PISF deverá aumentar a oferta hídrica, além de trazer estímulos às atividades produtivas que dinamizarão a economia da região, gerando empregos e renda para a população beneficiada. A partir dos recursos hídricos desprendidos da Bacia do São Francisco pretende-se implantar cerca de 190 mil hectares irrigados.

Além da retirada dos recursos hídricos através do projeto, deve ocorrer ainda na região o desenvolvimento do Projeto Mais Irrigação do Governo Federal. Segundo o relatório de apresentação do programa do Ministério da Integração (2014), estão previstos para o submédio a expansão e implantação de novos projetos de irrigação. Por exemplo, para o perímetro de Nilo Coelho, em Petrolina, está projetado um aumento da área irrigada para os próximos anos de 22.957 ha, como também, a instalação do Perímetro Pontal, no mesmo município, com uma meta programada de 7.717 ha a ser executada pela CODEVASF. Neste contexto, ainda estão previstas as finalizações das etapas do Projeto Salitre em Juazeiro/BA, com uma perspectiva de expansão de 26.206 ha e a revitalização, através do Eixo 2 do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), dos perímetros de Curaçá e Maniçoba (4.345 e 5.006 ha respectivamente).

Outro problema que o submédio enfrentará em relação à disponibilidade dos recursos hídricos é o impacto climático na região. Resultados de modelos climáticos (Salati (2006); Marengo (2008); Tanajura et al (2010)) apontam que a região Nordeste deverá ter maiores temperaturas médias e maiores taxas de evapotranspiração, o que deve levar a menores disponibilidades hídricas. Salati (2006) apresenta em seus estudos a evidência de uma redução na oferta de água, principalmente no Nordeste brasileiro, decorrente do aumento da temperatura ao longo dos próximos anos o que afetará negativamente a vazão dos rios e a produção agrícola. Tanajura et al (2010) aponta redução da chuva e aumento da temperatura para a região Nordeste do Brasil em uma análise de cenário até 2100. Já segundo Marengo (2008), o semiárido nordestino tenderá a tornar-se mais árido com o aumento da frequência e intensidade dos períodos de seca e uma redução da disponibilidade dos recursos hídricos na região, apresentando, até 2025 – em 70% das cidades com mais de 5 mil habitantes – crise de abastecimento de água, atingindo cerca de 41 milhões de habitantes na região do semiárido nordestino.

De fato, observa-se a grande importância da irrigação para o desenvolvimento da região do Submédio. De acordo com o relatório final do Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio São Francisco e de sua Zona Costeira (PAE), desenvolvido pela Agência Nacional de Águas - ANA (2003), a demanda média anual por recursos hídricos na região do Submédio para a irrigação foi de 46,6 m³/s (com maiores médias nos meses de setembro a novembro), o equivalente a aproximadamente 33% da demanda por irrigação de todo o São Francisco. A disponibilidade total de água da região do submédio é de aproximadamente 899 m³/hab/ano. A demanda de água para a irrigação no submédio corresponde a aproximadamente 89% da demanda de água total da região e 23% da demanda total do São Francisco, o que demonstra o impacto da cultura irrigada do submédio no uso dos recursos hídricos disponíveis. Porém o uso excessivo do recurso também traz diversos impactos relacionados aos recursos hídricos e ao meio ambiente para a região fisiográfica. Como exemplo desses impactos podem-se citar: a poluição difusa devido à agricultura e os esgotos lançados inclusive nas áreas intermitentes; os resíduos sólidos sem controle e com destinação inadequada.

Além dos fatores apresentados, a região apresenta dificuldades na política de precificação e gestão da água. Muitos dos perímetros irrigados a serem estudados ainda permanecem com sua gestão atrelada a entidades públicas, como a Codevasf, Chesf, e o Ministério da Integração. A cobrança pelo uso da água por estas instituições públicas, quando ocorre, referem-se apenas a manutenção e investimento do perímetro, sendo muito abaixo do valor econômico que esse recurso possui. Dessa maneira percebe-se que esse tipo de cobrança não leva em consideração a eficiência econômica do uso do recurso.

3.2. Perímetros irrigados públicos da região do Submédio do rio São Francisco

O processo de desenvolvimento da irrigação do submédio do São Francisco remete a década de 50 e 60. Antes desse período, vários fatores como a baixa qualificação de mão-de-obra, a precária infraestrutura de energia e transporte e o baixo poder aquisitivo

da população local aliado à dificuldade de crédito e distância aos mercados consumidores, dificultaram o seu desenvolvimento. Até esse período, o processo de avanço da estrutura irrigada foi lento, limitada inicialmente a pequenas áreas bombeadas por rodas de água. Somente durante a década de 50, houve a substituição das rodas por moto-bombas e depois pelas bombas elétricas, mais dispendiosas, porém eficientes e com projeção de expansão das áreas irrigadas. (PAES, 2009)

Em um contexto de desenvolvimento local, a partir da década de 60, o governo federal passou a investir em maior intensidade na infraestrutura irrigada para o submédio do São Francisco. Neste período, os primeiros perímetros irrigados do Vale do São Francisco foram instituídos. O primeiro perímetro desenvolvido foi o Bebedouro em Petrolina/PE no ano de 1969 e que, junto com o perímetro de Maniçoba (1971), em Juazeiro/BA, serviram de base para análise da viabilidade econômica dos investimentos públicos em irrigação na região. Já em 1984, desenvolveu-se o perímetro de Nilo Coelho em Petrolina/PE. (ORTEGA, SOBEL, 2010)

Também na década de 80, grandes investimentos foram aplicados na expansão da área irrigada do submédio do São Francisco. Ao longo desses anos, outros perímetros foram sendo desenvolvidos na região, como os localizados no município de Juazeiro/BA (Maniçoba Tourão, Curaçá), totalizando 48.035 hectares irrigáveis. Nesta mesma época, foram desenvolvidos os projetos de irrigação do Sistema Itaparica (14.000 ha).

A implantação dos perímetros do complexo de Petrolina e Juazeiro ficou, inicialmente a cargo da SUDENE e posteriormente com a CODEVASF, que aplicou os investimentos necessários para a obtenção das terras e implantação dos projetos. Em relação a administração desses perímetros, atualmente, são cobrados dos irrigados duas tarifas, denominadas K1 e K2. O componente K1 é cobrado para ressarcimento dos investimentos públicos em infraestrutura e é definido como um valor fixo anual/hectare. Já o componente K2 é destinado para ressarcimento dos custos de manutenção e operação do perímetro irrigado, formado basicamente de custos fixos e relacionadas com o consumo de água. (CODEVASF, 2006)

Os perímetros públicos irrigados do submédio são divididos basicamente em dois grandes pólos: o pólo de Petrolina/Juazeiro e o complexo de Itaparica. O Pólo

Petrolina/Juazeiro situa-se no extremo oeste de Pernambuco e norte da Bahia. Formado por oito municípios (Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Orocó, em Pernambuco; Juazeiro, Sobradinho, Casa Nova e Curaçá, na Bahia), possuía, em 2007, uma população total de aproximadamente 689 mil habitantes. Centrada na produção de fruticultura irrigada, a região vem apresentando expressivas transformações econômicas e sociais.

Este desenvolvimento está atrelado aos investimentos em infraestrutura em transporte, energia e principalmente irrigação. Entre os investimentos estatais em transporte, a partir da década de 50, pode-se citar a ponte que liga Petrolina a Juazeiro, o aeroporto de Petrolina, a barragem de Sobradinho e rodovias estaduais e federais que interligam a região aos centros urbanos, facilitando o escoamento da produção. Para os investimentos em irrigação, estudos anteriores foram feitos com o intuito de avaliar as condições de solo e da água da região e verificar a viabilidade de investimentos nessa área. Dessa forma, instituições como a FAO (Food Agriculture Organization), SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste), CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco), DNOCS (Departamento Nacional de Obras contra a Seca) e EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), entre outras, aplicaram esforços nos estudos e no desenvolvimento dos diversos projetos de irrigação da região. (ORTEGA, SOBEL, 2011)

A irrigação é fundamental para amenizar os problemas decorrentes da seca. Diante deste cenário, a CODEVASF tem papel relevante no crescimento econômico do submédio do São Francisco, sendo o órgão responsável pelo gerenciamento dos perímetros irrigados da região. Segundo Araújo (2003), a irrigação é o principal instrumento de desenvolvimento da região utilizada pela CODEVASF, estimulando a agricultura de larga escala, a instalação de agroindústrias e fomentando o cooperativismo, transformando, dessa maneira, o submédio.

De acordo com Paes (2009), além dos investimentos públicos, diversos incentivos foram oferecidos durante as décadas de 70 e 80 com o intuito de atrair investimentos privados para a região. Entre os incentivos apresentados destacam-se os financiados com recursos do Fundo de Investimentos do Nordeste (Finor) e do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE).

Já Ortega e Sobel (2011), afirmam que, é necessário verificar que o foco dos investimentos públicos foi determinante para que as condições locais pudessem se adequar à produção em larga escala da agricultura irrigada. Durante a década de 80, essa orientação do papel estatal começou a mudar, a partir do processo de emancipação dos perímetros. Essa nova postura deveu-se a necessidade de compatibilizar o processo de administração dos perímetros às devidas restrições orçamentárias do governo federal decorrentes das diversas crises financeiras da década de 80. Neste momento, foram implementados os modelos de cogestão, entre o setor público e o privado, com a criação dos Distritos de Irrigação, onde os produtores se tornariam responsáveis pela administração, manutenção e operação dos perímetros. Até os anos atuais, mesmo nos perímetros mais desenvolvidos, a emancipação não se tornou completa. A participação estatal se mantém presente com diversas ações de expansão, manutenção e operação dos perímetros, além de estudos de viabilidade, assistência técnica e cobranças fornecidas pela CODEVASF e EMBRAPA.

No ano de 2012, o perímetro irrigado de Bebedouro, localizado em Petrolina/PE, possuía 2.418 hectares de área irrigada com 1.892 ha de área ocupada. A produção predominante foi à fruticultura, com destaque para a produção de manga (38% da área total cultivada) e uva (30% da área total cultivada). Os lotes familiares corresponderam a 87% da área sob cultivo e a estimativa de emprego do perímetro foi de 800 empregos diretos e 1200 empregos indiretos, com produção final de 14.186 toneladas de alimentos. Os principais sistemas de irrigação utilizados foram as técnicas por sulcos, microaspersão e gotejamento. (CODEVASF, 2014)

Já Nilo Coelho, também localizado em Petrolina/PE, em 2012, possuía 18.563 hectares de área irrigável totalmente ocupada. Os lotes familiares correspondem a aproximadamente 62% da área irrigada. Assim como o perímetro de Bebedouro, a principal atividade do perímetro foi a fruticultura com destaque para a manga (38%), uva (22%) e goiaba (10%). Os principais sistemas de irrigação foram a microaspersão, aspersão convencional e gotejamento. (ID, 2014)

Para os perímetros de Juazeiro (BA), em 2012, por exemplo, o perímetro de Curaçá possuía 4.203 hectares de área irrigável. Entre as culturas predominantes foram observadas a produção de manga (48%), coco (19%) e uva (14%) em destaque, sendo divididas entre produtores familiares (65%) e empresas (35%), percentagens estas referentes ao total da área irrigada. O emprego estimado neste perímetro foi de 3600 empregos diretos e 5500 indiretos, distribuídos em uma produção total de 105.512 toneladas. Os principais sistemas de irrigação visualizados foram sulcos, a microaspersão, a aspersão convencional e, em menor escala, o gotejamento. (ID, 2014)

Em relação aos perímetros irrigados do complexo de Itaparica, estes foram desenvolvidos pela CHESF com o objetivo de reassentar as famílias rurais atingidas pela construção do Reservatório de Itaparica. No total, o complexo de Itaparica é formado por nove perímetros denominados de: Apolônio Sales, Icó Mandantes, Barreiras, localizados no município Petrolândia/PE; Brígida, em Orocó/PE; Caraíbas, localizado em Santa Maria da Boa Vista/PE; Manga de Baixo em Belém do São Francisco/PE; Glória no município de Glória/BA; Pedra Branca, divididos entre os municípios de Curaçá e Abaré, ambos na Bahia e, por fim, Rodelas em Rodelas/BA, totalizando uma área de 92 mil hectares. Hoje, por meio de convênio com a CHESF, a gestão desses perímetros está a cargo da CODEVASF. (PAES, 2009)

Devido a história da formação desses perímetros, a estrutura produtiva é muito próxima, apresentando um mix de culturas bastante parecidos e sistemas de irrigação idênticos. Por exemplo, o perímetro Icó mandantes, localizado em Petrolândia, possuía em 2012, uma área total irrigada de 2.187 hectares e ocupadas de 1.441 ha. A principal produção é a de coco (53%) distribuídos apenas em lotes familiares e gerando emprego diretos estimados de ordem de 2.453 e indiretos de 3.680. Outros perímetros como Apolônio Sales (coco em 73% da área cultivada) e Barreiras I (coco em 68%), localizados em Petrolândia, e os de Pedra Branca (Banana em 32%), Manga de Baixo (coentro em 50%), Caraíbas (Banana em 56%), Brígida (Banana em 35%), Glória (Melancia em 40%) e Rodelas (Coco em 94%), também apresentam apenas lotes familiares, e o mesmo sistema de irrigação (aspersão convencional). (CODEVASF, 2014)

O desempenho produtivo dos perímetros do complexo de Itaparica tem apresentado rendimentos abaixo do seu valor potencial, como também, abaixo dos perímetros do

pólo de Juazeiro/Petrolina. Um dos problemas indicados seria a qualidade do solo, que se encontra abaixo da vista em outros perímetros.

4. MATERIAIS E MÉTODOS.

4.1. Dados

Os dados necessários para esse trabalho consistiram em: uso base do recurso para o ano de referência, restrição dos recursos da região, custos variáveis dos insumos, produtividade média das culturas na região para o ano de referência e preço por unidade das culturas também para o período base. No total, foram observadas onze (11) culturas (Banana, Cana, Cebola, Coco, Goiaba, Manga, Maracujá, Melancia, Melão, Uva, Tomate) para quinze (12) regiões irrigadas (Nilo Coelho, Bebedouro, Salitre, Manicoba, Tourão, Curaçá, Icó-Mandantes, Apolônio Sales, Barreiras I, Caraíbas, Brígida e Pedra Branca) e quatro (4) insumos (Terra, Água, Trabalho e Suprimentos).

Os valores foram obtidos a partir dos dados municipais do Censo Agropecuário (IBGE, 2006), da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2002-2012), do Relatório Final dos Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos das Atividades Industriais e Agricultura Irrigada nº 6 (FUNARBE, 2011) e o Relatório de Gestão da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF, 2006) e serão explicados abaixo:

Em relação à área irrigada por cultura e por região (por hectare), o relatório da FUNARBE (2011) fornece a área irrigada mensal, (estimada a partir dos dados do Censo Agropecuário 2006) por cultura, para cada município. Para obtermos a área por cultura anual, utilizou-se a média das áreas mensais de cada cultura por município.

Para transformar área irrigada municipal em área por região, utilizou-se o programa ArcGIS para visualizar o percentual da área produtiva do município que estava localizada na região (apenas a região de Pedra Branca está localizado em mais de um município). Dessa forma, multiplicou-se o percentual obtido, destacado na Tabela 1 abaixo, pelas áreas irrigadas municipais, obtendo assim, a área irrigada por cultura para cada região (para o caso de Pedra Branca, efetuaram-se as multiplicações separadamente e efetuou-se a soma por cultura de cada resultado).

Tabela 1 – Proporções das regiões irrigadas ou perímetros na área produtiva do município.

Perímetro	Percentual (%)	Município
Senador Nilo Coelho	78	Petrolina/PE
Bebedouro	5.4	Petrolina/PE
Salitre	5.5	Juazeiro/BA
Tourão	44	Juazeiro/BA
Maniçoba	21	Juazeiro/BA
Curaçá	14	Juazeiro/BA
Apolônio Sales	19	Petrolândia/PE
Icó-Mandantes	74	Petrolândia/PE
Barreiras	7	Petrolândia/PE
Manga de Baixo	16	Belém do São Francisco/PE
Caraíbas	48	Santa Maria da Boa Vista/PE
Brígida	36	Orocó/PE
Gloria	100	Gloria/BA
Rodelas	53	Rodelas/BA
Pedra Branca	42	Curaçá/BA
Pedra Branca	40	Abaré/BA

*Elaboração própria a partir dos dados obtidos com o uso do programa de análise geográfica ArcGIS.

Apenas foram contabilizadas neste trabalho as culturas que estavam destacadas tanto no relatório da FUNARBE (2011) como no Censo Agropecuário do IBGE (2006), devido à necessidade de complementação desses dados. O mix de cultura analisado neste trabalho, descontado as culturas que não se apresentavam nos dois bancos de dados, correspondeu a uma média de 90% da área visualizada nas regiões irrigadas, considerando-se assim uma boa aproximação da área irrigada total dos perímetros.

É necessário observar que, devido a falta de dados de produção por perímetro, as percentagens obtidas a partir do ArcGIS apresentam-se como uma aproximação do

mix de cultura existente no perímetro a partir do mix de cultura observado do município ao qual o perímetro está localizado. Por exemplo, em um município em que 100 hectares são destinados ao cultivo de uma cultura, aplica-se a percentagem de 32% (percentagem da área produtiva do município ao qual o perímetro se encontra), dessa forma o perímetro terá 32 hectares dessa cultura. Este cálculo poderá levar a desvios em relação ao mix real cultivado no perímetro, principalmente para aqueles perímetros que se constituem em percentuais pequenos da área produtiva do município, que podem levar a uma perda de representatividade nos resultados. Entretanto, é importante frisar que em muitos trabalhos para o Brasil, devido a limitada disponibilidade de dados como, por exemplo, os já citados Maneta et al (2009 a) e Torres et al. (2012)³, também são utilizadas aproximações.

Para a quantidade de água utilizada por cultura e por perímetro (em mil m³/ano), utilizaram-se os coeficientes técnicos de retirada para irrigação mensal para cada cultura por município em litros por segundo por hectare, dados da FUNARBE (2011). Os dados da FUNARBE (2011) foram obtidos a partir da metodologia apresentada em ONS (2005) e buscou-se refletir o mais fiel possível todas as condições de evapotranspiração de referencia a partir da estimação pelo método de Penman–Monteith–FAO, do calendário de cultura a partir dos dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2006), para a precipitação efetiva, foi estimada a partir da metodologia estabelecida pelo USDA (DOORENBOS e PRUIT (1992); Boletim FAO nº 24). Dessa maneira, considerou-se neste trabalho os coeficientes de retirada estimados pela FUNARBE (2011) como os dados mais representativos para obter o volume de água por cultura irrigada mensal em cada município. Para se obter o volume anual, efetuou-se a multiplicação do coeficiente pelo total de segundos existentes em 30 dias e o total de hectares mensais irrigados. Com o valor total assim obtido por município, efetuou-se as multiplicações pelas percentagens da Tabela I, para obter o volume total de água anual por cultura e por região irrigada. Como as culturas consideradas representam uma média de 90% da quantidade de água utilizada nos perímetros, considerou-se essa estimativa uma boa

³ Torres et al. (2012), obtêm o mix de cultura cultivado de suas sub-bacias de estudo, utilizando os dados em nível de Estado, da área irrigada cultivada por cultura, desagregando em nível municipal utilizando uma proporção média da área irrigada pela cultura em cada Estado (área irrigada da cultura *i* dividido pela área total cultivada da cultura *i*).

aproximação.

Em relação à quantidade de trabalho por perímetro (em número de trabalhadores), foram utilizados os dados do Censo Agropecuário (2006) fornecidos pelo IBGE. Com esses dados foi possível obter a quantidade de trabalhador por hectare de cada município. Para obter a quantidade total de trabalhador por região irrigada, multiplicou-se esse resultado pela área irrigada por cultura de cada perímetro, já obtida anteriormente, totalizando o número de trabalhadores por perímetro e por cultura.

A quantidade total de suprimentos por cultura (em mil reais) em cada região irrigada foi obtida de forma semelhante ao número de trabalhadores. A partir dos dados do IBGE, obteve-se o valor de suprimentos/hectare. Multiplicou-se então o resultado pela área irrigada por cultura de cada perímetro, obtendo-se o valor total de suprimentos por cultura na região.

Todos os valores referentes às quantidades de insumos utilizados podem ser observados nas tabelas de número 2 à 5 localizadas no Anexo II deste trabalho.

Para a restrição dos recursos da região, totalizaram-se todos os recursos (terra, água, trabalho e suprimentos) por cultura acima explicados, considerando-se ser o uso atual dos mesmos uma boa proxy da sua disponibilidade (ver tabela 8 do anexo II).

Para obtermos o custo variável de um hectare de terra (em mil reais/hectare), foram utilizados os dados de despesa com arrendamento de terra e a área total arrendada por municípios fornecidos pelo Censo Agropecuário do IBGE (2006). Efetuando a razão entre a despesa total e área total, obteve-se o custo variável da terra por município (ver tabela 6 do anexo II).

Para os perímetros que estão localizados em apenas um município, foram considerados os mesmos valores para todas as culturas pertencentes ao mesmo município/perímetro. Já para o perímetro de Pedra Branca foi utilizado uma proporção entre os valores obtidos para os dois municípios à qual o perímetro faz parte. A proporção foi determinada pela participação da área da cultura do perímetro pertencente a cada

município pela área total da cultura do perímetro.

Além desses valores, ao preço da terra foi adicionado o componente K1, que é um valor cobrado pela CODEVASF (2006) para os grupos de agricultores que irrigam e que são assistidos num determinado perímetro irrigado. O componente K1 é determinado por um valor fixo por hectare irrigado do perímetro, conforme explicado na seção 3.2. Para os perímetros em que esta cobrança não é efetuada, utilizou-se como proxy a faixa de K1 por hectare definida para outros perímetros com quantidade de hectares totais irrigados similares.

Para o custo variável da água (mil reais/ mil m³), consideraram-se duas formas de cálculo. Inicialmente foram utilizados os valores transferidos para os perímetros pela CODEVASF para manutenção e operação dos perímetros, obtidos no Relatório de Gestão da CODEVASF (2006). Este valor foi dividido pela quantidade total de água utilizada pelo perímetro e já calculada acima (ver tabela 3 do anexo II).

Outra forma foi a utilização do componente K2 cobrado pela CODEVASF anualmente para os agricultores assistidos no perímetro. O componente K2 é um valor total anual cobrado pela CODEVASF (2006) para os agricultores em alguns perímetros. Para aqueles onde ocorre a cobrança, a proxy do custo utilizada foi o próprio componente K2 dividido pelo total de água retirado. Para os demais perímetros utilizaram-se valores médios de K2 ponderados pela quantidade de água total usada nos perímetros.

Identificaram-se após a obtenção dos valores, que se utilizando os custos presentes no relatório de gestão dos perímetros os valores eram maiores que os baseados no K2. Observou-se que os valores do Relatório de Gestão se encontravam agregados dos investimentos em ampliação e de pesquisa e por isso adotou-se neste a proxy relacionada ao componente K2 (ver tabela 6 do anexo II).

Para o cálculo do valor do trabalho, em mil reais/trabalhador (ver tabela 6), tornou-se por base os dados dos salários pagos, obtidos do Censo Agropecuário do IBGE (2006), para pessoas da família e para empregados (incluindo 13º, férias e encargos), bem como

o número de trabalhadores com característica familiar e não familiar em nível municipal. Observou-se a razão entre o salário pago para os familiares e o número de funcionários com característica familiar e a mesma razão no caso dos empregados não familiares. Cada razão foi multiplicada pela participação da sua respectiva despesa de salário na despesa total de salários, somando-se no final os resultados para obter o valor por trabalhador do município, valor adotado para os perímetros pertencentes ao mesmo. Para os perímetros pertencentes a mais de um município, o valor obtido para cada município foi ponderado pela proporção da área do perímetro no município, de acordo com a Tabela 1.

O custo variável dos suprimentos, em mil reais (ver tabela 6) (adubos, corretivos de solo, sementes e mudas, sacarias e embalagens, agrotóxicos, armazenamento da produção, transporte da produção, sal e rações, medicamentos para animais, impostos e taxas, juros e despesas bancárias, aluguel de máquinas, combustível e outras despesas), dado que a quantidade de suprimentos, neste trabalho, já ser utilizada em valor monetário, foi adotada como custo variável a taxa de retorno de 6% a.a (seis por cento ao ano). Este valor foi obtido a partir do relatório de custos de produção agrícola da Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) ⁴ referente à taxa de remuneração do capital.

Para a produtividade média de cada cultura (em unidade de cultura/hectare), utilizou-se a média das razões entre as quantidades produzidas e o total da área irrigada colhida para os anos de 2002 até 2012, tendo como ano base de estudo o ano de 2006. Foi necessário obter a média de produtividade neste período para que culturas que apresentaram produtividade baixa ou zero no ano base não apresentassem retornos líquidos negativos, o que inviabilizaria sua utilização neste trabalho. Os dados foram obtidos pela Produção Agrícola Municipal (PAM) fornecida pelo IBGE para o respectivo período.

O valor da produtividade de cada perímetro é a mesma do município correspondente. Para o perímetro de Pedra Branca, localizado em mais de um município, o resultado de utilizou-se dos valores de produtividade das culturas dos municípios associados ponderados em função de sua participação na área do perímetro.

⁴ A Conab utiliza essa taxa como a taxa mínima de retorno para investimentos/capital na agricultura para o ano de 2006. (CONAB, 2010)

Os municípios que não possuíam dados para determinada cultura, foi alocado à média das produtividades de todos os municípios que possuíam dados acerca da respectiva cultura. As unidades utilizadas foram toneladas ou mil frutos, conforme a cultura⁵ (ver tabela 9).

O preço por cultura (mil reais por unidade de cultura) (tabela 10 no anexo II) foi obtido pela razão entre o valor total da cultura e a quantidade total produzida para cada cultura em cada município. Os dados foram obtidos pela Produção Agrícola Municipal (PAM) fornecida pelo IBGE para o ano de 2006. As observações efetuadas para a obtenção da produtividade média da cultura por perímetro a partir dos valores obtidos por município, também foram adotadas para a obtenção deste valor para o perímetro.

4.2. O modelo

O PMP é um procedimento de auto calibração em três estágios. Neste trabalho utilizou-se a metodologia PMP apresentada por Medellín-Azuara et al (2009), em que o programa não linear é formado por uma função de produção com elasticidade de substituição constante (CES) e uma função de custo quadrática para o insumo terra.

As três etapas consistem de: i) resolver um problema de programação linear para maximização do lucro, que inclui além das tradicionais restrições de recursos e de não negatividade, restrições calibradas do uso da terra por mix de cultura para os valores observados; ii) utilizar os multiplicadores de Lagrange para as restrições de calibração do problema linear e a as condições de primeira ordem da função de produção do problema linear com o objetivo de parametrizar uma função custo quadrática a ser incorporada no problema de maximização não-linear seguinte; iii) introduzidos os resultados calibrados anteriores, resolver um problema de maximização de uma função lucro não linear, usando apenas as restrições dos recursos, uma função de produção com elasticidade de substituição constante (CES) e uma função custo quadrática.

⁵ Utilizaram-se dados da PAM a partir de 2002 por ser a última data de alteração das unidades de cultura. Em anos anteriores algumas culturas apresentavam unidades diferentes das apresentadas a partir de 2002.

Os valores econômicos da água são obtidos, utilizando-se os multiplicadores de Lagrange da restrição da água disponível, do problema não-linear resolvido na etapa iii, para cada região irrigada.

A função de produção da etapa iii é representada pela forma funcional da elasticidade de substituição constante (CES), como mostra a equação abaixo:

$$Y_{gi} = \tau_{gi} \left[\sum_j \beta_{gij} X_{gij}^\rho \right]^{\frac{v}{\rho}} \quad (36)$$

Onde o sub-índice g corresponde à região agrícola, i refere-se ao tipo de cultura, e j aos fatores de produção. Os fatores de produção do modelo são terra, trabalho, água e suprimentos e materiais, Y_{gi} é o produto da cultura i na região g. O parâmetro de escala da função de produção CES é τ_{gi} , os parâmetros de participação de um dado recurso j para cada cultura i em uma região g são dados por β_{gi} . A variável de decisão X_{gij} denota o uso do fator j, na cultura i da região g. A elasticidade de substituição é $\sigma = \frac{1}{(1-\rho)}$. Essa forma funcional foi utilizada, pois se permite impor valores exógenos de elasticidade de substituição para a calibração da função de produção. Ao mesmo tempo, foi utilizado um único valor de elasticidade para todas as culturas e regiões. Segundo Maneta et al (2009b), este pressuposto é adotado por indicar que todos os insumos são igualmente substituíveis.

4.2.1. Primeiro passo: programa linear

O programa linear com as restrições de calibração é definido como:

$$Max \prod_{x_{gi,l} \geq 0} \sum_g \sum_i \left(v_{gi} y l d_{gi} - \sum_j \omega_{gji} a_{gji} \right) x_{gi,terra} \quad (37)$$

$$\sum_i a_{gij} x_{gi,terra} \leq b_{gj} \quad \forall g, j \quad (38)$$

$$x_{gi,terra} \leq \bar{x}_{gi,terra} + \varepsilon \quad (39)$$

A equação (37) é a função objetivo. As variáveis de decisão são $x_{gi,terra}$ (hectares plantados por perímetro g e cultura i). A receita marginal da cultura i na região g é v_{gi} (ver tabela 10 do anexo II). A produtividade média e custos variáveis médios são dados por $yl d_{gi}$ e ω_{gji} (ver tabelas 9 e 6 do anexo II respectivamente). Os coeficientes de Leontief a_{gji} são dados pela razão do total de insumos normalizados pela área plantada.

A restrição dos recursos é dada pelas equações (38), nos quais cada fator em cada região é limitado pela quantidade total disponível obtida a partir dos dados (b_{gj}) (ver tabela 8 do anexo II). Os conjuntos (39) representam os limites da calibração, e o $x_{gi,terra}$ é quantidade de área plantada atualmente observada, enquanto que ε é uma pequena tolerância.

4.2.2. Segundo passo: parametrização da função custo não-linear

A função custo quadrática a ser utilizada na maximização não-linear da etapa iii é definida por:

$$TC_{gi}(x_{gi,terra}) = \alpha_{gi}x_{gi,terra} + \frac{1}{2}\gamma_{gi}x_{gi,terra}^2 \quad (40)$$

Onde α_{gi} e γ_{gi} são os interceptos e a inclinação da função custo marginal linear da cultura i da região irrigada g .

4.2.3. Terceiro passo: programa não-linear

O terceiro passo é resolver um programa de maximização não linear com restrição. A função objetivo pode ser escrita de forma que:

$$\begin{aligned}
Max_{x \geq 0} \prod \sum_g \sum_i v_{gj} Y_{gi} \\
- \sum_g \sum_i \left(\alpha_{gi} x_{gi,terra} + \frac{1}{2} \gamma_{gi} x_{gi,terra}^2 \right) \\
- \sum_g \sum_i \sum_{j \neq terra} (\omega_{gji} x_{gij})
\end{aligned} \tag{41}$$

Sujeito a:

$$\sum_i a_{gij} x_{gij,terra} \leq b_{gj} \quad \forall g, j \tag{42}$$

$$\sum_i x_{gi,\acute{a}gua} \leq Avail. b_{\acute{a}gua,g} \quad \forall g \tag{43}$$

Onde Y_{gi} é definida pela função de produção da equação (36) e os parâmetros τ_{gi} e β_{gij} utilizados foram derivados de Howitt (1995) e Howitt et al. (2012) conforme será explicado na seção de calibração 4.3. O segundo termo é a função custo quadrática calibrada utilizando o problema de maximização linear (ver Medellin-Azuarra et al (2009), Maneta et al. (2009) e Torres et al. (2012)). O conjunto de restrições (eq. 42) é o mesmo utilizado no problema de maximização linear (ver etapa i), com todos os j recursos. Não são utilizadas mais as restrições de calibração do modelo linear (eq. 39). Adiciona-se um novo conjunto de restrições. Exclusivo para o uso da água anual (ver eq. 43).

Medellín-Azuarra et al (2009) ressaltam que há três pressupostos fundamentais adotados pelo modelo: i) A água é intercambiável entre as culturas dentro de uma região irrigada ou perímetro; ii) O perímetro maximiza os lucros anuais e a água é alocada entre as culturas; iii) Um perímetro escolhe o mix de culturas que maximiza os seus lucros. Nas restrições (43), $b_{\acute{a}gua,g}$ corresponde a b_{gj} relativo ao recurso água em (37). O parâmetro *Avail* é usado para representar a disponibilidade e com isso obter o seu preço sombra ao considerar o parâmetro entre 0 e 1. O conjunto restrição (43) assume que a água anual está disponível em uma quantidade limitada anualmente para cada região.

4.3. A calibração

Neste trabalho, os procedimentos utilizados para a calibração do problema PMP foram os utilizados pelos trabalhos de Howitt et al (2012), para a calibração da função CES, e para a calibração da função custo quadrática, dos trabalhos de Medellín-Azuara et al (2009) e Maneta et al (2009a).

O processo de calibração do modelo PMP consiste de 5 (cinco) fases. A primeira fase consiste numa análise dos dados obtidos para o ano de referência. Neste estágio, é necessário que a margem bruta de cada cultura sobre os custos variáveis seja positiva. Se os retornos líquidos forem negativos, o modelo PMP irá zerar a quantidade produzida da cultura impactando na calibração do modelo.

Em relação aos dados utilizados neste trabalho, observou-se que algumas culturas (feijão, milho e laranja) apresentavam retornos líquidos negativos. Para estes casos, foi necessária a exclusão da cultura para a região e a exclusão das regiões onde a área irrigada da cultura foi representativa. Alguns perímetros cuja produção dessas culturas era intensiva, apresentaram uma representatividade do uso da água em relação ao volume total muito baixa para a estimação dos valores econômicos. Com isso, perímetros como Manga de Baixo (45% de representatividade), Rodelas (50%) e Gloria (48%), foram descartados da devida estimação. Para todos os outros perímetros a representatividade foi superior a 80%, considerada uma representatividade satisfatória, inclusive com perímetros com mais de 95% do volume observado. Assim, os dados finais trabalhados consistiram de um mix contendo onze (11) culturas para doze (12) regiões e os mesmos quatro insumos.

O segundo estágio é a solução do modelo de programação linear da etapa i descrito na seção 4.2.1. Nesta etapa é fundamental observar os desvios entre os valores das variáveis de decisão obtidos e os valores observados para o ano de referência (considera-se nesta etapa como válido um desvio máximo de 1% dos valores observados). Outro teste, proposto por Howitt et al (2012), consiste em observar o número de preços sombras (multiplicadores de Lagrange) diferentes de zero das restrições de calibração (eqs. 39) (subconjunto preferível) adicionando ao número

desses mesmos valores (também chamados duais) diferentes de zero das restrições de insumos (subconjunto marginal) (eqs. 38). Este número deverá ser igual ao número de atividades produtivas (áreas plantadas com culturas) maiores que zero da região. Se esse teste não se verificar, significará que o modelo não possui uma boa informação de custo para calibrar o conjunto completo de culturas, apresentando assim soluções interiores para algumas culturas sem valores sombra de calibração para elas.

Para este trabalho foram observados 110 multiplicadores de Lagrange referente às restrições de calibração (eqs. 39) e 13 valores sombra em relação as restrições de recursos (eqs. 38). Este valor corresponde ao número de culturas diferentes de zero em todas as regiões (ver tabelas 2 a 5 do anexo II). Neste momento, foram também verificados os resultados obtidos em comparação com os valores observados. Todos os valores das variáveis de decisão calculadas por cultura apresentaram desvios menores do que o 1% aceitável.

Na figura 2, extraída de Howitt et al. 2012 é possível visualizar todas as etapas e testes da calibração do modelo SWAP. Neste trabalho utilizou-se até o estágio 4 para a calibração. Os estágios 5 e 6 observam o comportamento do consumidor das culturas produzidas. Como tanto a quantidade demandada da produção, quanto o preço das culturas foram consideradas exógenas, esses estágios não foram necessários.

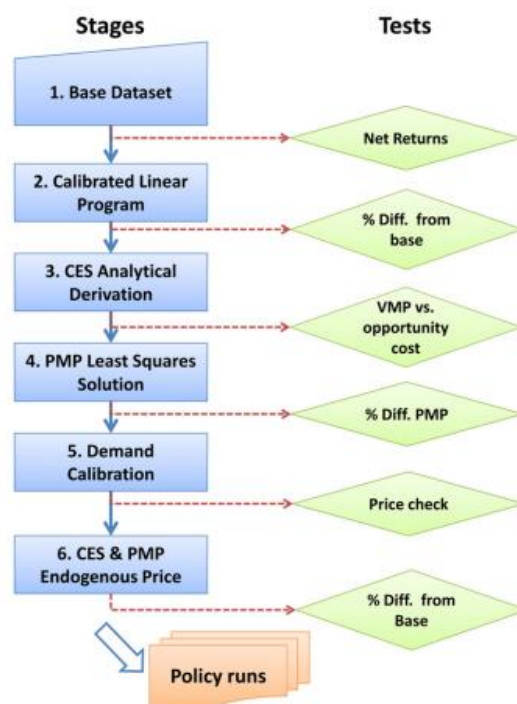


Figura 2. Estágio e testes de calibração do modelo SWAP extraído de Howitt et al (2012)

A terceira etapa consiste em derivar os parâmetros para a função de produção com elasticidade de substituição constante (CES) para cada região e cultura a ser utilizada no programa de maximização não linear. Nesta etapa, seguiu-se o procedimento formulado por Howitt (1995), também apresentado em Howitt et al (2012). Foram calibrados os seguintes parâmetros da função de produção CES definida na equação (35): v, ρ_i, β_{gij} e τ_{gi} (ver tabelas 11 a 52 do anexo III).

Para o parâmetro v , utilizou-se o pressuposto de retornos constantes de escala, adotando-se $v = 1$. Este pressuposto tem como limitação o fato de não considerar a heterogeneidade dos fatores, ou seja, duas áreas com medidas iguais e mesma quantidade de insumos produzirá a mesma quantidade de produto, sem levar em consideração a qualidade da terra e a eficiência dos trabalhadores.

O parâmetro ρ_i foi considerado, em todas as culturas e perímetros, o mesmo para todos os insumos e foi definido por $\rho = \frac{\sigma-1}{\sigma}$, onde σ é a elasticidade de substituição dos insumos. Neste trabalho, a elasticidade de substituição adotada foi 0.4, valor derivado do trabalho Maneta et al (2009a) e Torres et al (2012), que calibraram o modelo PMP

para sub-bacias no Médio São Francisco, e usaram valores de 0.25 até 0.8 para estas elasticidades de substituição. Seus resultados mostraram variações ínfimas nos resultados finais nesta faixa.

Os β_{gij} foram obtidos usando os resultados das condições de primeira ordem do processo de maximização da etapa i, ou seja, das condições de primeira ordem da maximização linear do lucro (eqs. 37).

Os valores dos custos variáveis dos fatores w_j , a menos da terra, utilizados na equação 41, serão dados pelo custo individual de cada insumo (ver tabela 6 no anexo II) adicionado do custo marginal e o custo de oportunidade do insumo j, obtidos dos resultados do programa linear de maximização do lucro resolvido na primeira etapa de calibração do modelo PMP. (HOWITT et al, 2012)

Usando as condições de primeira ordem do problema de maximização não linear (eqs. 41, 42 e 43) tem-se que o valor do produto marginal do insumo j para cada cultura é igual ao custo marginal e o custo de oportunidade⁶ deste insumo j. Podendo-se escrever então a partir da derivação da equação 41 que:

$$\beta_j X_j^{\rho-1} \tau U^{\frac{1}{\rho}-1} = w_j \quad (44)$$

Onde, $U = \sum_j \beta_{gij} X_{gij}^{\rho_i}$.

Para os quatro insumos utilizados neste trabalho, dividindo as condições de primeira ordem e, também pelo conceito de retornos constantes de escala ($\sum_j \beta_j = 1$), têm-se:

⁶ Este custo de oportunidade será dado pelo custo individual do insumo adicionado do valor dual da restrição do recurso ($\lambda_{gL}, \lambda_{gW}, \lambda_{gS}, \lambda_{ig,terra}^r$) e, quando vinculada, ou seja, quando não houver variável de folga na restrição de calibração (valor sombra maior que zero), ao valor dual da restrição de calibração $\lambda_{ig,terra}^c$.

$$\beta_1 = \frac{1}{\left[1 + \frac{X_1^{\rho-1}}{w_1} \sum_{j \neq 1} \frac{w_j}{X_j^{\rho-1}} \right]} \quad (45)$$

$$\beta_2 = \beta_1 \frac{w_2}{w_1} \left(\frac{X_1}{X_2} \right)^{\rho-1} \quad (46)$$

$$\beta_3 = \beta_1 \frac{w_3}{w_1} \left(\frac{X_1}{X_3} \right)^{\rho-1} \quad (47)$$

$$\beta_4 = \beta_1 \frac{w_4}{w_1} \left(\frac{X_1}{X_4} \right)^{\rho-1} \quad (48)$$

Os valores obtidos com a calibração encontram-se nas tabelas 11 a 14 do anexo III deste trabalho.

Para o parâmetro τ_{gi} , utilizou-se a função de produção para os betas calculados e os valores referentes ao ano base, a partir da igualdade entre a função de produção e os valores de produção observados e identificados na equação abaixo pela multiplicação entre a produtividade de cada cultura em cada região e a quantidade de terra irrigada utilizada (tabelas 9 e 2 do anexo II respectivamente).

$$\tau_{gi} = \frac{\left(\frac{y_{ld}}{x_{land}} \right) x_{land}}{\left(\sum_j \beta_{gij} x_{gij}^{\rho_i} \right)^{\frac{v}{\rho}}} \quad (49)$$

Os valores calibrados do parâmetro τ_{gi} podem ser observados na tabela 15 do anexo III deste trabalho.

A etapa 4 do procedimento de calibração está relacionada aos parâmetros da função custo quadrática da terra, dada pela equação 40. Os valores a calibrar são α_{ig} e γ_{ig} (ver tabelas 16 a 53 para os valores calibrados para a faixa de elasticidade)

Considerando-se um equilíbrio de mercado competitivo, tem-se que o valor do produto marginal do fator terra (determinado no ano base por $P_{ig} PMg_{ig,terra}$), deve ser igual ao

custo marginal do insumo, logo:

$$P_{ig} PMg_{ig,terra} = Cmg_{terra} = \alpha_{ig} + \gamma_{ig} x_{ig,terra} \quad (50)$$

Onde P_{ig} é o preço da cultura i na região j e adotando-se, para o ano de referencia, a produtividade marginal do fator como sendo o parâmetro de produtividade da cultura ($y\hat{l}g$) (ver tabela 9 do anexo II). Dessa maneira, isolando P_{ig} e substituindo $x_{ig,terra} = \frac{Y}{y\hat{l}g}$, onde Y é a função de produção (eq. 36), obtém-se

$$P_{ig} = \frac{\alpha_i}{y\hat{l}g} + \gamma_{ig} \frac{Y_i}{y\hat{l}g^2} \quad (51)$$

Derivando a equação 51 em relação a Y e utilizando o conceito de elasticidade de oferta da cultura ($\eta_i = \frac{\partial Y_i}{\partial P_i} \frac{P_i}{Y_i}$) e os valores observados para o ano base (ver tabelas 2 e 10 do anexo II), pode-se escrever o parâmetro γ_{ig} calibrado na forma de:

$$\gamma_{ig} = \frac{1}{\eta_i} \frac{v_{ig} y\hat{l}g}{x_{ig,terra}} \quad (52)$$

Para a elasticidade de oferta, devido à falta de estudos empíricos que apresentem esses valores na região e devido a pouca disponibilidade dos dados para a sua estimação, neste trabalho, utilizar-se-á uma faixa de valores, baseada em recomendações de pesquisadores que já calibraram o modelo para varias partes do mundo (ex. Josué Medellin-Azzuara). Desta forma, foram obtidas diversas curvas de demanda relacionadas com elasticidades de oferta entre 0.2 e 2. Os valores obtidos de γ_{ig} para todas as culturas, perímetros e elasticidades de oferta utilizadas podem ser vistos nas tabelas 35 a 53 do anexo III deste trabalho.

Assim, será possível observar o comportamento dos valores duais finais da água obtidos para situações de baixa elasticidade (0.2) e alta (2.0), verificando por fim sua variabilidade. Para a calibração do parâmetro α_{ig} , usa-se a equação de custo marginal

dada em (40):

O custo marginal da terra é determinado pela etapa i do problema PMP, ou seja, pela solução do problema de maximização do lucro linear, dado pelas equações 37, 38 e 39. O mesmo foi dado pelo custo individual do fator para o período base (w_{ig}) (ver tabela 6 no anexo II) adicionado dos valores sombra das restrições de recursos e de calibração ($\lambda_{ig,terra}^r$ e $\lambda_{ig,terra}^c$, respectivamente). Dessa maneira, combinando-se estes resultados com a equação acima, obtém-se α_{ig} por:

$$\alpha_{ig} = w_{ig} + \lambda_{ig,terra}^r + \lambda_{ig,terra}^c - \gamma_{ig}x_{ig,terra} \quad (53)$$

Os resultados α_{ig} obtidos neste trabalho podem ser visualizados nas tabelas 16 a 34 do anexo III

Por fim, a etapa cinco, consiste em obter os resultados do modelo de programação não linear com esses parâmetros e sem as restrições de calibração. Os valores das variáveis de decisão devem reproduzir os dados de produção observados. Neste caso, diferenças de até 1% serão consideradas normais devido a possíveis perturbações na calibração.

Neste trabalho, com a função de produção CES e a função custo quadrática da terra calibrada, conforme esta seção, foi efetuada a terceira etapa do modelo e a observação dos resultados propostos. Os resultados acerca da alocação dos insumos entre as culturas e regiões permaneceram apresentando variações em relação aos valores observados menores que 1%, podendo considerar, dessa maneira, o modelo bem calibrado.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Usando os dados levantados para os perímetros irrigados (ver tabelas 2 a 10 no anexo II) e os parâmetros obtidos através do método de calibração do modelo PMP (tabelas 11 a 53 no anexo III), o problema de maximização não linear da etapa iii foi resolvido usando o software GAMSTM (General Algebraic Modelling System, 2014), com a aplicação do solver Conopt3. Os resultados apresentados nesta seção que vão compor uma curva de demanda por água correspondem aos valores sombra da restrição anual de disponibilidade de água expressa através da eq. 43, usando diferentes percentuais de disponibilidades de 100 até 60% do volume atual observado, usando para isso o parâmetro *Avail*. Isto foi feito em intervalos de 5% e para todas as elasticidades de oferta (na faixa de 0.2 a 2) das culturas propostas. O valor limite de 60% foi indicado devido variação na disponibilidade hídrica na região nos últimos anos e da perspectiva de mudança a partir da transposição (ANA, 2013).

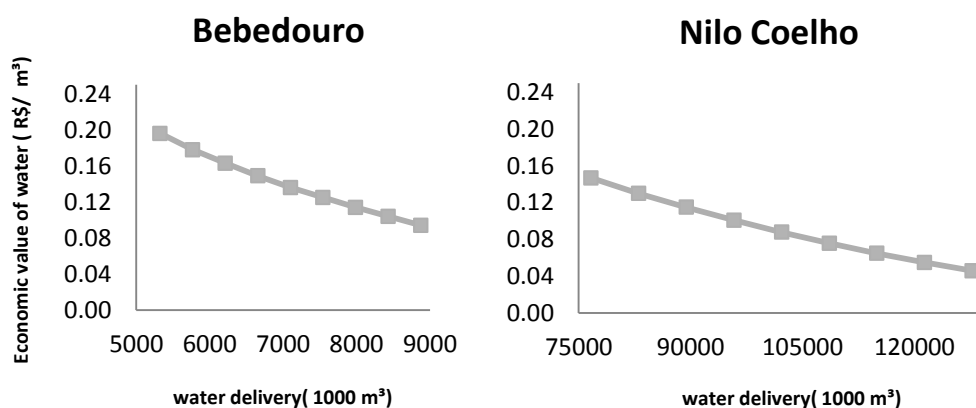
Após a obtenção desses resultados, foram efetuadas as análises de sensibilidades em relação ao mix de cultura observado. É importante destacar que a restrição de água ocorre para cada perímetro irrigado, ou seja, esta pode se transferir entre as culturas de uma mesma região irrigada, mas, não entre diferentes regiões.

Este capítulo foi dividido em três subseções. A primeira seção apresenta os diversos preços-sombra da água a partir da redução efetivada da disponibilidade dos recursos, formando uma curva de demanda por água para cada perímetro irrigado. Estas curvas de demanda apresentadas foram obtidas com uma elasticidade de oferta igual a um (1.0), para exemplificar. Na segunda sub-seção, foram apresentados os efeitos da variação da elasticidade de oferta, apresentando-se as curvas de demanda para as elasticidades de oferta de 0.2 e 2. Por fim, a terceira sub-seção, obtêm-se curvas de demanda dos perímetros sob hipótese de possibilidade ou não de produção das culturas. Pôde-se assim identificar culturas que impactam positivamente, a sua produção leva a valores econômicos maiores para a região, e negativamente, sua produção leva a valores econômicos menores, nos resultados duais obtidos. Todos os resultados, para todas as elasticidades, podem ser vistos no Anexo IV deste trabalho.

5.1. Demanda de água para os perímetros públicos do submédio do São Francisco

A figura 3 abaixo apresenta os valores econômicos marginais da água obtidos para os perímetros Nilo Coelho e Bebedouro. Pode-se visualizar a disponibilidade a pagar (DAP) que cada perímetro irrigado tem por cada volume (m^3) de água disponibilizado anualmente. Para a região de Nilo Coelho, a DAP para 100% da disponibilidade atual foi de R\$ 0.046/ m^3 , enquanto para o perímetro de Bebedouro, localizado no mesmo município, foi de R\$ 0.094/ m^3 . Com a redução até 60% do volume disponibilizado, esses valores sobem para R\$ 0.147/ m^3 e R\$ 0.196/ m^3 , respectivamente. Observam-se valores maiores de DAP em Bebedouro para 100% de disponibilidade, mas acréscimos proporcionais maiores nos valores de DAP de Nilo Coelho, quando se reduz a disponibilidade para 60%. Devido aos perímetros estarem localizados no mesmo município, essa diferença, nos valores obtidos, é destacada pela diferença no custo da água dessas regiões. Em relação aos acréscimos proporcionais maiores, os mesmos se devem ao fato de que o volume de água absoluto reduzido no perímetro de Nilo Coelho, por ser esse um perímetro maior, é superior ao volume absoluto reduzido de Bebedouro.

Para o custo de escassez, determinado pela área abaixo da curva de demanda perdida quando a disponibilidade de água passa de 100% para 60%, e neste trabalho calculado pela área do trapézio que se configura aproximadamente abaixo da curva, os valores obtidos para o perímetro de Nilo Coelho foi aproximadamente 4.931,93 mil reais. Este valor corresponde de maneira aproximada a 2,8% do produto total observado para o perímetro no ano de 2006, que foi de 170.311,40 mil reais. Enquanto que, para o perímetro de Bebedouro, o custo da escassez foi de aproximadamente 514.76 mil reais, correspondente a 4,3% do produto total do perímetro no ano de 2006 (11.830,07 mil reais). Ou seja, apesar de o perímetro Nilo Coelho apresentar um custo de escassez em valor absoluto maior do que no perímetro Bebedouro, quando se observam em relação ao produto total das regiões irrigadas, o perímetro Nilo Coelho apresenta um custo de escassez relativamente menor do que em Bebedouro.



*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Figura 3 - Demanda de água para a irrigação dos perímetros Bebedouro e Nilo coelho para uma elasticidade de oferta de 1.0

Outro ponto importante a ressaltar está relacionado aos diferentes valores duais dessas duas regiões irrigadas. Os principais *inputs* que impactam no cálculo dos preços-sombra dos perímetros são: o mix de cultura, os custos de produção e a disponibilidade do recurso. Por estarem em um mesmo município, ambas as regiões irrigadas possuem um mix de cultura proporcionalmente idêntico, assim como os custos variáveis visualizados em nível municipal como mão de obra, terra e suprimentos. O que vai diferenciar os dois perímetros, neste caso, são os custos variáveis da água. Enquanto que, para Nilo Coelho, foi observado um custo variável de R\$ 0.123/m³, para o perímetro de Bebedouro esse custo foi de R\$ 0.076/m³. Essa diferença no custo variável do recurso é aproximadamente igual à diferença entre os valores sombras obtida (para 100% a diferença é de R\$0.048/m³). Nota-se ainda que o preço-sombra diante da disponibilidade total da região de Nilo Coelho (R\$ 0.046/m³) tem um valor muito superior ao estabelecido pelo comitê de Bacia do São Francisco para cobrança aos usuários de irrigação (R\$0.01/m³), o que demonstra que existe margem para uma cobrança maior pelo recurso. Além disso, enquanto os valores de cobrança encontram-se abaixo dos valores econômicos, os mesmo podem estar gerando um uso não racional do recurso do ponto de vista econômico.

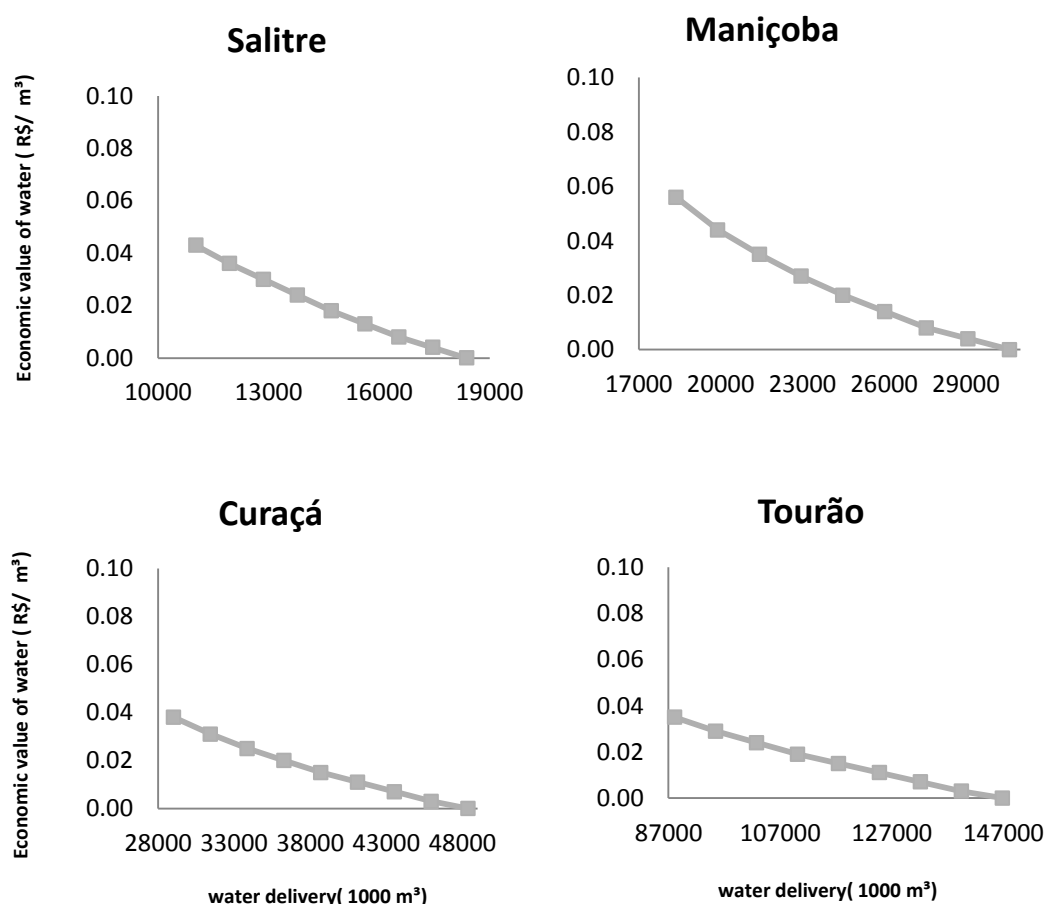
Para os perímetros localizados em Juazeiro (BA), os resultados obtidos estão expostos na figura 4 abaixo. Observam-se entre esses perímetros, valores econômicos da água

muito próximos. Para o perímetro de Salitre, 100% do volume de água destacado determinou um valor econômico quase zero, o mesmo ocorrendo para os perímetros de Tourão, Curaçá e Maniçoba. Em relação ao custo de escassez, para uma elasticidade de oferta igual a um, o perímetro de Salitre apresentou um custo de escassez aproximado de 158.04 mil reais, ou seja, 1,7% do produto total em 2006 para o perímetro (9.228,70 mil reais). Para o perímetro de Tourão, esse custo foi de 1.027.91 mil reais, ou 1,3% do produto total da região em 2006 (73.748,35 mil reais). Enquanto que, para os perímetros de Maniçoba e Curaçá esses custos foram de 342,83 e 367,70 mil reais, o que representam, 1% e 1,5% respectivamente do produto total das regiões irrigadas.

Estas diferenças entre os valores obtidos a partir da redução do volume disponível, dado que os perímetros encontram-se no mesmo município, assim como explicado em relação aos perímetros Nilo Coelho e Bebedouro, decorrem principalmente das diferenças entre os custos variáveis da água observados entre eles. Outro ponto a destacar é que, mesmo apresentando valores econômicos considerados baixos a 100%, a partir de 90% de disponibilidade, estes resultados também se apresentaram superiores ao valor definido para cobrança na bacia.

Ainda analisando a figura 4, ao compararem-se estes resultados com os obtidos nos perímetros anteriores (Fig. 3) localizados em Petrolina (PE), verifica-se um menor valor econômico para a água nos perímetros localizados em Juazeiro diante de diferentes disponibilidades. Além disso, percebe-se um maior, em termos relativos, custo da escassez para os perímetros localizados em Petrolina (Nilo Coelho e Bebedouro) Isto deve ser decorrente da diferença entre os mix de cultura existente nos dois municípios. Um mix de culturas que privilegie culturas intensivas em água, com rentabilidades baixas levam a menores valores econômicos da água para a região, ou menor disponibilidade a pagar pelo recurso, e menores custos da escassez. Da mesma forma, regiões com culturas com baixo uso da água e com rentabilidades superiores podem apresentar maiores valores econômicos para o recurso e maiores custos advindos da escassez⁷. Na seção 5.3, observar-se-á o comportamento das curvas de demanda dos perímetros a partir de mudanças na produção das culturas existentes, dessa forma, retornando a discussão desses baixos valores visualizados.

⁷ Em modelos hidroeconômicos que minimizam custos de escassez diante de restrições de disponibilidade hídrica, os usuários com maiores custos de escassez deverão ser poupados.

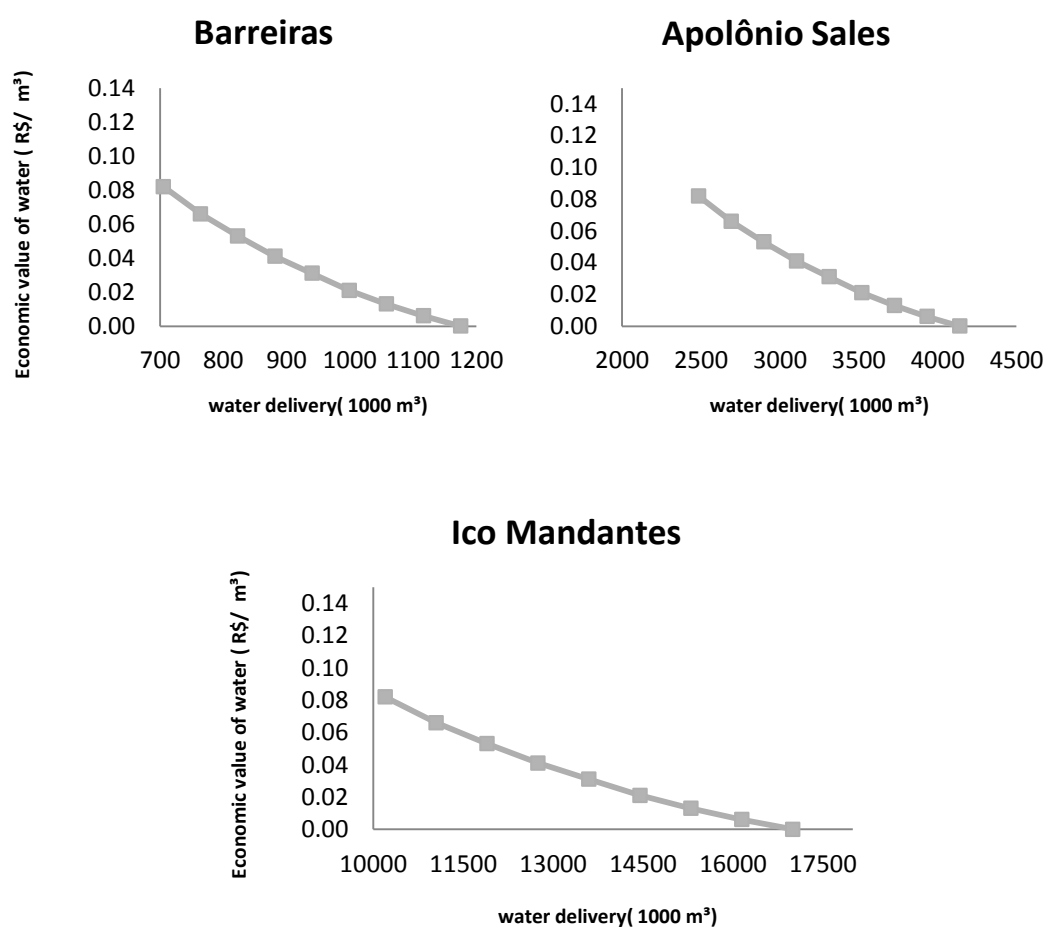


*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Figura 4 - Demanda de água para a irrigação dos perímetros Salitre, Tourão, Maniçoba e Curaçá para uma elasticidade de oferta de 1.0

A figura 5 apresenta as curvas de demanda de água obtidas para os perímetros Icó-Mandantes, Apolônio Sales e Barreiras, todos localizados em Petrolândia (PE). Foram constatados, os mesmos valores econômicos nesses perímetros. Dessa maneira, para 100% do volume de água disponível para as regiões, obtiveram-se valores próximos de zero e, para 60% valores de R\$ 0.082/m³ em todos os perímetros. É necessário destacar, assim como nos perímetros localizados em Juazeiro (BA), os baixos valores sombras obtidos decorrentes principalmente também do mix de cultura considerado. Outro ponto importante é que, mesmo sendo valores econômicos reduzidos, a partir de 90% do volume disponibilizados, todos estão também superiores aos valores de cobrança para a Bacia (R\$0.01/m³).

Em termos de custo da escassez, observa-se para esses perímetros custos de escassez em relação ao produto total de cada região idênticos. Para o perímetro de Barreiras, o custo de escassez foi de 19,28 mil reais. Para o perímetro Apolônio Sales, esse custo foi de aproximadamente 67,91 mil reais e em Icó-Mandantes de 278, 77 mil reais. Todos esses custos corresponderam a uma proporção de 2,77% do produto total da região irrigada.



*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

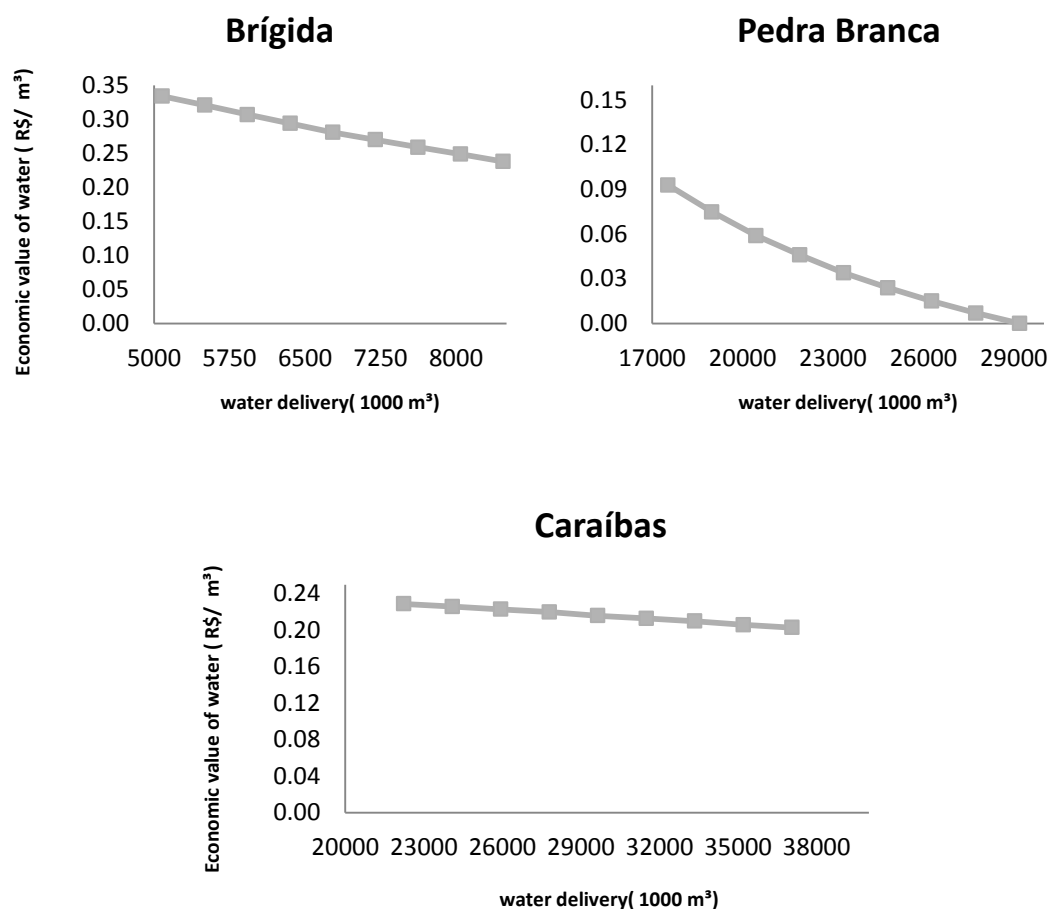
Figura 5 - Demanda de água para a irrigação dos perímetros Barreiras, Apolônio Sales e Icó-Mandantes para uma elasticidade de oferta de 1.0

Por fim, para os perímetros Brígida, Pedra Branca e Caraíbas, as curvas de demanda de água obtidas podem ser visualizadas na Figura 6. Observa-se que, devido aos três perímetros encontrar-se em municípios diferentes, consequentemente com custos variáveis e mix de cultura diferentes, possuem curvas de demanda com valores diversos.

De todas as regiões analisadas, Brígida e Caraíbas foram as que apresentaram um maior valor econômico para a água. Para a disponibilidade total do recurso, os valores obtidos foram R\$0.238/m³ e R\$0.203/m³ respectivamente.

Em relação ao custo de escassez, esses dois perímetros (Brígida e Caraíbas) apresentam os maiores custo de escassez, quando comparada em relação ao produto total observados das regiões irrigadas em 2006, entre todas as regiões estudadas. Para o perímetro de Brígida, o custo de escassez foi de aproximadamente 968,87 mil reais, ou seja, 18% do produto total do perímetro. Já para o perímetro de Caraíbas, o custo da escassez foi de 3201,78 mil reais (17,8%). A magnitude desses valores pode ser explicada a partir do baixo custo dos insumos nesses perímetros e do seu mix de cultura conforme se visualizará na seção 5.3.

Para o perímetro de Pedra Branca, a curva de demanda inicia-se com valores econômicos próximos de zero chegando a valores superiores a R\$0.09/m³ à medida que o nível de água disponível diminui. Em termos de escassez, o custo observado para esse perímetro foi de 543,16 mil reais, ou, 2,6% do produto do perímetro em 2006.



*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Figura 6 - Demanda de água para a irrigação dos perímetros Brígida, Pedra Branca e Caraíbas para uma elasticidade de oferta de 1.0

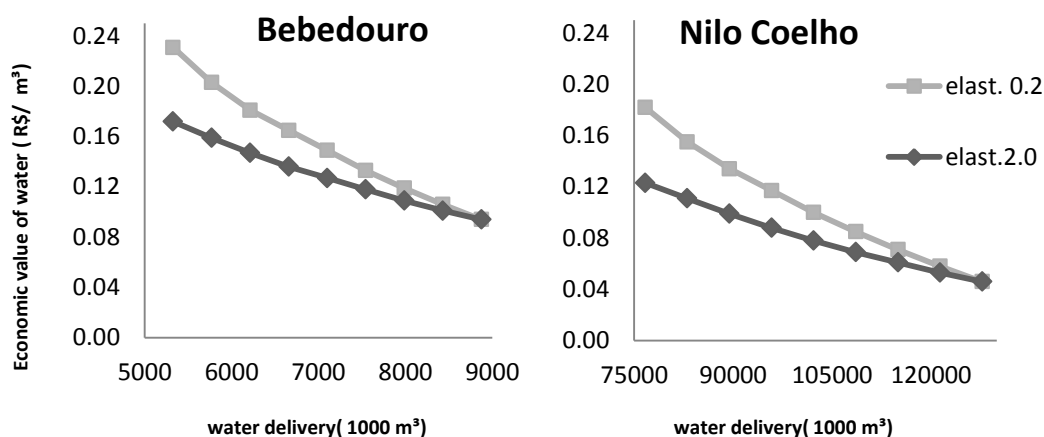
Todas as curvas de demanda dos perímetros irrigados analisadas nesta seção apresentaram tendências crescentes nos seus valores econômicos a partir da diminuição do volume de água disponível, como era de se esperar. A escassez aumenta a disposição a pagar pela água. Porém, o impacto desse crescimento ocorreu de forma diferente variando de acordo com o município em que o perímetro está localizado, o seu mix de culturas e os custos variáveis dos fatores de produção. A maioria dos perímetros apresentou custo de escassez em termos do produto total abaixo de 5%, tendo, porém, perímetros com custo de escassez de 17% do seu produto total, o que demonstra um forte impacto negativo na produção dos perímetros decorrentes da redução nos níveis de água disponibilizados.

5.2. Demanda de água e variações na elasticidade de oferta dos produtos

Além do mix de cultura e dos custos variáveis dos insumos, outro parâmetro que impacta nos resultados das curvas de demanda da água dos perímetros é a elasticidade de oferta das culturas. Devido à inexistência de dados de elasticidade de oferta para as regiões analisadas, esse trabalho calculou os valores econômicos para uma faixa de valores para elasticidades, compreendidas entre 0.2 e 2.0, com o intuito de investigar os efeitos desta incerteza. Esse conjunto foi escolhido, pois atende desde cenários com baixa sensibilidade da oferta das culturas diante de mudanças nos seus preços (0.2) até cenários com alta sensibilidade a essas mudanças (2.0).

Conforme pode ser observado na Figura 7 abaixo, para os perímetros de Nilo Coelho e Bebedouro e para 100% do recurso, os valores econômicos observados foram os mesmos para todas as elasticidades. Esse resultado era esperado, pois diante de 100% de disponibilidade da água, o custo da terra, na qual a elasticidade de oferta irá impactar, é determinado pelo valor real observado. Porém, quando a disponibilidade é reduzida, a elasticidade de oferta irá impactar no custo do recurso terra, ou seja, quanto maior a elástica da oferta, mais os produtores desejaram ofertar o produto e conseqüentemente demandarão mais terras, aumentando o custo do fator (para cada elasticidade ter-se-á uma função custo quadrática calibrada com valores diferentes de α e γ)

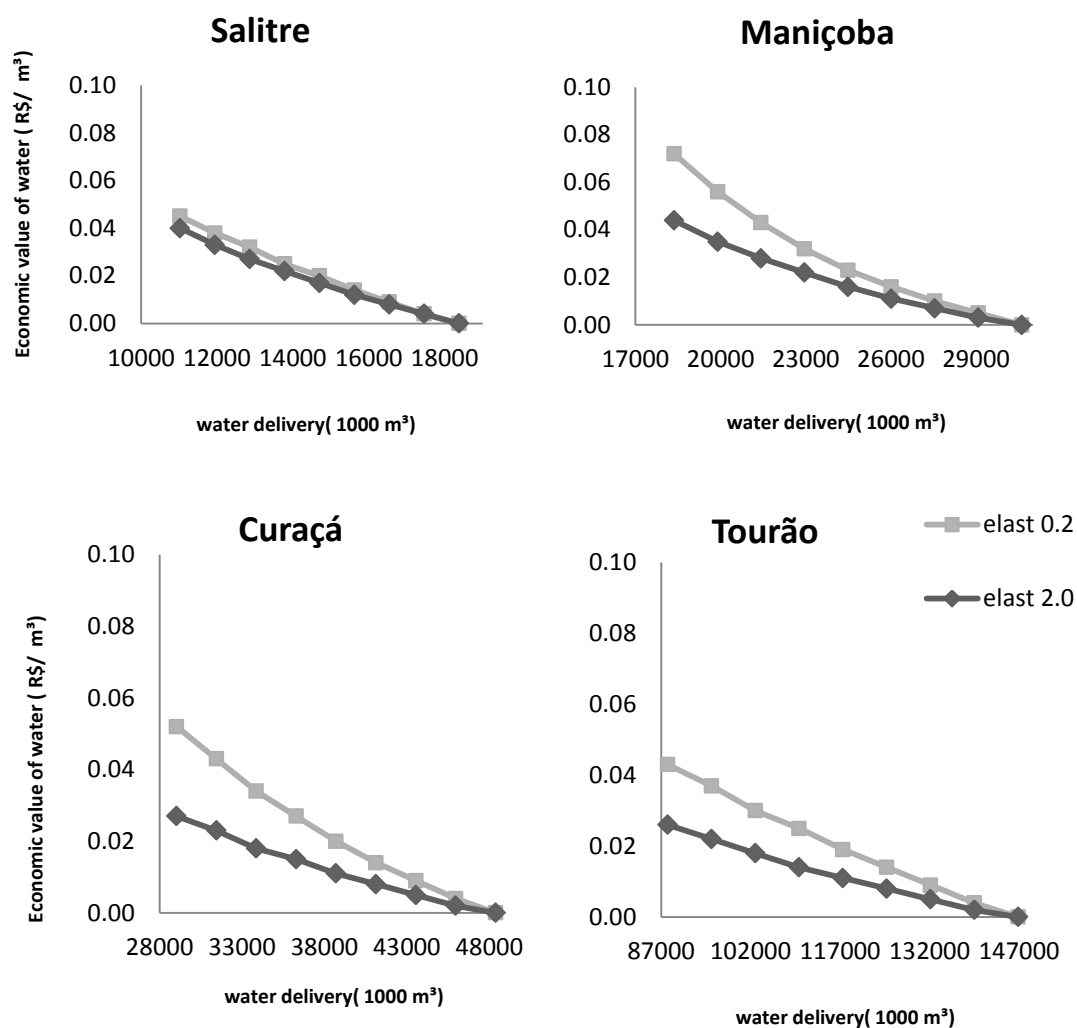
Esse efeito levou a uma redução no valor econômico da água quanto maior foi à elasticidade de oferta imposta para algumas regiões. Em termos de custo de escassez, observou-se que, para esses perímetros quanto maiores as elasticidades de oferta das culturas menor é o custo de escassez decorrente da redução na disponibilidade de água para as regiões irrigadas. Para o perímetro de Bebedouro, o custo de escassez para uma elasticidade de oferta de 0.2 foi de 576,87 mil reais, enquanto que, para uma elasticidade de oferta igual a 2.0, esse custo foi reduzido para 472,15 mil reais. Para o perímetro Nilo Coelho, o custo de escassez na menor elasticidade observada foi de 5826,33 mil reais, enquanto que, com o aumento da elasticidade de oferta para 2, esse valor diminuiu para 4318,64 mil reais



*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Figura 7– Demanda de água para irrigação dos perímetros Bebedouro e Nilo Coelho para elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2 e 2.0.

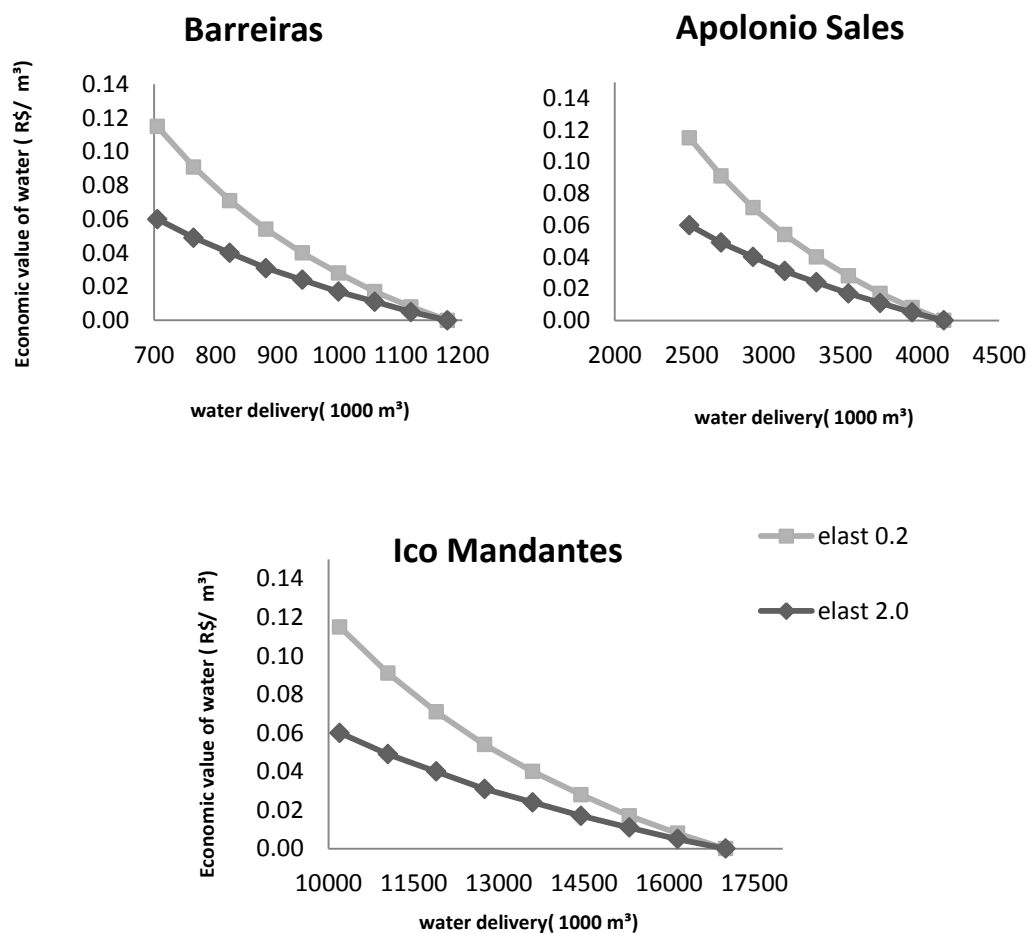
Para os perímetros de Salitre, Maniçoba, Curaçá e Tourão, os efeitos também foram similares, mas em magnitudes diferentes. Em termos de custo da escassez, o perímetro Salitre apresentou variações de 147 mil reais para alta elasticidade de oferta (2.0) até 165,40 mil reais para baixa elasticidade (0.2). Para o perímetro de Maniçoba, os resultados dos custos de escassez foram de 269,17 mil reais, na elasticidade igual a 2, até 440,79 mil reais na elasticidade 0.2. Curaçá apresentou variações nesses custos de 261,26 mil reais (elasticidade igual a 2) até 503,16 mil reais para a mais baixa elasticidade analisada. Por fim, para o perímetro de Tourão, os custos decorrentes da escassez foram de 763,60 mil reais (para elasticidade igual a 2) a 1.262,86 mil reais para elasticidade 0.2. Pode-se inferir que esses resultados também decorrem dos impactos das elasticidades de oferta na calibração da função custo quadrática do insumo terra.



*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Figura 8 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Salitre, Tourão Maniçoba e Curaçá para elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2 e 2.0.

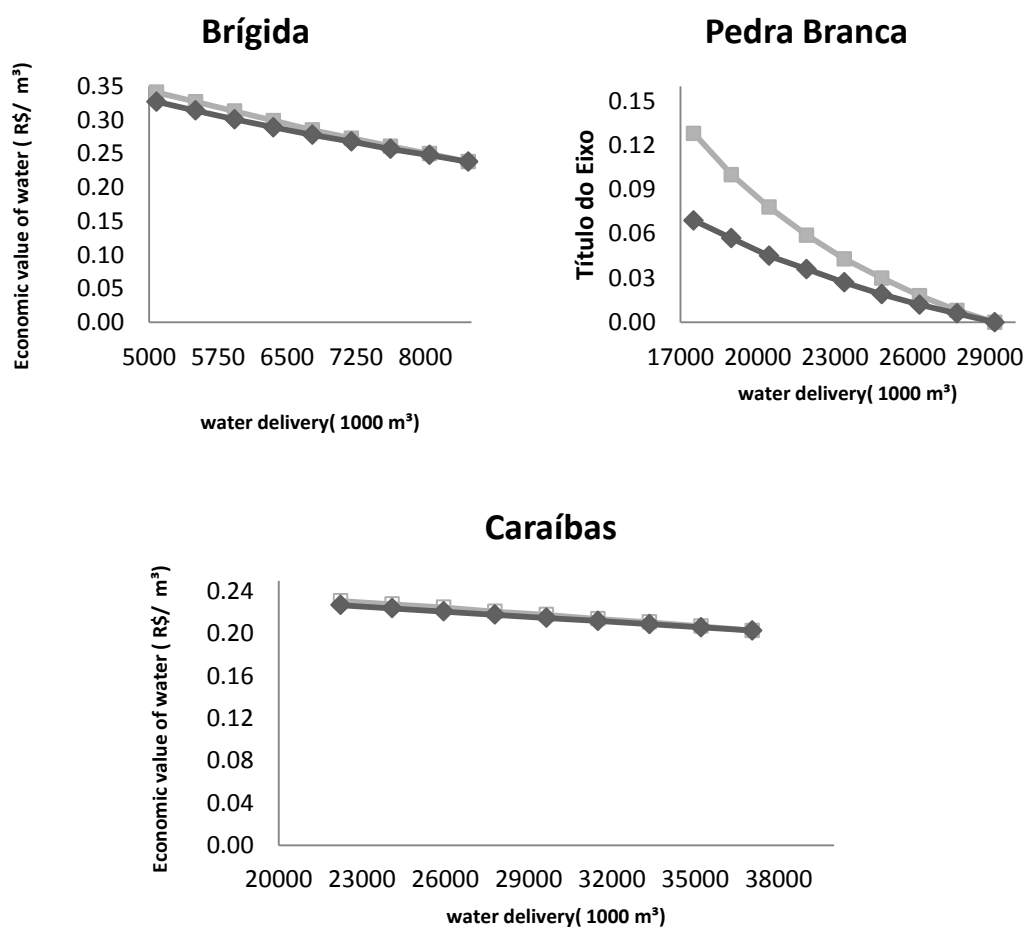
Já, na figura 9, podem-se observar as curvas de demanda para as elasticidades baixa e alta para os perímetros de Barreiras, Apolônio Sales e Icó-Mandantes. Os custos da escassez para esses perímetros, considerando a elasticidade de oferta igual a 2, foram , respectivamente, 14,10, 49,70 e 203,98 mil reais. Enquanto que, para uma elasticidade de oferta baixa (0.2) esses resultados vão para 27,03, 95,25 e 390,95 mil reais respectivamente. Como se pode observar, os custos de escassez nestes perímetros aproximadamente dobraram com a redução da elasticidade de oferta das culturas.



*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Figura 9 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Barreiras, Apolônio Sales e Ico-Mandantes para elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2 e 2.0.

Por fim, foram verificadas as demandas obtidas para os perímetros de Pedra Branca, Brígida e Caraíbas. Para o perímetro Brígida, os valores do custo da escassez para uma elasticidade de oferta alta (2.0) foi de aproximadamente 957,02 mil reais. Para uma elasticidade baixa (0.2), esse valor vai para 980,74 mil reais, ou seja, um aumento de apenas 2,5% entre os custos de escassez. Essa pequena diferença no custo também é observada para o perímetro Caraíbas, que apresenta resultados de 3.186, 96 mil reais para elasticidades igual a 2 e 3.216,60 mil reais para uma elasticidade de oferta igual a 0.2 (diferença de aproximadamente 1%). Para a região de Pedra Branca, os custos de escassez para alta e baixa elasticidade variaram de 402,99 para 747,58 mil reais, uma variação de 86% nesse custo.



*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Figura 10 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Brígida, Pedra Branca e Caraíbas para elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2 e 2.0.

Esses resultados demonstram o impacto de diferentes valores de elasticidade de oferta das culturas na curva de demanda de água obtida para cada perímetro. O impacto do referido parâmetro altera os valores do custo de escassez, ou seja, os valores de redução do benefício em cada perímetro, diante de reduções na disponibilidade de água de 100 para 60% das diferentes regiões irrigadas. Pode-se ver que para alguns perímetros, como por exemplo, Caraíbas e Brígida, estes valores praticamente não se alteram, enquanto que para outros há diferenças significativas nos custos previstos devido a alterações neste parâmetro (Pedra Branca, Nilo Coelho, Bebedouro, entre outros). Análise de sensibilidade dos resultados diante de parâmetros utilizados na modelagem é

fundamental para uma correta aplicação dos resultados aqui obtidos. Todos os custos de escassez podem ser observados nas tabelas 73 a 90 no anexo IV deste trabalho.

5.3. Curvas de demanda de água e o impacto da cultura

Nesta subseção são analisados os impactos de uma mudança no mix de culturas utilizado, na obtenção das curvas de demanda por água para as diferentes regiões irrigadas. Para isso, foram efetuadas simulações, em que se retira do mix de culturas observado no perímetro, as diversas culturas, uma a uma, comparando-se então as curvas de demanda obtidas. A exclusão da maioria das culturas não altera as curvas de demanda obtidas, porém, três culturas (cana de açúcar, coco e melancia) apresentaram impactos importantes positivos (melancia), ou seja, a produção da referida cultura leva a valores econômicos da água maiores do que a sua não produção, e negativos (cana de açúcar e coco) para as curvas de demanda das regiões.

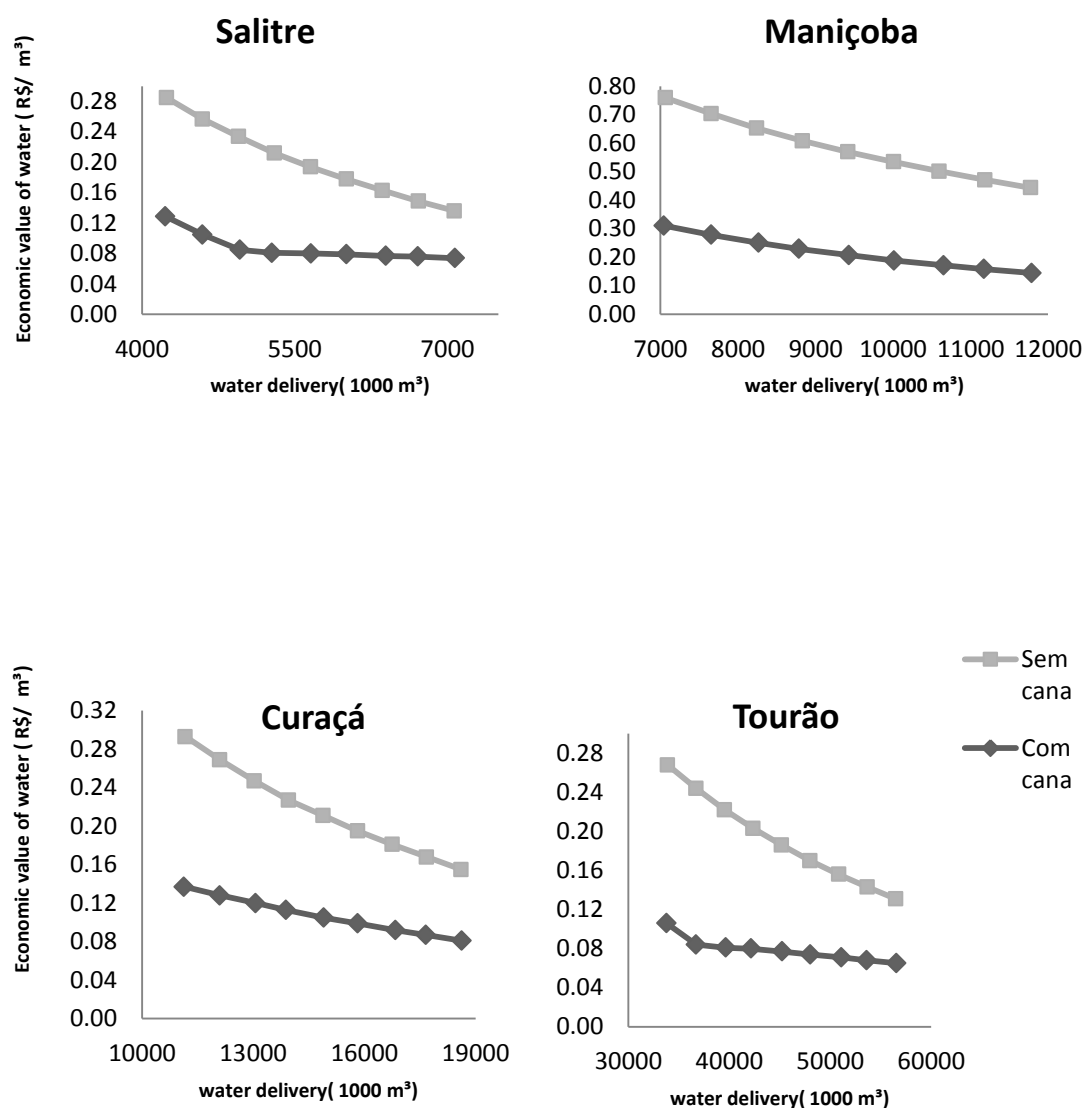
Esse impacto pôde ser visualizado a partir da obtenção de diferentes curvas de demanda em dois cenários diferentes. Em um primeiro cenário simulado, a produção de uma determinada cultura é retirada da amostra e obtida uma curva de demanda para o volume de água disponível para as outras culturas, descartando assim todos os fatores vinculados a essa cultura. Numa segunda simulação, com todas as culturas disponíveis, o volume de água é reduzido para a disponibilidade residual idêntica a primeira simulação. O objetivo é obter diferentes curvas de forma que, a primeira represente a demanda residual para o perímetro sem a cultura analisada e a segunda, os valores DAP para a mesma quantidade de água obtida no primeiro caso, em uma situação em que a cultura testada possa estar sendo produzida. Dessa maneira, apresenta-se um impacto da produção da cultura no valor econômico com e sem a possibilidade de sua produção para o mesmo volume de água disponível.

Entre as três culturas que apresentaram resultados consideráveis, primeiro observar-se-á o impacto da produção de cana de açúcar entre os perímetros de Salitre, Maniçoba, Curaçá e Tourão. Antes de apresentar os resultados, deve-se ressaltar que a produção de cana de açúcar nesses perímetros representa aproximadamente 61% do volume de água utilizado na região irrigada. Dessa maneira tratar-se-á de uma redução considerável do volume de água atualmente disponível no perímetro. De acordo com a Figura 11, pode-

se observar como a introdução da produção de cana de açúcar nestas regiões irrigadas diminuíram os valores econômicos da água em todas as disponibilidades, uma das causas desse efeito é a alta intensidade de uso do insumo água para essa cultura. Por exemplo, em Salitre, para o cenário em que a produção da cultura é considerada, o valor econômico referente a uma disponibilidade de 7.068 mil m³ (ou 39% do volume total do perímetro) foi de R\$0.074/m³ em contrapartida, sem a inclusão da produção dessa cultura, esse valor foi de R\$0.136/m³ para o mesmo volume de água, ou seja, um aumento de 84% na disposição a pagar pelo recurso, isto indica que a não produção de cana de açúcar levou os recursos a serem dispostos para culturas menos intensivas neste recurso e que apresentaram lucratividade por m³ maior.

Observando os outros perímetros dessa região, essa tendência se mantém. Para o perímetro de Tourão, os valores obtidos foram R\$0.065/m³, para o cenário onde a produção de cana é considerada, e R\$0.131/m³, em um cenário que não a inclui, o que configura um aumento de mais de 100% no valor econômico. Já Curaçá apresenta os resultados R\$0.081/m³, com produção de cana incluída, e R\$0.155/m³, sem cana, ou seja, uma variação de 91%.

Ainda visualizando a figura 11, tem-se que o perímetro de Maniçoba apresenta a maior variação na disposição a pagar pela água entre os perímetros da região. Isto decorre, principalmente, por apresentar esse perímetro o menor custo variável da água entre as regiões irrigadas. Obteve-se uma variação de R\$0.145/m³, com cana incluída, para R\$0.444/m³ sem incluir a cultura (206%). Esses maiores valores econômicos devem-se basicamente à grande representatividade da quantidade de água destinada para a cultura nestes perímetros como também, pela característica intensiva em água que esta cultura possui.



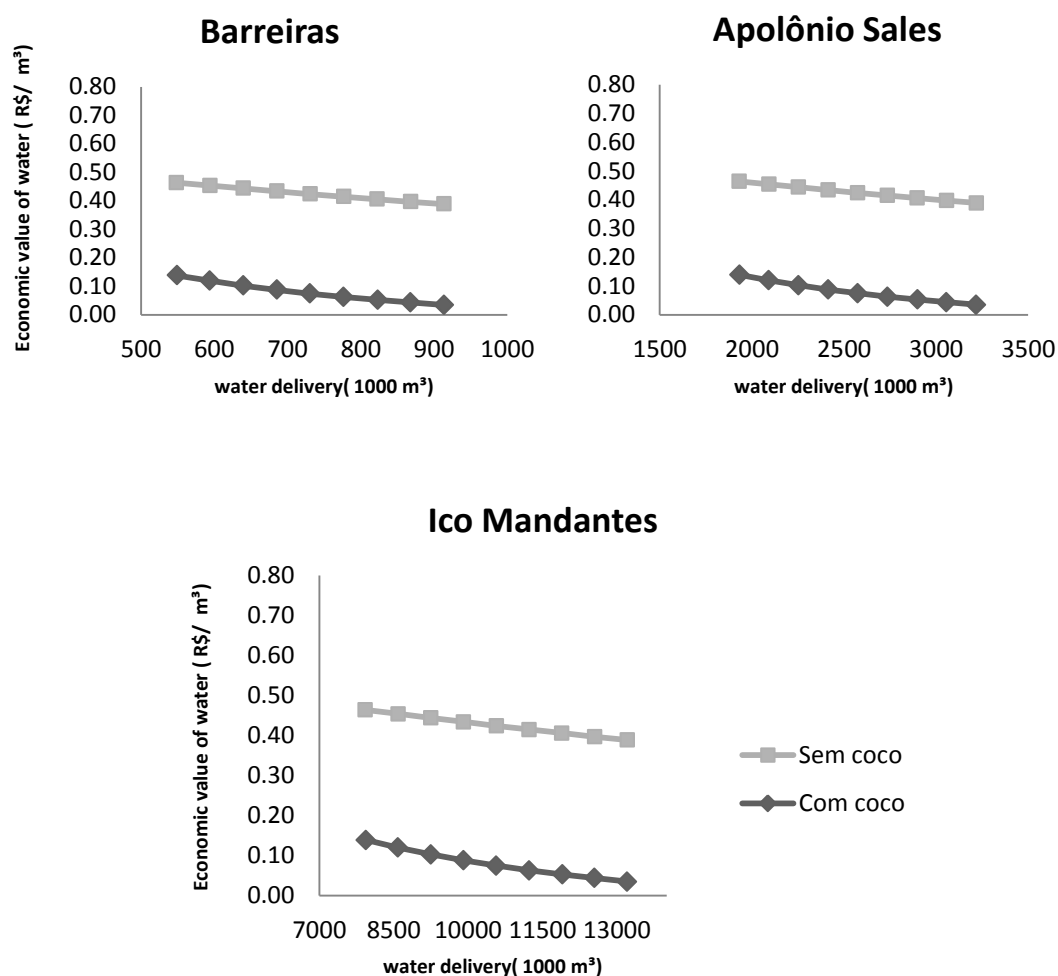
*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Figura 11– Demanda de água para irrigação dos perímetros Salitre, Maniçoba, Curaçá e Tourão para elasticidade de oferta das culturas igual a 1 com e sem a possibilidade de produção da cana-de-açúcar.

Outra cultura a apresentar resultado em destaque foi o coco. Principal cultura para os perímetros de Petrolândia, a produção de coco, assim como a cana de açúcar para os perímetros de Juazeiro, resultou em reduções nos valores econômicos observados. A figura 12 apresenta os resultados das simulações efetuadas. Pode-se verificar nesta figura uma redução no valor obtido na ordem de aproximadamente 10 vezes

(R\$0.035/m³ para simulação em que a produção do coco é incluída e R\$0.389/m³ no cenário em que a cultura não é). Assim como identificado em relação à cana de açúcar, esses resultados derivam da representatividade da cultura no uso total do recurso (25%) e também, por ser, essa cultura, intensiva em água.

É necessário salientar também que a lucratividade dessas culturas é fundamental para a determinação dos efeitos sobre os valores econômicos. Dessa maneira, os resultados podem ser afetados por uma baixa produtividade da cultura para o ano de referência, assim como, por mudanças negativas nos preços. Assim, o fato de uma cultura levar a reduzidos valores econômicos para o recurso em um determinado ano, não implicará que esta cultura deva ser excluída do mix de produção, mas sim, que deve ser analisada com uma maior preocupação, levando-se em consideração uma relação sustentável entre o retorno líquido da cultura e o uso dos fatores escassos.



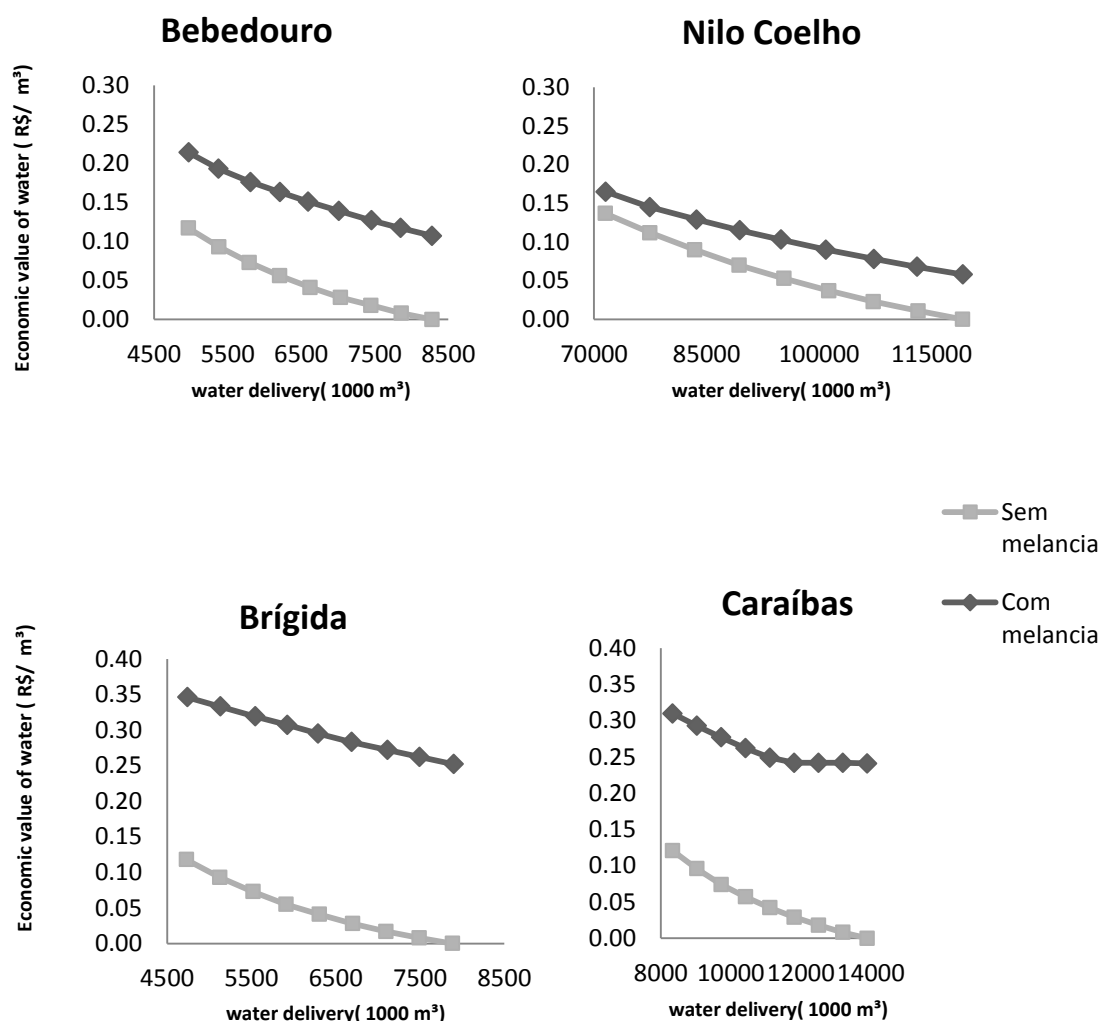
*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM

Figura 12 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Barreiras, Apolônio Sales e Ico-Mandantes para elasticidade de oferta das culturas igual a 1 com e sem a possibilidade de produção da coco.

Na figura 13, visualizam-se agora impactos que elevam os valores econômicos das curvas de demandas decorrentes da produção da melancia. Chama atenção esses resultados, principalmente, por ser esta cultura, a única que resulta em elevações nos valores econômicos da água, quando se considera sua produção. Um dos motivos disto ocorrer é que a produção de melancia apresenta o menor consumo de água por hectare (12.5 mil m³ por hectare). Por exemplo, coco e cana de açúcar apresentam 20 e 25 mil

m³ por hectare de consumo, o que demonstra a característica intensiva do uso do recurso para essas culturas.

Por exemplo, para o perímetro Nilo Coelho, com um volume disponibilizado de 119 milhões de m³ de água, o valor econômico obtido sem incluir a produção de melancia foi de aproximadamente zero e ao incluí-la, esse valor passa a ser de R\$0.05/m³. A região de Bebedouro apresenta uma variação ainda maior, indo de aproximadamente zero, sem a produção, para um valor econômico de R\$0.107/m³. Porém, são nos perímetros de Caraíbas e Brígida que ocorreram as maiores variações observadas neste trabalho. Nestas regiões, os valores sombra obtidos a partir da produção de melancia para um volume total de 13894 mil m³ (Caraíbas) e 7884 mil m³ (Brígida) foram de R\$0.241/m³ e R\$0.252/m³ respectivamente, enquanto que, sem a cultura, esse resultado aproximou-se de zero.



*Figura obtida a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Figura 13 – Demanda de água para irrigação dos perímetros Bebedouro, Nilo Coelho, Caraíbas e Brígida para elasticidade de oferta das culturas igual a 1 com e sem a possibilidade de produção da melancia.

É importante salientar que não é apenas a representatividade da cultura em relação à produção total em termos de consumo de água, que explica tais variações. Para o perímetro de Brígida, por exemplo, a melancia corresponde a apenas 6% do consumo de água da região irrigada e possui impactos muito parecidos com o perímetro de Caraíbas, onde esse percentual é de 57%. Ao mesmo tempo em que os perímetros de Bebedouro e Nilo Coelho apresentam praticamente o mesmo mix de cultura e sensibilidades diferentes à produção das culturas. Ou seja, além da representatividade da cultura em termos de uso da água no mix observado, outras variáveis impactam nos valores

econômicos observados, como custos variáveis, preços das culturas, produtividade, qualidade do solo, qualidade da água, e as funções de produção e custo calibradas para o problema.

Os resultados obtidos demonstram a característica variável das curvas de demanda da água, dadas mudanças nas condições observadas. Além disso, fornecem *insights* acerca dos impactos decorrentes dessas mudanças que podem ser utilizados na construção de modelos hidroeconômicos integrados que levem a um melhor gerenciamento de políticas da água e a gestão eficiente do recurso. Por fim, salientam-se as potencialidades de uso desses resultados em estudos que identifiquem alocações econômicas ótimas de água no submédio do São Francisco e nos perímetros irrigados analisados.

Em termos de representatividade, segundo dados de disponibilidade anual da água e das áreas irrigadas fornecidas pelo caderno da região hidrográfica do São Francisco do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), as curvas de demanda do volume total observado neste trabalho (476.372 milhões de m³/ano) constitui aproximadamente 15% da disponibilidade total de água para a região (3289.470 milhões de m³/ano) e aproximadamente 32% da área irrigada de todo o submédio do rio São Francisco (93180 hectares). É necessário frisar que os valores referentes a 100% do volume anual dos perímetros correspondem ao volume observado dos perímetros para o ano base de 2006.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS.

Este trabalho teve como objetivo a identificação de curvas de demandas por água para a irrigação dos perímetros irrigados públicos localizados no submédio do rio São Francisco. Diversos métodos para obtenção dessas curvas foram identificados na revisão de literatura, e constatou-se que nos últimos anos, a metodologia PMP tem se consolidado por apresentar resultados consistentes na construção dessas curvas de demanda. Além disso, por não possuir a característica de ser intensivo em dados, como os métodos econométricos, o PMP se adaptou melhor às condições de dados existentes para os perímetros localizados no submédio Francisco.

Os resultados obtidos demonstram que essas curvas devem variar, se forem introduzidas mudanças nos mix de culturas observados e também com diferentes valores das elasticidades de oferta das culturas. Outro resultado importante obtido foi de que para alguns perímetros, o valor econômico da água, ou a disposição a pagar, com a disponibilidade plena para o ano de 2006, mostrou-se bem superior aos valores de cobrança atuais, o que indica que essa cobrança podem não estar levando em consideração o uso racional do recurso em termos econômicos. Ademais, mostrou-se que estes valores econômicos se elevam ainda mais diante de reduções na disponibilidade de água para a região. Estas reduções são esperadas no submédio devido ao conflito já estabelecido com a geração de energia elétrica, bem como ao processo de transposição, que aumenta as zonas irrigadas também na bacia estendida e também às mudanças climáticas. Isto deve requerer um gerenciamento integrado dos recursos hídricos, que possibilite que o setor de agricultura irrigada possa continuar a exercer o importante papel de contribuir para o desenvolvimento e a melhoria dos indicadores socioeconômicos da região do submédio.

Para isso o desenvolvimento de modelos hidro econômicos que incorporem estas curvas de demanda é fundamental e devem, entre outros objetivos, subsidiar o estabelecimento de preços que levem a uma alocação econômica ótima do recurso na região hidrográfica estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Relatório final do Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio São Francisco e de sua Zona Costeira (PAE). Agência Nacional de Águas. 2004.

ARFINI, F., DONATI, M., GROSSI L. PARIS, Q. Revenue and Cost Functions in PMP: a Methodological Integration for a Territorial Analysis of CAP. Paper presented at the 107th EAAE Seminar Modelling of Agricultural and Rural Development Policies. Sevilla, Spain, January 29 – February 1st, 2008.

BEAR, J., LEVIN, O., Optimal utilization of an aquifer as an element of a water-resource system: research period 1967–68. In: Levin, O. (Ed.), Selected Works in Operations Research and Hydraulics. Israel Institute of Technology, Haifa, pp.64–279. 1970.

BOOKER J.F, MICHELSEN A.M, HOWITT R.E; YOUNG, R.A. Economics and the Modeling of Water Resources and Policies. Natural Resource Modeling Journal, 25 I, 2012.

BOOKER, J. F. Hydrologic and Economic-Impacts of Drought under Alternative Policy Responses. Water Resources Bulletin, 31(5), 889-906. 1995.

BRITZ W., HECKELEI, T., WOLFF, H., Symmetric Positive Equilibrium Problem: A Framework for rationalizing Economic Behavior with Limited Information: Comment, American Journal of Agricultural Economics, 85(4): 1078-81. 2003.

BRITZ, W. Regionalization of EU-data in the CAPRI project Institut für Agrarpolitik, Universität Bonn. 1997.

BROUWER, R., HOFKES, M. Integrated hydro-economic modelling: approaches, key issues and future research directions. Ecological Economics 66 (1), 16– 22, 2008.

BUYSSE, J., FERNAGUT, B., HARMIGNIE, O., HENRY DE FRAHAN, B., LAUWERS, L., POLOMÉ, P., VAN HUYLENBROECK, G. VAN MEENSEL, J. Farm-Based Modelling of the EU Sugar Reform: Impact on Belgian Sugar Beet Suppliers. European Review of Agricultural Economics 34(1): 21-52. 2007a.

BUYSSE, J., HUYLENBROECK, G.V., LAUWERS, L. Normative, positive and econometric mathematical programming as tools for incorporation of multi-functionality in agricultural policy modeling. *Agriculture Ecosystems and Environment* 120, 70 - 81. .2007b.

CBHSF. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. 2004.

CODEVASF. Relatório de Gestão. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. 2006.

CODEVASF. Relatório de Gestão. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. 2012.

CODEVASF. Perímetros Irrigados. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. Em <http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados>, acessado em 10 de setembro de 2014.

CONAB. Custos de Produção Agrícola: A metodologia da Conab. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, 2010.

CORTIGNANI, R. SEVERINI, S. Modeling Farm-Level Adoption of Deficit Irrigation using Positive Mathematical Programming. *Agricultural Water Management* 96: 1785-1791, 2009.

DINAR, A., LETEY, J., Modelling economic management and policy issues of water in irrigated Agriculture. Praeger Publishers, Westport, USA. 1996.

ECKSTEIN, O. Water Resources Development: the Economics of Project Evaluation. Cambridge, MA. Harvard University Press. 1958.

FREEMAN, A. M. The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods, 2nd ed. Washington, DC: Resources for the Future. III. 2003.

GISSER, M., MERCADO, A., Integration of the agricultural demand function for water and the hydrologic model of the Pecos basin. *Water Resources Research* 8 (6), 1373–1384. 1972.

GISSER, M., MERCADO, A. Economic aspects of ground water resources and replacement flows in semiarid agricultural areas. *American Journal of Agricultural Economics* 55 (3), 461–466. 1973.

GRAINDORGE C., HENRY DE FRAHAN, B., AND HOWITT, R. Analysing the Effects of Agenda 2000 Using a CES Calibrated Model of Belgian Agriculture, in Heckeleei T., Witzke, H.P and Henrichsmeyer, W. (eds.) *Agricultural Sector Modelling and Policy Information Systems*, Vauk Verlag, Kiel. 2001.

GRIFFIN, R.C.. *Water Resource Economics, the Analysis of Scarcity, Policies and Projects*. Cambridge: MIT Press. 2006.

HANEMANN, W. M. Determinants of urban water use. *Urban Water Demand Management and Planning*, D. D. Baumann, J. Boland, and W. M. Hanemann, eds., McGraw-Hill, NY, 31-75. 1998.

HAROU, J.J., PULIDO-VELAZQUEZ, M., ROSENBERG, D.E; MEDELLIN-AZUARA. J; LUND, J.R; HOWITT, R.E. Hydro-economic models: Concepts, design, applications and future prospects. *Journal of Hydrology*. 375:627-643. 2009.

HAZELL, P. B. R; NORTON, R. D. *Mathematical Programming for Economics Analysis in Agriculture*. Macmillan, New York, 1987.

HECKELEI, T. BRITZ, W. "Positive Mathematical Programming with Multiple Data Points: A Cross Section Estimation Procedure". *Cahiers d'economie et sociologies rurales*, 57: 28 – 50, 2000.

HECKELEI, T., BRITZ, W. ZHANG, Y. Positive Mathematical Programming Approaches – Recent Developments in Literature and Applied Modelling. *Bio-based and Applied Economics* 1(1): 109-124, 2012.

HECKELEI, T., BRITZ, W. Models Based on Positive Mathematical Programming: State of the Art and Further Extensions. EAAE Seminar Paper, Parma. 2005.

HECKELEI, T., WOLFF, H. Estimation of constrained optimization models for agricultural supply analysis based on generalized maximum entropy. *European Review of Agricultural Economics* 30, 27 - 50. 2003.

HEINZ, I., PULIDO-VELAZQUEZ, M., LUND, J.R., ANDREU, J. Hydro-economic modeling in river basin management: implications and applications for the European water framework directive. *Water Resources Management* 21 (7), 1103–1125, 2007.

HELMING, J.F.M., PEETERS, L., VEENDENDAAL, P.J.J., Assessing the Consequences of Environmental Policy Scenarios in Flemish Agriculture, in Heckeleei T., Witzke, H.P., and Henrichsmeyer, W. (eds.) *Agricultural Sector Modelling and Policy Information Systems*, Vauk Verlag, Kiel, 2001.

HENRY DE FRAHAN, B., BUYSSE, J., POLOMÉ, P., FERNAGUT, B., HARMIGNIE, O., LAUWERS, L., VAN HUYLENBORECK, G. AND VAN MEENSEL, J. Positive Mathematical Programming for Agricultural and Environmental Policy Analysis: Review and Practice. In: Weintraub, A., Romero, C., Bjørndal, T., Epstein, R. and Miranda, J. (eds.), *Handbook of Operations Research in Natural Resources. International Series in Operations Research & Management Science*, 2007, Volume 99, 1, 129-154. 2007.

HEXEM, R. W.; HEADY, E. O. Water production function for irrigated agriculture. Ames Iowa: The Iowa state University Press, 1978.

HOEHN, J.P; KRIEGER, D.J. An Economic Analysis of Water and Wastewater Investments in Cairo, Egypt. *Evaluation Review* 24 (6): 579–608. 2000.

HOUSE, G.L. USPM Regional Agricultural Model, Washington DC, USDA, National Economics Division Report, ERS, 30, 1987.

HOWE, C. W. LINAWEAVER, F. P., Jr. The impact of price on residential water demand and its relation to system design and price structure, *Water Resources Research*, 3(1), pp. 13–32. 1967.

HOWE, C.W. The impact of price on residential water demand: Some new insights. *Water Resources Research* 18, (4) 713-716. Howe, C.W., D.R. Schurmeier, and W.D. Shaw, Jr. 1986 Innovative Approaches to Water for Water Markets. *Water Resources Research* 22: 439-445. 1982.

HOWITT, R; GARDNER, B.D. "Cropping Production and Resource Interrelationships Among California Crops in Response to the 1985 Food Security Act": in *Impacts of Farm Policy and Technical Change on U.S. and California Agriculture*, Davis: 271-290, 1986.

HOWITT, R., MACEWAN, D., MEDELLIN-AZUARA, J.R. LUND. . Economic modelling of agriculture and water in California using the Statewide Agricultural Production Model (SWAP). A Report for the California Department of Water Resources .CA Water Plan. 2010.

HOWITT, R.E. Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics*. 77 (2) 329-342. 1995.

HOWITT, R.E., KAPLAN, J., LARSON, D., MACEWAN, D., MEDELLIN-AZUARA, J., HORNER, G., LEE, N.S. Central Valley Salinity Report. Central Valley Water Quality Control Board, 2009.

HOWITT, R.E., MEDELLÍN-AZUARA, J. Un modelo regional agrícola de equilibrio parcial: el caso de la Cuenca del Río Bravo. In: Guerrero-García Rojas, H.G., Yúnez Naude, A., Medellín-Azuara, J. (Eds.), *El agua en México: Implicaciones de las políticas de intervención en el sector*. El Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 2008.

HOWITT, R; MEDELLÍN-AZUARA, J; MACEWAN, D. LUND, J.R. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Environmental Modelling & Software* 38; 244 – 258, 2012.

HOWITT, R.E., WATSON, W. D., ADAMS, R. M. 'A reevaluation of price elasticities of irrigation water', *Water Resources Research*, 16, 623-628. 1980.

HUANG, Q; ROZELLE, S; HOWITT, R; WANG, J; HUANG, J. Irrigation water demand and implications for water pricing policy in rural China. *Environment and Development Economics* 15: 293–319. 2010.

HUFFAKER, R. WHITTLESEY. N. The Allocative Efficiency and Conservation Potential of Water Laws Encouraging Investments in on-Farm Irrigation Technology. *Agricultural Economics*, 24(1):47-60. 2000.

IBGE, Censo Agropecuário 2006. IBGE: Rio de Janeiro, 2009.

IBGE. Censo Agropecuário 1995/1996. IBGE: Rio de Janeiro, 1997.

JAKEMAN, A.J., LETCHER, R.A. Integrated assessment and modelling: features, principles and examples for catchment management. *Environmental Modelling and Software* 18 (6), 491–501. 2003.

JAKEMAN, A.J., LETCHER, R.A., NORTON, J.P. Ten iterative steps in development and evaluation of environmental models. *Environmental Modelling and Software* 21 (5), 602–614. 2006.

JAMES, L. D; LEE, R.R. *Economics of Water Resources Planning*. New York: McGraw-Hill Book Company 1971.

JANSSON, T. HECKELEI, T. A New Estimator for Trade Costs and its Small Sample Properties. *Economic Modelling* 26: 489-498. 2009.

JANSSON, T. HECKELEI, T. Estimating a Primal Model of Regional Crop Supply in the European Union. *Journal of Agricultural Economics* 62(1): 137-152, 2011.

JENKINS, M. W.; LUND J.R.; HOWITT, R.E.. Economic Losses For Urban Water Scarcity in California. *Journal of American Water Works Association*. 2003

JOHANSSON, R. C. Pricing irrigation water: a literature survey. The World Bank Policy Research Working Paper, n. 2449, p. 1-80, 2000.

JÚDEZ L., DE MIGUEL J.M., PINIÉS M., LEGORBURU I.G., MIGUEL J.L. Effects of Mid-Term review measures on some representative Spanish farm: an application of the PROMAPA model. Selected paper presented 80 th EAAE Seminar, Ghent, 24-26 September 2003.

KANELLOPOULOS, A., BERENTSEN, P., HECKELEI, T., VAN ITTERSUM, M. OUDE LANSINK, A. Assessing the Forecasting Performance of a Generic Bio-Economic Farm Model Calibrated with Two Different PMP Variants. *Journal of Agricultural Economics* 61(2): 274-294, 2010.

KASNAKOCLU, H; BAUER, S. “Concept and Application of an Agricultural Sector Model for Policy Analysis in Turkey; in Bauer S. e Henrichsmeyer, W. (eds): *Agricultural Sector Modelling*, Vauk Verlag, Kiel, 1988.

KINDLER, J; RUSSELL, C. *Modeling Water Demands*. London, Academic Press. 1984.

LUND, J.R., CAI, X., CHARACKLIS, G.W. Economic engineering of environmental and water resource systems. *Journal of Water Resources Planning and Management* 132 (6), 399–402. 2006.

LYNNE, G. D. Issues and Problems in Agricultural Water Demand Estimation from Secondary Data Sources. *Southern Journal of Agricultural Economics* December, 2 (101-106). 1978.

MAASS, A., HUFSCHMIDT M., DORFMAN, R., THOMAS, H.A. MARGLIN S. FAIR. G. *Design of Water Resource Systems*. Cambridge, MA., Harvard University Press. 1962.

MANETA, M., TORRES, M. DE O. WALLENDER, KIRBY, M; VOSTI, S; RODRIGUES, L; BASSOI, L. ‘Water demand and flows in the São Francisco River Basin (Brazil) with increased irrigation’, *Agricultural Water Management* 96: 1191–1200. 2009b.

MANETA, M., TORRES, M. DE O. WALLENDER, W; HOWITT; R, VOSTI, S; RODRIGUES, L; BASSOI, L. ‘A spatially distributed hydro-economic model to assess

the effects of drought on land use, farm profits, and agricultural employment', *Water Resources Research* 45, 2009a.

MARENGO J. A. Water and Climate Change. *Estudos Avançados (USP.Impresso)*, v. 22, p. 83-96, 2008.

MARQUES, G.F., LUND, J.R., HOWITT, R.E. Modeling irrigated agricultural production and water use decisions under water supply uncertainty. *Water Resources Research* 41 (8), 2005.

MCKINNEY, D., CAI, X., ROSEGRANT, M.W., RINGLER, C., SCOTT, C.A. Modeling Water Resources Management at the Basin Level: Review and Future Directions. SWIM Paper 6. International Water Management Institute, Colombo. 1999.

MEDELLIN-AZUARA, J., HOWITT, R.E., LUND, J., HANAK, E. Economic effects on agriculture of water export salinity south of the Sacramento-San Joaquin Delta. In: Lund, J.R., Hanak, E., Fleenor, W., Bennett, W., Howitt, R.E., Mount, J., Moyle, P. (Eds.), *Comparing Futures for the Sacramento-San Joaquin Delta*. Public Policy Institute of California, San Francisco, California. 2008.

MEDELLIN-AZUARA, J., HOWITT, R.E., MACEWAN, D., LUND, J.R., Estimating impacts of climate related changes to California agriculture. *Climatic Change* 109 (S1), S387 - S405, 2012.

MEDELLIN-AZUARA, J., HOWITT, R.E., WALLER-BARRERA, C., MENDOZA-ESPINOSA, L.G., LUND, J.R., TAYLOR, J.E., 2009. A Calibrated Agricultural Water Demand Model for Three Regions in Northern Baja California. *Agrociência* 43, 83 – 96. 2009.

MEREL, P.R. BUCARAM, S. Exact Calibration of Programming Models of Agricultural Supply against Exogenous Sets of Supply Elasticities. *European Review of Agricultural Economics* 37: 395-418, 2010.

MÉREL, P.R., SIMON, L., YI, F. A Fully Calibrated Generalized Constant-Elasticity-of-Substitution Programming Model of Agricultural Supply. *American Journal of Agricultural Economics* 93(4): 936–948, 2011.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, Relatório de apresentação do programa Mais Irrigação do Governo Federal. Em: http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=ac648b0e-d31b-498b-a946-d8ed96de0a21&groupId=10157, acessado em 05/11/2014.

MOORE, C.V. HEDGES, T.R. A Method for Estimating the Demand for Irrigation Water. *Agricultural Economics Research*.15, 131-153. 1963

MOORE, M.R., GOLLEHON, N.R., CAREY, M.B. Multicrop production decisions in western irrigated agriculture: the role of water price. *American Journal. Agriculture Economics*, 76, 859-874. 1994.

MORAES, M.G.A; RIBEIRO, M.M.R; WATKINS, D.W; MARQUES, G.F; CARNEIRO, A.C.G; VIANA, J.H.N; FIGUEIREDO, L.E.N. Integrated Economics Models to Support Decisions on Water Pricing in Biofuel Production River Basins: Three Case Studies from Brazil. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining (Biofpr)*. (Submitted in december 2014), 2014.

NIESWIADOMY, M. The Demand for Irrigation in the High Plains of Texas, 1957-80. *American Journal of Agricultural Economics*, 67: 619-626. 1985.

NOEL, J.E., GARDNER, B.D., MOORE, C.V. Optimal regional conjunctive water management. *American Journal of Agricultural Economics* 62 (3), 489– 498. 1980.

NUNES DE CASTRO, C.: Impactos do projeto de transposição do Rio São Francisco na agricultura irrigada no nordeste setentrional, Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), No. 1573, 2011.

OFFERMANN F., KLEINHANSS W., HUETTEL S. AND KUEPKER B., (2005). Assessing the CAP reform impacts on German Agriculture using the farm group model FARMIS. In: Arfini, F. (Ed.), *Modelling agricultural policies: state of the art and new challenges; proceedings of the 89th European Seminar of the European Association of Agricultural Economists (EAAE)*, February 3- 5, 2005, Parma, Italy.

ORTEGA, A. C. SOBEL, T. F. “Desenvolvimento Territorial e Perímetros Irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos Perímetros Irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE).” *Planejamento e Políticas Publicas*, v. 35, p. 87-118, 2010.

PAES, R A. Alternativas para o Desenvolvimento Sustentável do Submédio do São Francisco. Dissertação de Mestrado. Centro de desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2009.

PARIS, Q. HOWITT, R.E. 'An analysis of ill-posed production problems using maximum entropy', *American Journal of Agricultural Economics* 80: 124–138. (1998).

PARIS, Q., ARFINI, F., Frontier Cost Functions, Self-Selection, Price Risk, PMP and Agenda 2000, Eurotools Working Papers Series, No. 20, 2000.

PARIS, Q., HOWITT, R.E., The Multi-Output and Multi-Input Symmetric Positive Equilibrium Problem, in Heckelei T., Witzke, H.P., and Henrichsmeyer, W. (eds.) *Agricultural Sector Modelling and Policy Information Systems*, Vauk Verlag, Kiel. 2001.

PARIS, Q., Symmetric Positive Equilibrium Problem: a Framework for Rationalizing Economic Behavior with Limited Information, *American Journal of Agricultural Economics*, 83(4): 1049-1061. 2001.

RENEWICK, M.E; GREEN. R. D. Do Residential Water Demand Side Management Policies Measure Up? An Analysis of Eight California Water Agencies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2000, vol. 40, issue 1, pages 37-55. 2000.

RENZETTI, S. *The Economics of Water Demands*. Boston: Kluwer Academic Publishers. 2002

ROGERS, P., SMITH, D.V. Integrated use of ground and surface water in irrigation project planning. *American Journal of Agricultural Economics* 52 (1), 13. 1970.

ROHM, O. DABBERT, S. 'Integrating agri-environmental programs into regional production models: an extension of Positive Mathematical Programming, *American Journal of Agricultural Economics* 85(1): 254–265. 2003.

ROHM, O; DABBERT, S. Integrating Agri-environmental Programs Into Regional Produtcion: An Extension Of Positive Mathematical Programming. *American. Journal Agriculture Econonmics*.85(1):254–265. 2003

ROSENBERG, D.E., HOWITT, R.E., LUND, J.R. Water management with water conservation, infrastructure expansions, and source variability in Jordan. *Water Resources Research* 44, W11402. 2008.

SALATI, E.: Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI. In: Relatório 4. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade-Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. SBF/MMA. Brasília, 2006.

SALETH, R.M., DINAR. A. Satisfying Urban Thirst: Water Supply and Pricing Policy in Hyderabad City, India. Technical Paper 395. Washington, DC: World Bank. 1997.

SCHOENGOLD, K, SUNDING D.L, MORENO G. Price elasticity reconsidered: Panel Estimation of an agricultural water demand function, *Water Resources Research*, 42, 2006.

SEVERINI, S. AND CORTIGNANI R. Modeling Farmer Participation to a Revenue Insurance Scheme by means of Positive Mathematical Programming. Paper presented at the EAAE 2011 Congress Change and Uncertainty Challenges for Agriculture, Food and Natural Resources. ETH Zurich, Zurich, Switzerland, August 30 – September 2nd, 2011.

TANAJURA, C.A.S. ; [GENZ, F.](#) ; [ARAUJO, H. A.](#) . Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: Validação da simulação do clima presente do HadRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070-2100. *Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso)*, v. 25, p. 345-358, 2010.

TORRES M.O; MANETA, M. HOWITT, R. VOSTI, S.A; WALLENDER W.W; BASSOI, L.H. RODRIGUES, L.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* 17: 227–248, 2011.

TSUR, Y; ROE DINAR, T. A. DOUKKALI. M. Pricing Irrigation Water: Principles and Cases from Developing Countries, *Resources for the Future*. Washington, D.C. p.319. 2004.

VAUX, H. J.; PRUITT, W. O. Crop-water productions functions. In: HILLEL, D. (Ed.) *Advances in irrigation*. New York: Academic Press, v.2, p. 61-97. 1983.

WARD, F.A. Economics in integrated water management. *Environmental Modelling and Software* 24 (8), 948–958, 2009.

WEINGARTEN, P. (1995): "Das Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland" (RAUMIS), *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 73, S.272 - 303.

WORTHINGTON, A. C. HOFFMAN. M. An Empirical Survey of Residential Water Demand Modelling. *Journal of Economic Surveys*. 22 (5) 842-871. 2008.

ANEXO I – ENDOGEINIZAÇÃO DOS PREÇOS NO MODELO SWAP

Para à endogenização dos preços, a rotina de cálculo para o preço endógeno é diretamente integrada dentro da função objetiva, através do primeiro termo a qual especifica a função demanda de cada cultura em cada região. O processo foi descrito por Howitt et al. (2010) de maneira que:

$$Price_i = Int_i - \varphi_i X_i$$

Onde Int_i e φ_i são respectivamente os parâmetros de intercepto e inclinação da função de demanda inversa para a cultura i . O preço global para a cultura i é então calculado como uma ponderação dos preços observados médio v_{gi} pela fração da região g na soma da produção em toda as áreas ($prodprop_{gi}$). Formalmente:

$$prodprop_{gi} = \frac{yb_{gi}X_{gi,land}}{\sum_g yb_{gi}X_{gi,land}}$$

$$wp_i = \sum_g v_{gi} prodprop_{gi}$$

$$RMC_{gi} = v_{gi} - wp_{gi}$$

Para preços dados empiricamente, as flexibilidades dos parâmetros φ e Int são calculados usando as equações abaixo:

$$\varphi_i = \frac{Flex_i wp_{gi}}{\sum_g yb_{gi}X_{gi,land}}$$

$$Int^0_i = wp_i - \delta_i \sum_g yb_{gi}X_{gi,land}$$

ANEXO II – DADOS UTILIZADOS POR PERÍMETRO.

Tabela 2 – Quantidade anual de insumo terra irrigada cultivado (ha) por cultura e por perímetro em 2006.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana	625.276525	43.43260438	3.226377221	12.3095152	25.78261399	8.494063159	174.2487918	42.4520182	12.05113846	396.3496084	186.1884578	289.8265753
Cana-de-açúcar	0	0	437.9579984	1670.930046	3499.808375	1153.009287	0	0	0	0	0	0
Cebola	51.35244508	3.5670145	52.90286114	201.8389446	422.7571528	139.2770321	100.0671988	24.3792482	6.920700309	155.4087641	205.0117741	1116.751611
Coco	393.3030047	27.31939089	8.1143023	30.95829181	64.84298324	21.36247299	287.0752104	69.93977938	19.85427314	7.364511891	15.51570481	2.404037723
Goiaba	1424.105228	98.920392	1.092658061	4.168790594	8.731645153	2.876634054	75.50858222	18.39606274	5.22221342	85.83772103	12.26823171	18.34445361
Manga	2925.336505	203.19807	227.2728768	867.1084436	1816.182192	598.3398833	43.25248884	10.5375505	2.991364969	75.26235625	19.12400826	97.37002646
Maracujá	54.01420267	3.751904	32.99485289	125.8844256	263.6683492	86.86534313	3.9098295	0.952546938	0.270405873	58.82956447	7.93826758	13.22753653
Melancia	686.161332	47.66175041	22.48178234	85.77417408	179.6563378	59.18764796	962.0624213	234.386081	66.53674509	2154.849293	63.50614064	794.6661497
Melão	5.8428825	0.405855	21.89868865	83.5495115	174.9967216	57.65254083	27.49098867	6.697595659	1.901291294	50.62584661	42.69825744	307.2013986
Tomate	4.544464167	0.315665	22.37672655	85.37335738	178.8168164	58.91106823	29.01826582	7.069684306	2.006918588	37.21821243	63.50614064	42.79606324
Uva	1259.271021	87.4707715	40.15518375	153.2030543	320.8879594	105.7163015	8.12511443	1.979511606	0.561937205	34.14285449	0	7.779888443

*Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006) e da FUNARBE (2011)

Tabela 3 – Quantidade anual de insumo água utilizado (mil m³) por cultura e por perímetro em 2006.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana	14019.6163	973.8226595	72.40085221	120.59674	578.5694299	190.6092721	2652.563356	646.2407389	183.4526819	7117.262693	3322.774598	4945.817316
Cana-de-açúcar	0	0	11309.38885	18837.83664	90375.54748	29774.15748	0	0	0	0	0	0
Cebola	902.8438884	62.71283161	850.4390319	1416.560326	6796.025334	2238.945535	1090.615061	265.7052023	75.42751334	2100.647207	2693.793603	12326.63087
Coco	7775.027454	540.0645602	160.3526584	267.0964121	1281.409587	422.1594437	3785.726155	922.311794	261.8228192	115.9961153	241.4606606	34.78997017
Goiaba	28152.48578	1955.512046	21.59281456	35.96674575	172.5524221	56.84726822	995.748864	242.5930677	68.86651706	1352.003002	190.9223828	270.9508053
Manga	51217.47374	3557.639197	3977.848279	6625.827185	31787.76686	10472.45636	493.9767021	120.3469347	34.16368947	1042.842171	260.4397784	1231.564111
Maracujá	897.9847356	62.37530788	530.8921317	884.2970551	4242.463294	1397.676404	41.28380052	10.0579214	2.855209436	791.4172956	101.3320111	149.3292257
Melancia	8609.363639	598.0187484	273.02659	454.7752642	2181.809104	718.7954007	7335.019171	1787.021673	507.2937978	23163.1498	584.7613775	6782.497354
Melão	88.5577467	6.151348121	296.1786819	493.339269	2366.822018	779.7477688	251.2406982	61.20946144	17.37593931	568.7253786	488.9779501	2782.180716
Tomate	74.67161305	5.186797358	382.590302	637.273482	3057.354245	1007.243102	295.9291274	72.09684834	20.46661466	475.2938434	584.7613775	613.3329673
Uva	16031.68554	1113.583875	502.2307935	836.5564022	4013.424911	1322.219878	56.01747689	13.64746881	3.874198271	330.3096102	0	65.20469554

*Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006) e da FUNARBE (2011)

Tabela 4 – Quantidade anual de insumo trabalho utilizado (trabalhador) por cultura e por perímetro em 2006.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana	163.5094996	11.35760439	0.345597916	1.318550964	2.761740814	0.909853474	36.31618875	8.847668269	2.511646792	67.23749148	54.54610053	44.51130836
Cana-de-açúcar	0	0	46.9124845	178.9840125	374.8868767	123.506205	0	0	0	0	0	0
Cebola	13.42863879	0.932772514	5.666764077	21.62026129	45.28422463	14.9188544	20.85557805	5.081018755	1.442382791	26.36383444	60.06061263	138.1770795
Coco	102.8485397	7.144007101	0.869174858	3.316140794	6.945746982	2.288271219	59.83098889	14.57655002	4.137942786	1.24932962	4.545508377	0.242259934
Goiaba	372.4028072	25.8676332	0.117041599	0.446545844	0.935302402	0.308134686	15.73717611	3.834028804	1.08839141	14.5616721	3.594122903	2.64158871
Manga	764.9740378	53.13619402	24.34465256	92.88153559	194.5428996	64.09201476	9.014498939	2.196191257	0.623447507	12.76764737	5.602603349	10.11426967
Maracujá	14.12468707	0.981121026	3.534289887	13.48428658	28.24320458	9.304702912	0.814869961	0.198525763	0.056356837	9.979957734	2.325608937	1.332966657
Melancia	179.4308463	12.46352397	2.408167608	9.18782081	19.24414029	6.339967822	200.5089397	48.84974564	13.86730415	365.5526785	18.6048715	80.18087392
Melão	1.527910861	0.10613088	2.34570871	8.949522961	18.74501897	6.175532672	5.729554411	1.395884273	0.396259009	8.58826364	12.50895716	30.9573306
Tomate	1.188375114	0.08254624	2.39691441	9.144886768	19.15421377	6.310341597	6.047862989	1.4734334	0.418273398	6.313767412	18.6048715	4.595856227
Uva	329.2987442	22.87356315	4.301278758	16.41055977	34.37236327	11.32394972	1.693401637	0.412561352	0.117116551	5.792057919	0	0.78399571

*Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006) e da FUNARBE (2011)

Tabela 5 – Quantidade anual de insumo suprimento utilizado (em mil reais) por cultura e por perímetro em 2006.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana	495.2879516	34.4034116	0.671053214	2.560252311	5.36251802	1.766677605	42.80694623	10.42900351	2.960551007	49.96687255	35.66191532	31.82178026
Cana-de-açúcar	0	0	91.0907505	347.5362306	727.9240764	239.81405	0	0	0	0	0	0
Cebola	40.67679869	2.825468788	11.00324995	41.98042052	87.92913126	28.96818743	24.58307546	5.989144349	1.70017848	19.59202115	39.26727045	109.7051649
Coco	311.5393458	21.63996986	1.68769126	6.43900567	13.4866723	4.443174241	70.52452397	17.18180278	4.87751332	0.928426872	2.971826276	0.214786233
Goiaba	1128.048364	78.35585756	0.227261617	0.867065484	1.816092212	0.598310239	18.54986646	4.519281084	1.28291856	10.82136169	2.349816126	1.946084403
Manga	2317.189063	160.9552763	47.27041631	180.3496207	377.7471801	124.4485298	10.62565166	2.588714407	0.73487568	9.488150064	3.662948666	8.816420526
Maracujá	42.78520419	2.971921658	6.862589388	26.18266327	54.84029953	18.06709622	0.960510885	0.234008082	0.06642944	7.416506255	1.520469258	1.181800397
Melancia	543.515432	37.75336157	4.675979051	17.8401443	37.3666669	12.31042084	236.3457096	57.58061368	16.34579408	271.6568346	12.16375406	71.03761404
Melão	4.628207184	0.32148191	4.554701572	17.37743741	36.39751475	11.99113438	6.753592158	1.645369327	0.467082	6.382282641	8.178281614	27.44658722
Tomate	3.599716699	0.250041486	4.654128529	17.75677856	37.19205509	12.25289511	7.128791723	1.736778734	0.493031	4.692013409	12.16375406	3.933254595
Uva	997.4814972	69.28649567	8.35186442	31.86465654	66.74138879	21.9879013	1.996061682	0.486298045	0.13804868	4.304310192	0	0.695085985

*Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006) e da FUNARBE (2011)

Tabela 6 – Custo variável anual dos insumos por perímetro em 2006.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Terra (mil reais/hectare)	0.55493903	0.55493903	0.57145414	0.57145414	0.57145414	0.57145414	0.133206107	0.13320610	0.13320610	0.1720531	0.158959298	0.146777179
Água (mil reais/mil m³)	0.12312248	0.07688457	0.07468869	0.08004085	0.03829375	0.05510183	0.07468869	0.07468869	0.07468869	0.07468869	0.07468869	0.07468869
Trabalho (mil reais/trabalhador)	1.8950546	1.89505465	2.45997126	2.45997126	2.45997126	2.45997126	0.29162731	0.29162731	0.29162731	0.19510089	0.060177913	0.287024708
Suprimentos (mil reais/mil reais)	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06

*Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006) e da FUNARBE (2011)

Tabela 7 – Custo variável do componente K1 por perímetro em 2006.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
K1 (mil reais/hectare)	0.08422	0.05419	0.03573	0.04824632	0.07453	0.07453	0.07453	0.05419	0.05419	0.07453	0.05419	0.07453

*Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006) e da FUNARBE (2011)

Tabela 8 – Restrição anual dos insumos por perímetro em 2006.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Terra (hectare)	7429.208	516.043	870.474	3321.099	6956.131	2291.692	1710.759	416.790	118.317	3055.889	615.757	2690.368
Água (mil m³)	127770	8875.067	18376.941	30610.126	146850	48380.858	16998.120	4141.231	1175.599	37057.647	8469.224	29202.298
Trabalho (trabalhador)	1942	134	93	355	745	245	356	86	24	518	180	313
Suprimentos (mil reais)	127770	8875.067	18376.941	30610.126	146850	48380.858	16998.120	4141.231	1175.599	37057.647	8469.224	29202.298

*Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006) e da FUNARBE (2011)

Tabela 9 – Produtividade média anual por cultura e por perímetro em 2006.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	18.1955	18.1955	23.19176	23.19176	23.19176	23.19176	18.90581	18.90581	18.90581	17.32296	16.58627	23.94578
Cana-de-açúcar (em tonelada)	30.63636	30.63636	90.02466	90.02466	90.02466	90.02466	42.58192	42.58192	42.58192	27.33333	22.33333	42.58192
Cebola (em tonelada)	19.54545	19.54545	18.34428	18.34428	18.34428	18.34428	20.18181	20.18181	20.18181	20.54545	23.45454	17.63359
Coco (em mil frutos)	28.89090	28.89090	26.24161	26.24161	26.24161	26.24161	20.21272	20.21272	20.21272	28	27.016	21.23755
Goiaba (em tonelada)	29.72768	29.72768	18.05040	18.05040	18.05040	18.05040	45	45	45	28.90909	21.98181	17.50520
Manga (em tonelada)	21.09090	21.09090	24.23454	24.23454	24.23454	24.23454	20.18181	20.18181	20.18181	20.63636	18.25	24.43869
Maracujá (em tonelada)	13.41818	13.41818	15.81491	15.81491	15.81491	15.81491	15.27272	15.27272	15.27272	12.43636	13.8	19.77777
Melancia (em tonelada)	19.95959	19.95959	21.70488	21.70488	21.70488	21.70488	23.81818	23.81818	23.81818	16.45454	19	22
Melão (em tonelada)	19	19	18.99856	18.99856	18.99856	18.99856	16.04545	16.04545	16.04545	19.36363	20.48181	17.4106
Tomate (em tonelada)	35.81818	35.81818	33.54411	33.54411	33.54411	33.54411	34.21212	34.21212	34.21212	36.36363	31.99636	30
Uva (em tonelada)	32.45454	32.45454	26.77762	26.77762	26.77762	26.77762	18.72727	18.72727	18.72727	29.9308	25.90909	26.38181

**Elaboração própria a partir dos dados de Produção Agrícola Municipal 2002/2012 - IBGE

Tabela 10 – Preço médio anual (em mil reais) de cada cultura por perímetro em 2006.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.470199	0.470199	0.649856	0.649856	0.649856	0.649856	0.438235	0.438235	0.438235	0.448198	0.448214	0.55
Cana-de-açúcar (em tonelada)	0.08	0.08	0.040499	0.040499	0.040499	0.040499	0.060249	0.060249	0.060249	0.08	0.08	0.060249
Cebola (em tonelada)	0.39675	0.39675	0.439998	0.439998	0.439998	0.439998	0.358333	0.358333	0.358333	0.43	0.4	0.440012
Coco (em mil frutos)	0.222994	0.222994	0.209996	0.209996	0.209996	0.209996	0.196688	0.196688	0.196688	0.220444	0.219	0.210144
Goiaba (em tonelada)	0.574	0.574	0.621538	0.621538	0.621538	0.621538	0.26169	0.26169	0.26169	0.554	0.557990	0.209821
Manga (em tonelada)	0.5425	0.5425	0.669999	0.669999	0.669999	0.669999	0.37	0.37	0.37	0.5425	0.535294	0.64
Maracujá (em tonelada)	0.755769	0.755769	0.719993	0.719993	0.719993	0.719993	0.5	0.5	0.5	0.75625	0.68	0.7
Melancia (em tonelada)	0.205	0.205	0.179987	0.179987	0.179987	0.179987	0.2	0.2	0.2	0.206666	0.206666	0.18
Melão (em tonelada)	0.593043	0.593043	0.35	0.35	0.35	0.35	0.49	0.49	0.49	0.596714	0.576573	0.350024
Tomate (em tonelada)	0.330989	0.330989	0.54999	0.54999	0.54999	0.54999	0.545384	0.545384	0.545384	0.419977	0.30625	0.325925
Uva (em tonelada)	2.465998	2.465998	2.22	2.22	2.22	2.22	1	1	1	2.153012	2.371794	2.12

*Elaboração própria a partir dos dados de Produção Agrícola Municipal - IBGE (2006)

ANEXO III – PARÂMETROS CALIBRADOS

Tabela 11 – Beta referente ao insumo Terra ($\beta_{ig,terra}$) calibrado por cultura e por perímetro.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.008	0.008	0.064	0.063	0.063	0.092	0.092	0.092	0.092	0.007	0.002	0.116
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.002	0.143	0.004	0.009	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.015	0.015	0.069	0.593	0.071	0.105	0.172	0.172	0.172	0.026	0.022	0.183
Coco (em mil frutos)	0.006	0.006	0.022	0.359	0.024	0.040	0.054	0.054	0.054	0.006	0.0007	0.052
Goiaba (em tonelada)	0.040	0.040	0.062	0.553	0.062	0.092	0.182	0.182	0.182	0.040	0.021	0.037
Manga (em tonelada)	0.032	0.031	0.126	0.713	0.123	0.173	0.160	0.160	0.160	0.035	0.021	0.255
Maracujá (em tonelada)	0.030	0.030	0.105	0.679	0.104	0.149	0.194	0.194	0.194	0.029	0.024	0.287
Melancia (em tonelada)	0.007	0.006	0.047	0.562	0.056	0.089	0.244	0.244	0.244	0.002	0.003	0.167
Melão (em tonelada)	0.046	0.046	0.083	0.645	0.086	0.127	0.266	0.266	0.266	0.066	0.050	0.223
Tomate (em tonelada)	0.040	0.039	0.151	0.751	0.146	0.203	0.414	0.414	0.414	0.067	0.070	0.129
Uva (em tonelada)	0.438	0.434	0.581	0.956	0.567	0.656	0.657	0.657	0.657	0.432	-	0.784

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 12 – Beta referente ao insumo Água ($\beta_{ig,\acute{a}gua}$) calibrado por cultura e por perímetro.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.990	0.990	0.935	0.447	0.937	0.908	0.908	0.908	0.908	0.993	0.997	0.884
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.997	0.855	0.996	0.991	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.982	0.982	0.930	0.405	0.929	0.895	0.827	0.827	0.827	0.974	0.978	0.816
Coco (em mil frutos)	0.992	0.992	0.978	0.639	0.976	0.960	0.946	0.946	0.946	0.994	0.999	0.948
Goiaba (em tonelada)	0.957	0.958	0.937	0.445	0.938	0.908	0.818	0.818	0.818	0.960	0.978	0.963
Manga (em tonelada)	0.965	0.966	0.873	0.285	0.877	0.827	0.839	0.839	0.839	0.965	0.978	0.745
Maracujá (em tonelada)	0.966	0.967	0.895	0.320	0.896	0.851	0.805	0.805	0.805	0.971	0.975	0.713
Melancia (em tonelada)	0.986	0.987	0.952	0.433	0.943	0.911	0.754	0.754	0.754	0.998	0.996	0.832
Melão (em tonelada)	0.949	0.950	0.916	0.352	0.913	0.872	0.732	0.732	0.732	0.934	0.949	0.777
Tomate (em tonelada)	0.956	0.957	0.849	0.248	0.853	0.796	0.585	0.585	0.585	0.933	0.929	0.871
Uva (em tonelada)	0.558	0.562	0.418	0.043	0.433	0.343	0.342	0.342	0.342	0.568	-	0.216

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 13 – Beta referente ao insumo Trabalho ($\beta_{ig, trabalho}$) calibrado por cultura e por perímetro.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	1.632989E-4	1.610590E-4	1.637171E-4	3.587960E-4	4.533787E-5	6.378660E-5	7.773474E-5	7.773474 E-5	7.773474E-5	6.048218E-6	6.618078E-6	2.611571E-5
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	1.229126E-4	4.835899E-4	3.391904E-5	4.901075E-5	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	2.973940E-4	2.933655E-4	3.748681E-4	7.482569E-4	1.034902E-4	1.447392E-4	1.632556E-4	1.632556 E-4	1.632556E-4	1.206990E-5	1.394377E-5	4.173861E-5
Coco (em mil frutos)	2.241442E-4	2.210700E-4	2.351382E-4	7.052338E-4	6.485870E-5	9.272367E-5	1.159525E-4	1.159525 E-4	1.159525E-4	8.401479E-6	9.335152E-6	1.474195E-5
Goiaba (em tonelada)	2.163710E-4	2.135050E-4	2.254362E-4	4.911826E-4	6.235944E-5	8.769879E-5	1.002694E-4	1.002694 E-4	1.002694E-4	8.111414E-6	9.141339E-6	3.472319E-5
Manga (em tonelada)	2.954931E-4	2.915565E-4	2.845878E-4	4.262664E-4	7.898111E-5	1.081242E-4	1.473263E-4	1.473263 E-4	1.473263E-4	1.123716E-5	1.276112E-5	1.749023E-5
Maracujá (em tonelada)	3.366664E-4	3.321817E-4	3.597734E-4	5.894426E-4	9.958189E-5	1.373274E-4	1.719964E-4	1.719964 E-4	1.719964E-4	1.217285E-5	1.495485E-5	2.062391E-5
Melancia (em tonelada)	6.946075E-4	6.852368E-4	7.733557E-4	0.002	2.117840E-4	2.969967E-4	3.637441E-4	3.637441 E-4	3.637441E-4	2.191254E-5	3.457680E-5	4.860238E-5
Melão (em tonelada)	4.168955E-4	4.114489E-4	5.688605E-4	0.001	1.566822E-4	2.172627E-4	2.245451E-4	2.245451 E-4	2.245451E-4	1.837924E-5	1.908988E-5	3.898629E-5
Tomate (em tonelada)	3.431913E-4	3.386662E-4	2.931401E-4	3.924504E-4	8.147847E-5	1.104232E-4	1.363316E-4	1.363316 E-4	1.363316E-4	1.332678E-5	3.223550E-5	1.627334E-5
Uva (em tonelada)	3.791108E-4	3.761976E-4	3.157584E-4	1.503272E-4	9.032586E-5	1.040446E-4	2.122189E-4	2.122189 E-4	2.122189E-4	1.622904E-5	-	1.314833E-5

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 14 – Beta referente ao insumo Suprimento ($\beta_{ig,suprimento}$) calibrado por cultura e por perímetro.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.001	0.001	1.097758E-4	8.122469E-4	1.026364E-4	1.444009E-4	4.262141E-4	4.262141E-4	4.262141E-4	1.564411E-5	1.612335E-4	4.167962E-5
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	8.241552E-5	0.001	7.678634E-5	1.109511E-4	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.003	0.003	2.513570E-4	0.002	2.342824E-4	3.276625E-4	8.951187E-4	8.951187E-4	8.951187E-4	3.121956E-5	3.397064E-4	8.657695E-5
Coco (em mil frutos)	0.002	0.002	1.576652E-4	0.002	1.468279E-4	2.099090E-4	6.357592E-4	6.357592E-4	6.357592E-4	2.173097E-5	2.274285E-4	4.029523E-5
Goiaba (em tonelada)	0.002	0.002	1.511598E-4	0.001	1.411701E-4	1.985336E-4	5.497701E-4	5.497701E-4	5.497701E-4	2.098069E-5	2.227067E-4	5.973754E-5
Manga (em tonelada)	0.003	0.003	1.908221E-4	9.649871E-4	1.787984E-4	2.447728E-4	8.077797E-4	8.077797E-4	8.077797E-4	2.906564E-5	3.108940E-4	4.582227E-5
Maracujá (em tonelada)	0.003	0.003	2.412357E-4	0.001	2.254347E-4	3.108835E-4	9.430440E-4	9.430440E-4	9.430440E-4	3.148586E-5	3.643390E-4	5.637281E-5
Melancia (em tonelada)	0.006	0.006	5.185514E-4	0.004	4.794392E-4	6.723448E-4	0.002	0.002	0.002	5.667820E-5	8.423806E-4	1.326136E-4
Melão (em tonelada)	0.004	0.004	3.814330E-4	0.002	3.546991E-4	4.918420E-4	0.001	0.001	0.001	4.753908E-5	4.650790E-4	1.065640E-4
Tomate (em tonelada)	0.003	0.003	1.965566E-4	8.884341E-4	1.844520E-4	2.499774E-4	7.474965E-4	7.474965E-4	7.474965E-4	3.447058E-5	7.853405E-4	4.072184E-5
Uva (em tonelada)	0.003	0.003	2.117227E-4	3.403127E-4	2.044808E-4	2.355375E-4	0.001	0.001	0.001	4.197746E-5	-	3.593927E-5

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 15 – Parâmetro de tecnologia da função de produção CES (τ_{gi}) calibrado por cultura e por perímetro.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	1.389	1.376	4.274	4.087	16.229	5.131	4.376	4.376	4.376	1.289	1.122	6.134
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	5.321	29.843	5.076	6.487	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	2.083	2.065	3.873	13.818	3.696	4.622	6.997	6.997	6.997	2.642	3.046	6.220
Coco (em mil frutos)	2.254	2.233	3.148	14.733	3.002	3.810	3.744	3.744	3.744	2.227	1.974	3.645
Goiaba (em tonelada)	4.337	4.298	3.382	12.791	3.231	4.056	15.604	15.604	15.604	4.240	2.576	2.577
Manga (em tonelada)	2.901	2.875	6.786	19.992	6.497	8.011	6.676	6.676	6.676	2.963	2.295	10.311
Maracujá (em tonelada)	1.858	1.841	4.086	12.781	3.906	4.839	5.685	5.685	5.685	1.677	1.878	9.032
Melancia (em tonelada)	2.446	2.424	4.578	16.816	4.345	5.444	10.665	10.665	10.665	1.666	2.529	7.707
Melão (em tonelada)	3.254	3.226	4.655	15.286	4.435	5.515	7.275	7.275	7.275	3.941	3.823	7.034
Tomate (em tonelada)	5.575	5.525	10.431	28.515	9.998	12.244	19.788	19.788	19.788	7.195	7.478	8.344
Uva (em tonelada)	19.280	19.181	19.088	26.192	18.650	20.494	14.584	14.584	14.584	17.634	-	22.636

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 16 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-39.341	-39.395	-63.071	-61.144	-62.565	-62.006	-34.599	-34.599	-34.599	-36.214	-36.155	-54.116
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-17.623	-15.500	-17.135	-16.491	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-35.321	-35.363	-34.597	-33.039	-34.056	-33.656	-30.062	-30.062	-30.062	-39.261	-42.472	-32.000
Coco (em mil frutos)	-30.441	-30.489	-24.629	-22.857	-24.108	-23.616	-17.209	-17.209	-17.209	-29.234	-29.369	-19.056
Goiaba (em tonelada)	-72.926	-72.973	-47.462	-46.942	-45.690	-46.449	-48.412	-48.412	-48.412	-68.606	-54.766	-15.949
Manga (em tonelada)	-50.057	-50.099	-67.366	-65.725	-66.833	-66.397	-31.043	-31.043	-31.043	-48.798	-44.171	-63.634
Maracujá (em tonelada)	-44.705	-44.745	-47.858	-46.300	-47.318	-46.917	-31.655	-31.655	-31.655	-41.525	-42.363	-56.345
Melancia (em tonelada)	-19.819	-19.849	-17.644	-16.313	-17.082	-16.780	-19.945	-19.945	-19.945	-16.756	-19.420	-16.601
Melão (em tonelada)	-48.964	-49.000	-28.719	-27.309	-28.165	-27.828	-32.453	-32.453	-32.453	-49.507	-51.653	-25.177
Tomate (em tonelada)	-51.530	-51.569	-76.183	-74.566	-75.648	-75.222	-75.718	-75.718	-75.718	-64.803	-42.909	-40.310
Uva (em tonelada)	-323.615	-323.645	-239.830	-238.478	-239.270	-238.958	-75.745	-75.745	-75.745	-260.621	-	-224.467

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 17 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.3.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-25.082	-25.135	-37.953	-36.026	-37.447	-36.887	-20.790	-20.790	-20.790	-23.273	-23.765	-32.165
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-11.546	-9.423	-11.058	-10.414	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-22.396	-22.438	-21.144	-19.586	-20.604	-20.203	-18.009	-18.009	-18.009	-24.537	-26.836	-19.068
Coco (em mil frutos)	-19.704	-19.751	-15.444	-14.924	-13.673	-14.431	-10.583	-10.583	-10.583	-18.946	-19.509	-11.618
Goiaba (em tonelada)	-44.486	-44.534	-28.764	-26.992	-28.243	-27.751	-28.784	-28.784	-28.784	-41.914	-34.323	-9.827
Manga (em tonelada)	-30.987	-31.029	-40.304	-38.663	-39.772	-39.335	-18.598	-18.598	-18.598	-30.140	-27.889	-37.566
Maracujá (em tonelada)	-27.803	-27.843	-28.881	-27.322	-28.341	-27.939	-18.928	-18.928	-18.928	-25.850	-26.723	-33.271
Melancia (em tonelada)	-13.000	-13.030	-11.133	-9.802	-10.571	-10.269	-12.006	-12.006	-12.006	-11.089	-12.876	-10.001
Melão (em tonelada)	-30.184	-30.221	-17.636	-16.226	-17.083	-16.745	-19.349	-19.349	-19.349	-30.249	-31.971	-15.020
Tomate (em tonelada)	-31.771	-31.810	-45.435	-44.900	-43.817	-44.474	-44.620	-44.620	-44.620	-39.350	-26.578	-24.013
Uva (em tonelada)	-190.227	-190.257	-140.752	-139.401	-140.193	-139.881	-44.533	-44.533	-44.533	-153.219	-	-131.252

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 18– Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.4.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-17.952	-18.006	-25.393	-23.466	-24.887	-24.327	-13.886	-13.886	-13.886	-16.803	-17.570	-21.190
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-8.508	-6.385	-8.020	-7.376	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-15.934	-15.976	-14.418	-12.860	-13.878	-13.477	-11.983	-11.983	-11.983	-17.175	-19.017	-12.603
Coco (em mil frutos)	-14.335	-14.382	-10.852	-9.080	-10.332	-9.839	-7.270	-7.270	-7.270	-13.803	-14.578	-7.899
Goiaba (em tonelada)	-30.267	-30.314	-19.415	-17.643	-18.894	-18.401	-18.971	-18.971	-18.971	-28.567	-24.102	-6.766
Manga (em tonelada)	-21.452	-21.494	-26.773	-25.132	-26.241	-25.804	-12.375	-12.375	-12.375	-20.810	-19.748	-24.532
Maracujá (em tonelada)	-19.352	-19.392	-19.392	-17.833	-18.852	-18.451	-12.564	-12.564	-12.564	-18.013	-18.903	-21.733
Melancia (em tonelada)	-9.590	-9.620	-7.877	-6.547	-7.316	-7.013	-8.036	-8.036	-8.036	-8.255	-9.604	-6.701
Melão (em tonelada)	-20.795	-20.831	-12.095	-10.685	-11.541	-11.204	-12.797	-12.797	-12.797	-20.621	-22.130	-9.941
Tomate (em tonelada)	-21.891	-21.931	-30.061	-28.443	-29.526	-29.100	-29.071	-29.071	-29.071	-26.624	-18.412	-15.865
Uva (em tonelada)	-123.533	-123.563	-91.214	-89.863	-90.655	-90.343	-28.927	-28.927	-28.927	-99.517	-	-84.644

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 19 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.5.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-13.674	-13.728	-17.857	-15.930	-17.351	-16.792	-9.743	-9.743	-9.743	-12.921	-13.853	-14.605
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-6.685	-4.562	-6.197	-5.553	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-12.057	-12.099	-10.382	-8.824	-9.842	-9.441	-8.367	-8.367	-8.367	-12.758	-14.327	-8.723
Coco (em mil frutos)	-11.114	-11.161	-8.097	-6.325	-7.576	-7.084	-5.282	-5.282	-5.282	-10.716	-11.620	-5.667
Goiaba (em tonelada)	-21.735	-21.782	-13.805	-12.033	-13.285	-12.792	-13.082	-13.082	-13.082	-20.560	-17.969	-4.930
Manga (em tonelada)	-15.732	-15.773	-18.654	-17.014	-18.122	-17.686	-8.641	-8.641	-8.641	-15.213	-14.864	-16.711
Maracujá (em tonelada)	-14.282	-14.322	-13.698	-12.140	-13.158	-12.757	-8.746	-8.746	-8.746	-13.310	-14.211	-14.811
Melancia (em tonelada)	-7.544	-7.574	-5.924	-4.594	-5.363	-5.060	-5.654	-5.654	-5.654	-6.555	-7.640	-4.721
Melão (em tonelada)	-15.161	-15.197	-8.770	-7.360	-8.216	-7.879	-8.866	-8.866	-8.866	-14.843	-16.225	-6.894
Tomate (em tonelada)	-15.963	-16.003	-20.836	-19.219	-20.301	-19.875	-19.742	-19.742	-19.742	-18.988	-13.512	-10.976
Uva (em tonelada)	-83.516	-83.547	-61.491	-60.139	-60.931	-60.619	-19.563	-19.563	-19.563	-67.297	-	-56.679

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 20 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.6.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-10.823	-10.876	-12.834	-10.907	-12.328	-11.768	-6.982	-6.982	-6.982	-10.333	-11.375	-10.215
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-5.469	-3.346	-4.982	-4.338	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-9.472	-9.514	-7.692	-6.134	-7.152	-6.751	-5.956	-5.956	-5.956	-9.813	-11.199	-6.137
Coco (em mil frutos)	-8.966	-9.014	-6.260	-4.488	-5.739	-5.247	-3.957	-3.957	-3.957	-8.659	-9.648	-4.180
Goiaba (em tonelada)	-16.047	-16.094	-10.065	-8.294	-9.545	-9.052	-9.157	-9.157	-9.157	-15.221	-13.880	-3.706
Manga (em tonelada)	-11.918	-11.960	-13.242	-11.601	-12.710	-12.273	-6.152	-6.152	-6.152	-11.481	-11.607	-11.498
Maracujá (em tonelada)	-10.901	-10.941	-9.903	-8.344	-9.363	-8.962	-6.201	-6.201	-6.201	-10.175	-11.083	-10.196
Melancia (em tonelada)	-6.180	-6.210	-4.622	-3.291	-4.060	-3.758	-4.066	-4.066	-4.066	-5.421	-6.331	-3.401
Melão (em tonelada)	-11.405	-11.441	-6.553	-5.143	-6.000	-5.662	-6.245	-6.245	-6.245	-10.992	-12.289	-4.863
Tomate (em tonelada)	-12.012	-12.051	-14.686	-13.069	-14.152	-13.725	-13.522	-13.522	-13.522	-13.897	-10.246	-7.717
Uva (em tonelada)	-56.839	-56.869	-41.675	-40.324	-41.116	-40.804	-13.321	-13.321	-13.321	-45.816	-	-38.036

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 21 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.7.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-8.786	-8.839	-9.245	-7.318	-8.739	-8.180	-5.009	-5.009	-5.009	-8.485	-9.605	-7.079
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-4.601	-2.478	-4.113	-3.469	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-7.626	-7.668	-5.770	-4.212	-5.230	-4.829	-4.235	-4.235	-4.235	-7.709	-8.966	-4.289
Coco (em mil frutos)	-7.432	-7.480	-4.948	-4.427	-3.176	-3.935	-3.010	-3.010	-3.010	-7.189	-8.239	-3.117
Goiaba (em tonelada)	-11.984	-12.032	-7.394	-5.623	-6.874	-6.381	-6.353	-6.353	-6.353	-11.408	-10.960	-2.831
Manga (em tonelada)	-9.193	-9.235	-9.376	-7.735	-8.844	-8.407	-4.374	-4.374	-4.374	-8.815	-9.281	-7.774
Maracujá (em tonelada)	-8.487	-8.527	-7.192	-5.633	-6.652	-6.251	-4.383	-4.383	-4.383	-7.936	-8.849	-6.900
Melancia (em tonelada)	-5.206	-5.236	-3.691	-2.361	-3.130	-2.827	-2.932	-2.932	-2.932	-4.611	-5.396	-2.458
Melão (em tonelada)	-8.722	-8.758	-4.970	-3.560	-4.416	-4.079	-4.373	-4.373	-4.373	-8.241	-9.477	-3.412
Tomate (em tonelada)	-9.189	-9.228	-10.294	-8.677	-9.759	-9.333	-9.079	-9.079	-9.079	-10.261	-7.913	-5.389
Uva (em tonelada)	-37.783	-37.814	-27.521	-26.170	-26.962	-26.650	-8.862	-8.862	-8.862	-30.473	-	-24.719

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 22 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.8.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-7.258	-7.311	-6.554	-4.627	-6.048	-5.488	-3.529	-3.529	-3.529	-7.098	-8.277	-4.728
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-3.950	-1.827	-3.462	-2.818	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-6.241	-6.283	-4.329	-2.771	-3.789	-3.388	-2.943	-2.943	-2.943	-6.132	-7.290	-2.904
Coco (em mil frutos)	-6.282	-6.329	-3.964	-2.192	-3.443	-2.951	-2.300	-2.300	-2.300	-6.087	-7.182	-2.320
Goiaba (em tonelada)	-8.937	-8.984	-5.391	-3.619	-4.870	-4.378	-4.250	-4.250	-4.250	-8.548	-8.770	-2.175
Manga (em tonelada)	-7.150	-7.192	-6.477	-4.836	-5.944	-5.508	-3.041	-3.041	-3.041	-6.816	-7.537	-4.981
Maracujá (em tonelada)	-6.676	-6.716	-5.159	-3.600	-4.618	-4.217	-3.019	-3.019	-3.019	-6.257	-7.173	-4.428
Melancia (em tonelada)	-4.475	-4.506	-2.994	-1.664	-2.433	-2.130	-2.082	-2.082	-2.082	-4.004	-4.695	-1.751
Melão (em tonelada)	-6.710	-6.746	-3.783	-2.373	-3.229	-2.892	-2.969	-2.969	-2.969	-6.177	-7.369	-2.324
Tomate (em tonelada)	-7.072	-7.111	-6.999	-5.382	-6.465	-6.038	-5.748	-5.748	-5.748	-7.534	-6.163	-3.643
Uva (em tonelada)	-23.492	-23.522	-16.906	-15.555	-16.347	-16.035	-5.518	-5.518	-5.518	-18.966	-	-14.732

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 23 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.9.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-6.069	-6.123	-4.461	-2.534	-3.955	-3.395	-2.379	-2.379	-2.379	-6.020	-7.245	-2.898
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-3.444	-1.321	-2.956	-2.312						
Cebola (em tonelada)	-5.164	-5.206	-3.208	-1.650	-2.667	-2.267	-1.939	-1.939	-1.939	-4.905	-5.987	-1.826
Coco (em mil frutos)	-5.387	-5.434	-3.198	-1.427	-2.678	-2.185	-1.748	-1.748	-1.748	-5.230	-6.361	-1.700
Goiaba (em tonelada)	-6.567	-6.614	-3.833	-2.061	-3.312	-2.819	-2.615	-2.615	-2.615	-6.323	-7.066	-1.665
Manga (em tonelada)	-5.561	-5.603	-4.221	-2.581	-3.689	-3.253	-2.004	-2.004	-2.004	-5.261	-6.180	-2.808
Maracujá (em tonelada)	-5.267	-5.307	-3.577	-2.018	-3.037	-2.636	-1.958	-1.958	-1.958	-4.950	-5.870	-2.505
Melancia (em tonelada)	-3.907	-3.937	-2.451	-1.121	-1.890	-1.587	-1.420	-1.420	-1.420	-3.532	-4.150	-1.201
Melão (em tonelada)	-5.145	-5.181	-2.859	-1.449	-2.305	-1.968	-1.877	-1.877	-1.877	-4.573	-5.728	-1.477
Tomate (em tonelada)	-5.425	-5.465	-4.437	-2.820	-3.902	-3.476	-3.156	-3.156	-3.156	-5.413	-4.802	-2.285
Uva (em tonelada)	-12.376	-12.407	-8.649	-7.298	-8.090	-7.778	-2.917	-2.917	-2.917	-10.015	-	-6.964

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 24 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.0.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-5.119	-5.173	-2.786	-0.859	-2.280	-1.720	-1.458	-1.458	-1.458	-5.157	-6.419	-1.435
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-3.039	-0.916	-2.551	-1.907	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-4.302	-4.344	-2.311	-0.753	-1.771	-1.370	-1.135	-1.135	-1.135	-3.923	-4.945	-0.964
Coco (em mil frutos)	-4.671	-4.719	-2.586	-0.814	-2.066	-1.573	-1.306	-1.306	-1.306	-4.544	-5.703	-1.204
Goiaba (em tonelada)	-4.671	-4.719	-2.586	-0.814	-2.066	-1.573	-1.306	-1.306	-1.306	-4.544	-5.703	-1.257
Manga (em tonelada)	-4.290	-4.332	-2.417	-0.777	-1.885	-1.448	-1.174	-1.174	-1.174	-4.017	-5.095	-1.070
Maracujá (em tonelada)	-4.141	-4.180	-2.312	-0.753	-1.772	-1.371	-1.110	-1.110	-1.110	-3.905	-4.827	-0.967
Melancia (em tonelada)	-3.453	-3.483	-2.017	-0.687	-1.456	-1.153	-0.891	-0.891	-0.891	-3.154	-3.714	-0.761
Melão (em tonelada)	-3.893	-3.929	-2.120	-0.710	-1.567	-1.229	-1.004	-1.004	-1.004	-3.289	-4.416	-0.800
Tomate (em tonelada)	-4.108	-4.147	-2.387	-0.770	-1.852	-1.426	-1.083	-1.083	-1.083	-3.716	-3.714	-1.199
Uva (em tonelada)	-3.484	-3.514	-2.044	-0.693	-1.485	-1.173	-0.836	-0.836	-0.836	-2.855	-	-0.750

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 25 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.1.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-4.341	-4.395	-1.416	0.511	-0.910	-0.350	-0.705	-0.705	-0.705	-4.451	-5.743	-0.238
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-2.707	-0.584	-2.219	-1.575	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-3.597	-3.639	-1.577	-0.019	-1.037	-0.636	-0.478	-0.478	-0.478	-3.120	-4.092	-0.259
Coco (em mil frutos)	-4.086	-4.133	-2.085	-0.313	-1.565	-1.072	-0.945	-0.945	-0.945	-3.983	-5.165	-0.799
Goiaba (em tonelada)	-3.120	-3.167	-1.566	0.206	-1.046	-0.553	-0.236	-0.236	-0.236	-3.088	-4.588	-0.923
Manga (em tonelada)	-3.250	-3.291	-0.941	0.700	-0.409	0.028	-0.495	-0.495	-0.495	-3.000	-4.207	0.351
Maracujá (em tonelada)	-3.219	-3.259	-1.277	0.282	-0.737	-0.335	-0.416	-0.416	-0.416	-3.050	-3.974	0.292
Melancia (em tonelada)	-3.081	-3.111	-1.662	-0.332	-1.101	-0.798	-0.458	-0.458	-0.458	-2.845	-3.357	-0.401
Melão (em tonelada)	-2.869	-2.905	-1.516	-0.106	-0.962	-0.625	-0.289	-0.289	-0.289	-2.238	-3.343	-0.246
Tomate (em tonelada)	-3.030	-3.070	-0.710	0.907	-0.175	0.251	0.613	0.613	0.613	-2.327	-2.823	-0.310
Uva (em tonelada)	3.792	3.762	3.360	4.711	3.919	4.231	0.866	0.866	0.866	3.003	-	4.335

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 26 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.2.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-3.693	-3.747	-0.274	1.653	0.232	0.791	-0.077	-0.077	-0.077	-3.863	-5.180	0.760
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-2.431	-0.308	-1.943	-1.299	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-3.010	-3.052	-0.966	0.593	-0.425	-0.025	0.070	0.070	0.070	-2.451	-3.381	0.329
Coco (em mil frutos)	-3.597	-3.645	-1.668	0.104	-1.147	-0.654	-0.644	-0.644	-0.644	-3.515	-4.717	-0.461
Goiaba (em tonelada)	-1.827	-1.875	-0.716	1.055	-0.196	0.297	0.657	0.657	0.657	-1.875	-3.659	-0.645
Manga (em tonelada)	-2.383	-2.425	0.289	1.930	0.821	1.258	0.070	0.070	0.070	-2.152	-3.466	1.536
Maracujá (em tonelada)	-2.451	-2.490	-0.414	1.145	0.126	0.527	0.163	0.163	0.163	-2.338	-3.263	1.341
Melancia (em tonelada)	-2.771	-2.801	-1.366	-0.036	-0.805	-0.502	-0.097	-0.097	-0.097	-2.587	-3.059	-0.101
Melão (em tonelada)	-2.015	-2.051	-1.012	0.398	-0.458	-0.121	0.307	0.307	0.307	-1.363	-2.448	0.216
Tomate (em tonelada)	-2.132	-2.171	0.688	2.305	1.222	1.649	2.027	2.027	2.027	-1.170	-2.080	0.431
Uva (em tonelada)	9.855	9.825	7.863	9.215	8.423	8.735	2.285	2.285	2.285	7.885	-	8.572

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 27 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.3.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-3.145	-3.198	0.692	-2.619	1.198	1.758	0.454	0.454	0.454	-3.365	-4.703	1.604
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-2.197	-0.074	-1.709	-1.065	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-2.513	-2.555	-0.448	1.110	0.092	0.493	0.534	0.534	0.534	-1.884	-2.780	0.826
Coco (em mil frutos)	-3.184	-3.232	-1.314	0.457	-0.794	-0.301	-0.389	-0.389	-0.389	-3.120	-4.338	-0.175
Goiaba (em tonelada)	-0.733	-0.781	0.003	1.775	0.523	1.016	1.412	1.412	1.412	-0.848	-2.873	-0.409
Manga (em tonelada)	-1.649	-1.691	1.330	2.970	1.862	2.299	0.549	0.549	0.549	-1.434	-2.840	2.539
Maracujá (em tonelada)	-1.800	-1.840	0.316	1.875	0.856	1.257	0.652	0.652	0.652	-1.735	-2.662	2.228
Melancia (em tonelada)	-2.508	-2.538	-1.116	0.215	-0.554	-0.252	0.209	0.209	0.209	-2.369	-2.807	0.153
Melão (em tonelada)	-1.293	-1.329	-0.586	0.824	-0.032	0.305	0.811	0.811	0.811	-0.622	-1.691	0.606
Tomate (em tonelada)	-1.372	-1.411	1.870	3.488	2.405	2.831	3.223	3.223	3.223	-0.191	-1.452	1.058
Uva (em tonelada)	14.986	14.955	11.674	13.025	12.233	12.545	3.486	3.486	3.486	12.016	-	12.157

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 28 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.4.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-2.674	-2.728	1.520	3.447	2.026	2.586	0.909	0.909	0.909	-2.939	-4.295	2.328
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-1.997	0.126	-1.509	-0.865	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-2.086	-2.129	-0.005	1.553	0.535	0.936	0.931	0.931	0.931	-1.399	-2.264	1.253
Coco (em mil frutos)	-2.830	-2.878	-1.012	0.760	-0.491	0.002	-0.170	-0.170	-0.170	-2.780	-4.013	0.071
Goiaba (em tonelada)	0.204	0.157	0.619	2.391	1.140	1.633	2.059	2.059	2.059	0.032	-2.199	-0.208
Manga (em tonelada)	-1.021	-1.063	2.222	3.863	2.754	3.191	0.959	0.959	0.959	-0.819	-2.303	3.398
Maracujá (em tonelada)	-1.243	-1.283	0.941	2.500	1.481	1.883	1.072	1.072	1.072	-1.218	-2.146	2.989
Melancia (em tonelada)	-2.283	-2.314	-0.901	0.429	-0.340	-0.037	0.470	0.470	0.470	-2.182	-2.592	0.370
Melão (em tonelada)	-0.674	-0.710	-0.220	1.190	0.333	0.671	1.243	1.243	1.243	0.013	-1.042	0.941
Tomate (em tonelada)	-0.721	-0.760	2.884	4.501	3.419	3.845	4.248	4.248	4.248	0.648	-0.914	1.595
Uva (em tonelada)	19.383	19.352	14.940	16.292	15.500	15.812	4.515	4.515	4.515	15.557	-	15.230

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 29 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.5.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-2.267	-2.321	2.238	4.165	2.744	3.303	1.304	1.304	1.304	-2.569	-3.940	2.955
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-1.823	0.300	-1.336	-0.692	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-1.717	-1.759	0.380	1.938	0.920	1.321	1.275	1.275	1.275	-0.978	-1.817	1.622
Coco (em mil frutos)	-2.524	-2.571	-0.749	1.023	-0.229	0.264	0.019	0.019	0.019	-2.486	-3.731	0.283
Goiaba (em tonelada)	1.017	0.969	1.154	2.925	1.674	2.167	2.619	2.619	2.619	0.795	-1.615	-0.033
Manga (em tonelada)	-0.476	-0.518	2.995	4.636	3.527	3.964	1.315	1.315	1.315	-0.286	-1.838	4.143
Maracujá (em tonelada)	-0.760	-0.800	1.484	3.043	2.024	2.425	1.436	1.436	1.436	-0.770	-1.699	3.648
Melancia (em tonelada)	-2.089	-2.119	-0.715	0.615	-0.154	0.149	0.697	0.697	0.697	-2.020	-2.405	0.559
Melão (em tonelada)	-0.137	-0.173	0.096	1.506	0.650	0.987	1.617	1.617	1.617	0.563	-0.480	1.231
Tomate (em tonelada)	-0.156	-0.196	3.763	5.380	4.297	4.724	5.137	5.137	5.137	1.375	-0.447	2.061
Uva (em tonelada)	23.194	23.164	17.771	19.122	18.330	18.642	5.406	5.406	5.406	18.625	-	17.894

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 30 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.6.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-1.911	-1.964	2.866	4.793	3.372	3.931	1.649	1.649	1.649	-2.246	-3.631	3.504
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-1.672	0.452	-1.184	-0.540	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-1.394	-1.436	0.716	2.274	1.256	1.657	1.577	1.577	1.577	-0.610	-1.427	1.946
Coco (em mil frutos)	-2.255	-2.303	-0.520	1.252	7.790782E-4	0.494	0.185	0.185	0.185	-2.229	-3.485	0.469
Goiaba (em tonelada)	1.728	1.680	1.621	3.393	2.141	2.634	3.110	3.110	3.110	1.462	-1.104	0.120
Manga (em tonelada)	9.256055E-4	-0.041	3.672	4.204	5.312	4.641	1.626	1.626	1.626	0.181	-1.431	4.795
Maracujá (em tonelada)	-0.338	-0.378	1.958	3.517	2.498	2.899	1.754	1.754	1.754	-0.378	-1.308	4.225
Melancia (em tonelada)	-1.918	-1.948	-0.552	0.778	0.009	0.312	0.896	0.896	0.896	-1.879	-2.241	0.724
Melão (em tonelada)	0.333	0.296	0.373	1.784	0.927	1.264	1.945	1.945	1.945	1.044	0.012	1.485
Tomate (em tonelada)	0.338	0.298	4.531	6.149	5.066	5.492	5.914	5.914	5.914	2.011	-0.039	2.468
Uva (em tonelada)	26.529	26.498	20.248	21.599	20.807	21.119	6.187	6.187	6.187	21.310	-	20.224

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 31 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.7.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-1.596	-1.650	3.420	5.347	3.926	4.485	1.953	1.953	1.953	-1.960	-3.357	3.988
Cana-de-açúcar (em tonelada)			-1.538	0.586	-1.050	-0.406						
Cebola (em tonelada)	-1.109	-1.151	1.013	2.571	1.553	1.954	1.843	1.843	1.843	-0.285	-1.082	2.231
Coco (em mil frutos)	-2.018	-2.066	-0.317	1.455	0.203	0.696	0.331	0.331	0.331	-2.002	-3.267	0.633
Goiaba (em tonelada)	2.355	2.308	2.034	3.805	2.554	3.047	3.543	3.543	3.543	2.051	-0.653	0.255
Manga (em tonelada)	0.422	0.380	4.269	5.909	4.801	5.237	1.901	1.901	1.901	0.592	-1.072	5.370
Maracujá (em tonelada)	0.035	-0.005	2.377	3.936	2.917	3.318	2.035	2.035	2.035	-0.033	-0.963	4.734
Melancia (em tonelada)	-1.768	-1.798	-0.409	0.922	0.153	0.455	1.071	1.071	1.071	-1.754	-2.097	0.869
Melão (em tonelada)	0.747	0.711	0.618	2.028	1.172	1.509	2.234	2.234	2.234	1.469	0.446	1.709
Tomate (em tonelada)	0.774	0.734	5.210	6.827	5.744	6.171	6.600	6.600	6.600	2.573	0.321	2.827
Uva (em tonelada)	29.471	29.441	22.434	23.785	22.993	23.305	6.875	6.875	6.875	23.679	-	22.280

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 32 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.8.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-1.316	-1.370	3.912	5.839	4.418	4.978	2.224	2.224	2.224	-1.706	-3.114	4.418
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-1.418	0.705	-0.930	-0.286	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-0.856	-0.898	1.277	2.835	1.817	2.218	2.079	2.079	2.079	0.003	-0.775	2.484
Coco (em mil frutos)	-1.808	-1.855	-0.137	1.635	0.383	0.876	0.461	0.461	0.461	-1.801	-3.074	0.779
Goiaba (em tonelada)	2.913	2.865	2.400	4.172	2.921	3.413	3.928	3.928	3.928	2.574	-0.252	0.375
Manga (em tonelada)	0.795	0.754	4.799	6.440	5.332	5.768	2.145	2.145	2.145	0.958	-0.753	5.881
Maracujá (em tonelada)	0.366	0.327	2.749	4.308	3.289	3.690	2.284	2.284	2.284	0.275	-0.657	5.186
Melancia (em tonelada)	-1.634	-1.664	-0.281	1.049	0.280	0.583	1.227	1.227	1.227	-1.643	-1.968	0.999
Melão (em tonelada)	1.115	1.079	0.835	2.245	1.389	1.726	2.491	2.491	2.491	1.847	0.832	1.908
Tomate (em tonelada)	1.161	1.122	5.812	7.430	6.347	6.773	7.210	7.210	7.210	3.072	0.642	3.147
Uva (em tonelada)	32.087	32.056	24.376	25.728	24.936	25.247	7.487	7.487	7.487	25.785	-	24.108

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 33 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.9.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-1.066	-1.120	4.353	6.280	4.859	5.419	2.466	2.466	2.466	-1.479	-2.897	4.803
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-1.312	0.811	-0.824	-0.180	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-0.629	-0.671	1.513	3.071	2.053	2.454	2.290	2.290	2.290	0.262	-0.501	2.711
Coco (em mil frutos)	-1.619	-1.667	0.024	1.796	0.545	1.037	0.577	0.577	0.577	-1.620	-2.901	0.910
Goiaba (em tonelada)	3.412	3.364	2.728	4.500	3.249	3.741	4.272	4.272	4.272	3.042	0.107	0.483
Manga (em tonelada)	1.130	1.088	5.274	6.915	5.806	6.243	2.363	2.363	2.363	1.286	-0.467	6.338
Maracujá (em tonelada)	0.663	0.623	3.082	4.641	3.622	4.023	2.507	2.507	2.507	0.550	-0.382	5.591
Melancia (em tonelada)	-1.514	-1.544	-0.167	1.163	0.394	0.697	1.366	1.366	1.366	-1.543	-1.854	1.115
Melão (em tonelada)	1.444	1.408	1.030	2.440	1.583	1.921	2.720	2.720	2.720	2.185	1.178	2.087
Tomate (em tonelada)	1.508	1.468	6.352	7.969	6.886	7.313	7.755	7.755	7.755	3.518	0.928	3.433
Uva (em tonelada)	34.427	34.396	26.115	27.466	26.674	26.986	8.035	8.035	8.035	27.670	-	25.743

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 34 – Alfa (α_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 2.0.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	-0.841	-0.895	4.750	6.677	5.256	5.815	2.684	2.684	2.684	-1.275	-2.701	5.150
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	-1.216	0.907	-0.728	-0.084	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	-0.425	-0.467	1.725	3.283	2.265	2.666	2.481	2.481	2.481	0.494	-0.254	2.915
Coco (em mil frutos)	-1.450	-1.497	0.169	1.941	0.690	1.182	0.682	0.682	0.682	-1.458	-2.745	1.027
Goiaba (em tonelada)	3.861	3.813	3.023	4.795	3.544	4.037	4.582	4.582	4.582	3.464	0.429	0.580
Manga (em tonelada)	1.431	1.389	5.701	7.342	6.234	6.670	2.559	2.559	2.559	1.580	-0.210	6.750
Maracujá (em tonelada)	0.930	0.890	3.381	4.940	3.921	4.323	2.708	2.708	2.708	0.797	-0.135	5.955
Melancia (em tonelada)	-1.407	-1.437	-0.064	1.266	0.497	0.800	1.491	1.491	1.491	-1.454	-1.750	1.219
Melão (em tonelada)	1.741	1.705	1.205	2.615	1.758	2.096	2.927	2.927	2.927	2.489	1.488	2.247
Tomate (em tonelada)	1.820	1.780	6.837	8.455	7.372	7.798	8.247	8.247	8.247	3.920	1.186	3.690
Uva (em tonelada)	36.533	36.502	27.679	29.030	28.238	28.550	8.528	8.528	8.528	29.365	-	27.215

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 35 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.068	0.985	23.356	6.122	2.923	8.872	0.238	0.976	3.438	0.098	0.200	0.227
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.042	0.011	0.005	0.016	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.755	10.870	0.763	0.200	0.095	0.290	0.361	1.483	5.225	0.284	0.229	0.035
Coco (em mil frutos)	0.082	1.179	3.396	0.890	0.425	1.290	0.069	0.284	1.001	4.191	1.907	9.282
Goiaba (em tonelada)	0.060	0.862	51.338	13.456	6.424	19.500	0.780	3.201	11.275	0.933	4.999	1.001
Manga (em tonelada)	0.020	0.282	0.357	0.094	0.045	0.136	0.863	3.543	12.481	0.744	2.554	0.803
Maracujá (em tonelada)	0.939	13.515	1.726	0.452	0.216	0.655	9.766	40.084	141.202	0.799	5.911	5.233
Melancia (em tonelada)	0.030	0.429	0.869	0.228	0.109	0.330	0.025	0.102	0.358	0.008	0.309	0.025
Melão (em tonelada)	9.642	138.816	1.518	0.398	0.190	0.577	1.430	5.869	20.676	1.141	1.383	0.099
Tomate (em tonelada)	13.044	187.785	4.122	1.080	0.516	1.566	3.215	13.196	46.486	2.052	0.771	1.142
Uva (em tonelada)	0.318	4.575	7.402	1.940	0.926	2.812	11.524	47.303	166.631	9.437	-	35.945

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 36 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.3.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.046	0.657	15.571	4.081	1.949	5.914	0.158	0.651	2.292	0.065	0.133	0.151
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.028	0.007	0.003	0.011	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.503	7.247	0.509	0.133	0.064	0.193	0.241	0.989	3.483	0.189	0.153	0.023
Coco (em mil frutos)	0.055	0.786	2.264	0.593	0.283	0.860	0.046	0.189	0.667	2.794	1.271	6.188
Goiaba (em tonelada)	0.040	0.575	34.225	8.971	4.283	13.000	0.520	2.134	7.517	0.622	3.333	0.667
Manga (em tonelada)	0.013	0.188	0.238	0.062	0.030	0.090	0.575	2.362	8.321	0.496	1.703	0.535
Maracujá (em tonelada)	0.626	9.010	1.150	0.302	0.144	0.437	6.510	26.723	94.135	0.533	3.940	3.489
Melancia (em tonelada)	0.020	0.286	0.579	0.152	0.072	0.220	0.017	0.068	0.239	0.005	0.206	0.017
Melão (em tonelada)	6.428	92.544	1.012	0.265	0.127	0.384	0.953	3.913	13.784	0.761	0.922	0.066
Tomate (em tonelada)	8.696	125.190	2.748	0.720	0.344	1.044	2.143	8.798	30.991	1.368	0.514	0.762
Uva (em tonelada)	0.212	3.050	4.935	1.293	0.618	1.874	7.683	31.535	111.088	6.291	-	23.963

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 37 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.4.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.034	0.492	11.678	3.061	1.461	4.436	0.119	0.488	1.719	0.049	0.100	0.114
Cana-de-açúcar (em tonelada)			0.021	0.005	0.003	0.008						
Cebola (em tonelada)	0.378	5.435	0.381	0.100	0.048	0.145	0.181	0.742	2.612	0.142	0.114	0.017
Coco (em mil frutos)	0.041	0.590	1.698	0.445	0.212	0.645	0.035	0.142	0.501	2.095	0.953	4.641
Goiaba (em tonelada)	0.030	0.431	25.669	6.728	3.212	9.750	0.390	1.600	5.638	0.466	2.499	0.501
Manga (em tonelada)	0.010	0.141	0.179	0.047	0.022	0.068	0.432	1.772	6.241	0.372	1.277	0.402
Maracujá (em tonelada)	0.469	6.757	0.863	0.226	0.108	0.328	4.883	20.042	70.601	0.400	2.955	2.617
Melancia (em tonelada)	0.015	0.215	0.434	0.114	0.054	0.165	0.012	0.051	0.179	0.004	0.155	0.012
Melão (em tonelada)	4.821	69.408	0.759	0.199	0.095	0.288	0.715	2.935	10.338	0.571	0.691	0.050
Tomate (em tonelada)	6.522	93.893	2.061	0.540	0.258	0.783	1.608	6.598	23.243	1.026	0.386	0.571
Uva (em tonelada)	0.159	2.287	3.701	0.970	0.463	1.406	5.762	23.651	83.316	4.719	-	17.972

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 38 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.5.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.027	0.394	9.343	2.449	1.169	3.549	0.095	0.390	1.375	0.039	0.08	0.091
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.017	0.004	0.002	0.006	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.302	4.348	0.305	0.080	0.038	0.116	0.145	0.593	2.090	0.114	0.092	0.014
Coco (em mil frutos)	0.033	0.472	1.358	0.356	0.170	0.516	0.028	0.114	0.400	1.676	0.763	3.713
Goiaba (em tonelada)	0.024	0.345	20.535	5.382	2.570	7.800	0.312	1.280	4.510	0.373	2.000	0.400
Manga (em tonelada)	0.008	0.113	0.143	0.037	0.018	0.054	0.345	1.417	4.993	0.297	1.022	0.321
Maracujá (em tonelada)	0.375	5.406	0.690	0.181	0.086	0.262	3.906	16.034	56.481	0.320	2.364	2.093
Melancia (em tonelada)	0.012	0.172	0.348	0.091	0.043	0.132	0.010	0.041	0.143	0.003	0.134	0.010
Melão (em tonelada)	3.857	55.526	0.607	0.159	0.076	0.231	0.572	2.348	8.270	0.456	0.553	0.040
Tomate (em tonelada)	5.218	75.114	1.649	0.432	0.206	0.626	1.286	5,279	18.594	0.821	0.309	0.457
Uva (em tonelada)	0.127	1.830	2.961	0.371	0.776	1.125	4.610	18.921	66.653	3.775	-	14.378

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 39 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.6.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.023	0.328	7.785	2.041	0.974	2.957	0.079	0.325	1.146	0.033	0.067	0.076
Cana-de-açúcar (em tonelada)			0.014	0.004	0.002	0.005						
Cebola (em tonelada)	0.252	3.623	0.254	0.067	0.032	0.097	0.120	0.494	1.742	0.095	0.076	0.012
Coco (em mil frutos)	0.027	0.393	1.132	0.297	0.142	0.430	0.023	0.095	0.334	1.397	0.636	3.094
Goiaba (em tonelada)	0.020	0.287	17.113	4.485	2.141	6.500	0.260	1.067	3.758	0.311	1.666	0.334
Manga (em tonelada)	0.007	0.094	0.119	0.031	0.015	0.045	0.288	1.181	4.160	0.248	0.851	0.268
Maracujá (em tonelada)	0.313	4.505	0.575	0.151	0.072	0.218	3.255	13.361	47.067	0.266	1.97	1.744
Melancia (em tonelada)	0.010	0.143	0.290	0.076	0.036	0.110	0.008	0.034	0.119	0.003	0.103	0.008
Melão (em tonelada)	3.214	46.272	0.506	0.133	0.063	0.192	0.477	1.956	6.892	0.380	0.461	0.033
Tomate (em tonelada)	4.348	62.595	1.374	0.360	0.172	0.522	1.072	4.399	15.495	0.684	0.257	0.381
Uva (em tonelada)	0.106	1.525	2.467	0.647	0.309	0.937	3.841	15.768	55.544	3.146	-	11.982

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 40 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.7.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.020	0.281	6.673	1.749	0.835	2.535	0.068	0.279	0.982	0.028	0.057	0.065
Cana-de-açúcar (em tonelada)			0.012	0.001	0.003	0.005						
Cebola (em tonelada)	0.216	3.106	0.218	0.057	0.027	0.083	0.103	0.424	1.493	0.081	0.065	0.010
Coco (em mil frutos)	0.023	0.337	0.970	0.254	0.121	0.369	0.020	0.081	0.286	1.197	0.545	2.652
Goiaba (em tonelada)	0.017	0.246	14.668	3.845	1.836	5.572	0.223	0.915	3.222	0.267	1.428	0.286
Manga (em tonelada)	0.006	0.080	0.102	0.027	0.013	0.039	0.247	1.012	3.566	0.212	0.730	0.229
Maracujá (em tonelada)	0.268	3.861	0.493	0.129	0.062	0.187	2.790	11.453	40.343	0.228	1.689	1.495
Melancia (em tonelada)	0.009	0.123	0.248	0.065	0.031	0.094	0.007	0.029	0.102	0.002	0.088	0.007
Melão (em tonelada)	2.755	39.662	0.434	0.114	0.054	0.165	0.409	1.677	5.907	0.326	0.395	0.028
Tomate (em tonelada)	3.727	53.653	1.178	0.309	0.147	0.447	0.919	3.770	13.282	0.586	0.220	0.326
Uva (em tonelada)	0.091	1.307	2.115	0.554	0.265	0.803	3.293	13.515	47.609	2.696	-	10.270

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 41 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.8.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.017	0.246	5.839	1.530	0.731	2.218	0.059	0.244	0.859	0.024	0.050	0.057
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.010	0.003	0.001	0.004	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.189	2.717	0.191	0.050	0.024	0.072	0.090	0.371	1.306	0.071	0.057	0.009
Coco (em mil frutos)	0.020	0.295	0.849	0.223	0.106	0.322	0.017	0.071	0.250	1.048	0.477	2.321
Goiaba (em tonelada)	0.015	0.216	12.835	3.364	1.606	4.875	0.195	0.800	2.819	0.233	1.250	0.250
Manga (em tonelada)	0.005	0.070	0.089	0.023	0.011	0.034	0.216	0.886	3.120	0.186	0.639	0.201
Maracujá (em tonelada)	0.235	3.379	0.431	0.113	0.054	0.164	2.441	10.021	35.300	0.200	1.478	1.308
Melancia (em tonelada)	0.007	0.107	0.217	0.057	0.027	0.083	0.006	0.025	0.089	0.002	0.077	0.006
Melão (em tonelada)	2.411	34.704	0.380	0.099	0.047	0.144	0.357	1.467	5.169	0.285	0.346	0.025
Tomate (em tonelada)	3.261	46.946	1.031	0.270	0.129	0.391	0.804	3.299	11.622	0.513	0.193	0.286
Uva (em tonelada)	0.079	1.144	1.851	0.485	0.232	0.703	2.881	11.826	41.658	2.359	-	8.986

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 42 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.9.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.015	0.219	5.190	1.360	0.650	1.971	0.053	0.217	0.764	0.022	0.044	0.050
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.009	0.002	0.001	0.004	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.168	2.416	0.170	0.044	0.021	0.064	0.080	0.330	1.161	0.063	0.051	0.008
Coco (em mil frutos)	0.018	0.262	0.755	0.198	0.094	0.287	0.015	0.063	0.222	0.931	0.424	2.063
Goiaba (em tonelada)	0.013	0.192	11.408	2.990	1.428	4.333	0.173	0.711	2.506	0.207	1.111	0.222
Manga (em tonelada)	0.004	0.063	0.079	0.021	0.010	0.030	0.192	0.787	2.774	0.165	0.568	0.178
Maracujá (em tonelada)	0.209	3.003	0.383	0.101	0.048	0.146	2.170	8.908	31.378	0.178	1.313	1.163
Melancia (em tonelada)	0.007	0.095	0.193	0.051	0.024	0.073	0.006	0.023	0.080	0.002	0.069	0.006
Melão (em tonelada)	2.143	30.848	0.337	0.088	0.042	0.128	0.318	1.304	4.595	0.254	0.307	0.022
Tomate (em tonelada)	2.899	41.730	0.916	0.240	0.115	0.348	0.714	2.933	10.330	0.456	0.171	0.254
Uva (em tonelada)	0.071	1.017	1.645	0.431	0.206	0.625	2.561	10.512	37.029	2.097	-	7.988

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 43 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.0.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.014	0.197	4.671	1.224	0.585	1.774	0.048	0.195	0.688	0.020	0.040	0.045
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.008	0.002	0.001	0.003	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.151	2.174	0.153	0.040	0.019	0.058	0.072	0.297	1.045	0.057	0.046	0.007
Coco (em mil frutos)	0.016	0.236	0.679	0.178	0.085	0.258	0.014	0.057	0.200	0.838	0.381	1.856
Goiaba (em tonelada)	0.012	0.172	10.268	2.691	1.285	3.900	0.156	0.640	2.255	0.187	1.000	0.200
Manga (em tonelada)	0.004	0.056	0.071	0.019	0.009	0.027	0.173	0.709	2.496	0.149	0.511	0.161
Maracujá (em tonelada)	0.188	2.703	0.345	0.090	0.043	0.131	1.953	8.017	28.240	0.160	1.182	1.047
Melancia (em tonelada)	0.006	0.086	0.174	0.046	0.022	0.066	0.005	0.020	0.072	0.002	0.062	0.005
Melão (em tonelada)	1.928	27.763	0.304	0.080	0.038	0.115	0.286	1.174	4.135	0.228	0.277	0.020
Tomate (em tonelada)	2.609	37.557	0.824	0.216	0.103	0.313	0.643	2.639	9.297	0.410	0.154	0.228
Uva (em tonelada)	0.064	0.915	1.480	0.388	0.185	0.562	2.305	9.461	33.326	1.887	-	7.189

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 44 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.1.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.012	0.179	4.247	1.113	0.531	1.613	0.043	0.177	0.625	0.018	0.036	0.041
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.008	0.002	9.470593E- 4	0.003	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.137	1.976	0.139	0.036	0.017	0.053	0.066	0.270	0.950	0.052	0.042	0.006
Coco (em mil frutos)	0.015	0.214	0.617	0.162	0.077	0.235	0.013	0.052	0.182	0.762	0.347	1.688
Goiaba (em tonelada)	0.011	0.157	9.334	2.447	1.168	3.546	0.142	0.582	2.050	0.170	0.909	0.182
Manga (em tonelada)	0.004	0.051	0.065	0.017	0.008	0.025	0.157	0.644	2.269	0.135	0.464	0.146
Maracujá (em tonelada)	0.171	2.457	0.314	0.082	0.039	0.119	1.776	7.288	25.673	0.145	1.075	0.951
Melancia (em tonelada)	0.005	0.078	0.158	0.041	0.020	0.060	0.005	0.018	0.065	0.001	0.056	0.005
Melão (em tonelada)	1.753	25.239	0.276	0.072	0.035	0.105	0.260	1.067	3.759	0.207	0.251	0.018
Tomate (em tonelada)	2.372	34.143	0.750	0.196	0.094	0.285	0.585	2.399	8.452	0.373	0.140	0.208
Uva (em tonelada)	0.058	0.832	1.346	0.353	0.168	0.511	2.095	8.601	30.297	1.716	-	6.535

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 45 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.2.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.011	0.164	3.893	1.020	0.487	1.479	0.040	0.163	0.573	0.016	0.033	0.038
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.007	0.002	8.681377E- 4	0.003	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.126	1.812	0.127	0.033	0.016	0.048	0.060	0.247	0.871	0.047	0.038	0.006
Coco (em mil frutos)	0.014	0.197	0.566	0.148	0.071	0.215	0.012	0.047	0.167	0.698	0.318	1.547
Goiaba (em tonelada)	0.010	0.144	8.556	2.243	1.071	3.250	0.130	0.533	1.879	0.155	0.833	0.167
Manga (em tonelada)	0.003	0.047	0.060	0.016	0.007	0.023	0.144	0.591	2.080	0.124	0.426	0.134
Maracujá (em tonelada)	0.156	2.252	0.288	0.075	0.036	0.109	1.628	6.681	23.534	0.133	0.985	0.872
Melancia (em tonelada)	0.005	0.072	0.145	0.038	0.018	0.055	0.004	0.017	0.060	0.001	0.052	0.004
Melão (em tonelada)	1.607	23.136	0.253	0.066	0.032	0.096	0.238	0.978	3.446	0.190	0.230	0.017
Tomate (em tonelada)	2.174	31.298	0.687	0.180	0.086	0.261	0.536	2.199	7.748	0.342	0.129	0.190
Uva (em tonelada)	0.053	0.762	1.234	0.323	0.154	0.469	1.921	7.884	27.772	1.573	-	5.991

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 46 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.3.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.011	0.152	3.593	0.942	0.450	1.365	0.037	0.150	0.529	0.015	0.031	0.035
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.006	0.002	8.013578E- 4	0.002	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.116	1.672	0.117	0.031	0.015	0.045	0.056	0.228	0.804	0.044	0.035	0.005
Coco (em mil frutos)	0.013	0.181	0.522	0.137	0.065	0.198	0.011	0.044	0.154	0.645	0.293	1.428
Goiaba (em tonelada)	0.009	0.133	7.898	2.070	0.988	3.000	0.120	0.492	1.735	0.144	0.769	0.154
Manga (em tonelada)	0.003	0.043	0.055	0.014	0.007	0.021	0.133	0.545	1.920	0.114	0.393	0.124
Maracujá (em tonelada)	0.144	2.079	0.265	0.033	0.070	0.101	1.502	6.167	21.723	0.123	0.909	0.805
Melancia (em tonelada)	0.005	0.066	0.134	0.035	0.017	0.051	0.004	0.016	0.055	0.001	0.048	0.004
Melão (em tonelada)	1.483	21.356	0.234	0.061	0.029	0.089	0.220	0.903	3.181	0.176	0.213	0.015
Tomate (em tonelada)	2.007	28.890	0.634	0.166	0.079	0.241	0.495	2.030	7.152	0.316	0.119	0.176
Uva (em tonelada)	0.049	0.704	1.139	0.298	0.143	0.433	1.773	7.277	25.636	1.452	-	5.530

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 47 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.4.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.010	0.141	3.337	0.875	0.418	1.267	0.034	0.139	0.491	0.014	0.029	0.032
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.006	0.002	7.441180E- 4	0.002	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.108	1.553	0.109	0.029	0.014	0.041	0.052	0.212	0.746	0.041	0.033	0.005
Coco (em mil frutos)	0.012	0.168	0.485	0.127	0.061	0.184	0.010	0.041	0.143	0.599	0.272	1.326
Goiaba (em tonelada)	0.009	0.123	7.334	1.922	0.918	2.786	0.111	0.457	1.611	0.133	0.714	0.143
Manga (em tonelada)	0.003	0.040	0.051	0.013	0.006	0.019	0.123	0.506	1.783	0.106	0.365	0.115
Maracujá (em tonelada)	0.134	1.931	0.247	0.065	0.031	0.094	1.395	5.726	20.172	0.114	0.844	0.748
Melancia (em tonelada)	0.004	0.061	0.124	0.033	0.016	0.047	0.004	0.015	0.051	0.001	0.044	0.004
Melão (em tonelada)	1.377	19.831	0.217	0.057	0.027	0.082	0.204	0.838	2.954	0.163	0.198	0.014
Tomate (em tonelada)	1.863	26.826	0.589	0.154	0.074	0.224	0.459	1.885	6.641	0.293	0.110	0.163
Uva (em tonelada)	0.045	0.654	1.057	0.277	0.132	0.402	1.646	6.758	23.804	1.348	-	5.135

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 48 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.5.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.009	0.131	3.114	0.816	0.390	1.183	0.032	0.130	0.458	0.013	0.027	0.030
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.006	0.001	6.945101E- 4	0.002	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.101	1.449	0.102	0.027	0.013	0.039	0.048	0.198	0.697	0.038	0.031	0.005
Coco (em mil frutos)	0.011	0.157	0.453	0.119	0.057	0.172	0.009	0.038	0.133	0.559	0.254	1.238
Goiaba (em tonelada)	0.008	0.115	6.845	1.794	0.857	2.600	0.104	0.427	1.503	0.124	0.667	0.133
Manga (em tonelada)	0.003	0.038	0.048	0.012	0.006	0.018	0.115	0.472	1.664	0.099	0.341	0.107
Maracujá (em tonelada)	0.125	1.802	0.230	0.060	0.029	0.087	1.302	5.345	18.827	0.107	0.788	0.698
Melancia (em tonelada)	0.004	0.057	0.116	0.014	0.030	0.044	0.003	0.014	0.048	0.001	0.041	0.003
Melão (em tonelada)	1.286	18.509	0.202	0.053	0.025	0.077	0.191	0.783	2.757	0.152	0.184	0.013
Tomate (em tonelada)	1.739	25.038	0.550	0.144	0.069	0.209	0.429	1.760	6.198	0.274	0.103	0.152
Uva (em tonelada)	0.042	0.610	0.987	0.259	0.124	0.375	1.537	6.307	22.218	1.258	-	4.793

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 49 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.6.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.009	0.123	2.920	0.765	0.365	1.109	0.030	0.122	0.430	0.012	0.025	0.028
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.005	0.001	6.511032E- 4	0.002	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.094	1.359	0.095	0.025	0.012	0.036	0.045	0.185	0.653	0.036	0.029	0.004
Coco (em mil frutos)	0.010	0.147	0.424	0.111	0.053	0.161	0.009	0.036	0.125	0.524	0.238	1.160
Goiaba (em tonelada)	0.007	0.108	6.417	1.682	0.803	2.438	0.097	0.400	1.409	0.117	0.625	0.125
Manga (em tonelada)	0.002	0.035	0.045	0.012	0.006	0.017	0.108	0.443	1.560	0.093	0.319	0.100
Maracujá (em tonelada)	0.117	1.689	0.216	0.057	0.027	0.082	1.221	5.010	17.650	0.100	0.739	0.654
Melancia (em tonelada)	0.004	0.054	0.109	0.028	0.014	0.041	0.003	0.013	0.045	9.863236E- 4	0.039	0.003
Melão (em tonelada)	1.205	17.352	0.190	0.050	0.024	0.072	0.179	0.734	2.585	0.143	0.173	0.012
Tomate (em tonelada)	1.630	23.473	0.515	0.135	0.064	0.196	0.402	1.650	5.811	0.256	0.096	0.143
Uva (em tonelada)	0.040	0.572	0.925	0.243	0.116	0.351	1.441	5.913	20.829	1.180	-	4.493

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 50 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.7.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Manicoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.008	0.116	2.748	0.720	0.344	1.044	0.028	0.115	0.404	0.012	0.023	0.027
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.005	0.001	6.128031E- 4	0.002	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.089	1.279	0.090	0.024	0.011	0.034	0.043	0.174	0.615	0.033	0.027	0.004
Coco (em mil frutos)	0.010	0.139	0.399	0.105	0.050	0.152	0.008	0.033	0.118	0.493	0.224	1.092
Goiaba (em tonelada)	0.007	0.101	6.040	1.583	0.756	2.294	0.092	0.377	1.327	0.110	0.588	0.118
Manga (em tonelada)	0.002	0.033	0.042	0.011	0.005	0.016	0.102	0.417	1.468	0.087	0.300	0.094
Maracujá (em tonelada)	0.110	1.590	0.203	0.053	0.025	0.077	1.149	4.716	16.612	0.094	0.695	0.616
Melancia (em tonelada)	0.004	0.050	0.102	0.027	0.013	0.039	0.003	0.012	0.042	9.283046E- 4	0.036	0.003
Melão (em tonelada)	1.134	16.331	0.179	0.047	0.022	0.068	0.168	0.691	2.432	0.134	0.163	0.012
Tomate (em tonelada)	1.535	22.092	0.485	0.127	0.061	0.184	0.378	1.553	5.469	0.241	0.091	0.134
Uva (em tonelada)	0.037	0.538	0.871	0.228	0.109	0.331	1.356	5.565	19.604	1.110	-	4.229

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 51 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.8.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.008	0.109	2.595	0.680	0.325	0.986	0.026	0.108	0.382	0.011	0.022	0.025
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.005	0.001	5.787584E- 4	0.002	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.084	1.208	0.085	0.022	0.011	0.032	0.040	0.165	0.581	0.032	0.025	0.004
Coco (em mil frutos)	0.009	0.131	0.377	0.099	0.047	0.143	0.008	0.032	0.111	0.466	0.212	1.031
Goiaba (em tonelada)	0.007	0.096	5.704	1.495	0.714	2.167	0.087	0.356	1.253	0.104	0.555	0.111
Manga (em tonelada)	0.002	0.031	0.040	0.010	0.005	0.015	0.096	0.394	1.387	0.083	0.284	0.089
Maracujá (em tonelada)	0.104	1.502	0.192	0.050	0.024	0.073	1.085	4.454	15.689	0.089	0.657	0.581
Melancia (em tonelada)	0.003	0.048	0.097	0.025	0.012	0.037	0.003	0.011	0.040	8.767321E- 4	0.034	0.003
Melão (em tonelada)	1.071	15.424	0.169	0.044	0.021	0.064	0.159	0.652	2.297	0.127	0.154	0.011
Tomate (em tonelada)	1.449	20.865	0.458	0.120	0.057	0.174	0.357	1.466	5.165	0.228	0.086	0.127
Uva (em tonelada)	0.035	0.508	0.822	0.216	0.103	0.312	1.280	5.256	18.515	1.049	-	3.994

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 52 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.9.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.007	0.104	2.459	0.644	0.308	0.934	0.025	0.103	0.362	0.010	0.021	0.024
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.004	0.001	5.482975E- 4	0.002	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.079	1.144	0.080	0.021	0.010	0.031	0.038	0.156	0.550	0.030	0.024	0.004
Coco (em mil frutos)	0.009	0.124	0.357	0.094	0.045	0.136	0.007	0.030	0.105	0.441	0.201	0.977
Goiaba (em tonelada)	0.006	0.091	5.404	1.416	0.676	2.053	0.082	0.337	1.187	0.098	0.526	0.105
Manga (em tonelada)	0.002	0.030	0.038	0.010	0.005	0.014	0.091	0.373	1.314	0.078	0.269	0.085
Maracujá (em tonelada)	0.099	1.423	0.182	0.048	0.023	0.069	1.028	4.219	14.863	0.084	0.622	0.551
Melancia (em tonelada)	0.003	0.045	0.091	0.024	0.011	0.035	0.003	0.011	0.038	8.305883E- 4	0.033	0.003
Melão (em tonelada)	1.015	14.612	0.160	0.042	0.020	0.061	0.151	0.618	2.176	0.120	0.146	0.010
Tomate (em tonelada)	1.373	19.767	0.434	0.114	0.054	0.165	0.338	1.389	4.893	0.216	0.081	0.120
Uva (em tonelada)	0.033	0.482	0.779	0.204	0.098	0.296	1.213	4.979	17.540	0.993	-	3.784

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 53 – Gamma (γ_{ig}) por cultura e por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 2.0.

	Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraibas	Brígida	P.Branca
Banana (em tonelada)	0.007	0.098	2.336	0.612	0.292	0.887	0.024	0.098	0.344	0.010	0.020	0.023
Cana-de-açúcar (em tonelada)	-	-	0.004	0.001	5.208826E- 4	0.002	-	-	-	-	-	-
Cebola (em tonelada)	0.076	1.087	0.076	0.020	0.010	0.029	0.036	0.148	0.522	0.028	0.023	0.003
Coco (em mil frutos)	0.008	0.118	0.340	0.089	0.042	0.129	0.007	0.028	0.100	0.419	0.191	0.928
Goiaba (em tonelada)	0.006	0.086	5.134	1.346	0.642	1.950	0.078	0.320	1.128	0.093	0.500	0.100
Manga (em tonelada)	0.002	0.028	0.036	0.009	0.004	0.014	0.086	0.354	1.248	0.074	0.255	0.080
Maracujá (em tonelada)	0.094	1.351	0.173	0.045	0.022	0.066	0.977	4.008	14.120	0.080	0.591	0.523
Melancia (em tonelada)	0.003	0.043	0.087	0.023	0.011	0.033	0.002	0.010	0.036	7.890589E- 4	0.031	0.002
Melão (em tonelada)	0.964	13.882	0.152	0.040	0.019	0.058	0.143	0.587	2.068	0.114	0.138	0.010
Tomate (em tonelada)	1.304	18.779	0.412	0.108	0.052	0.157	0.322	1.320	4.649	0.205	0.077	0.114
Uva (em tonelada)	0.032	0.457	0.740	0.194	0.093	0.281	1.152	4.730	16.663	0.944	-	3.594

*Elaboração própria a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

ANEXO IV – RESULTADOS

Tabela 54 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.70E-07	146850	1.03E-08	30610.126	1.99E-08	48380.858	3.10E-08
0.95	121380	0.058	8431.314	0.106	17458.094	0.004	139510	0.004	29079.619	0.005	45961.815	0.004
0.9	114990	0.071	7987.561	0.119	16539.247	0.009	132170	0.009	27549.113	0.01	43542.772	0.009
0.85	108600	0.085	7543.807	0.133	15620.4	0.014	124830	0.014	26018.607	0.016	41123.729	0.014
0.8	102220	0.1	7100.054	0.149	14701.553	0.02	117480	0.019	24488.1	0.023	38704.686	0.02
0.75	95827.283	0.117	6656.301	0.165	13782.706	0.025	110140	0.025	22957.594	0.032	36285.643	0.027
0.7	89438.797	0.134	6212.547	0.181	12863.859	0.032	102800	0.03	21427.088	0.043	33866.601	0.034
0.65	83050.312	0.155	5768.794	0.203	11945.012	0.038	95454.934	0.037	19896.582	0.056	31447.558	0.043
0.6	76661.826	0.182	5325.04	0.231	11026.165	0.045	88112.247	0.043	18366.075	0.072	29028.515	0.052
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	8.54E-08	4141.231	3.50E-07	1175.599	1.23E-06	37057.647	0.203	8469.224	0.238	29202.298	5.96E-08
0.95	16148.214	0.008	3934.17	0.008	1116.819	0.008	35204.765	0.207	8045.763	0.25	27742.183	0.008
0.9	15298.308	0.017	3727.108	0.017	1058.039	0.017	33351.882	0.211	7622.301	0.261	26282.068	0.018
0.85	14448.402	0.028	3520.046	0.028	999.259	0.028	31499	0.214	7198.84	0.273	24821.953	0.03
0.8	13598.496	0.04	3312.985	0.04	940.479	0.04	29646.118	0.218	6775.379	0.285	23361.838	0.043
0.75	12748.59	0.054	3105.923	0.054	881.699	0.054	27793.235	0.221	6351.918	0.299	21901.724	0.059
0.7	11898.684	0.071	2898.862	0.071	822.919	0.071	25940.353	0.225	5928.457	0.313	20441.609	0.078
0.65	11048.778	0.091	2691.8	0.091	764.139	0.091	24087.471	0.228	5504.995	0.327	18981.494	0.1
0.6	10198.872	0.115	2484.739	0.115	705.359	0.115	22234.588	0.231	5081.534	0.341	17521.379	0.128

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 55 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.3

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.69E-07	146850	9.89E-09	30610.126	1.96E-08	48380.858	2.98E-08
0.95	121380	0.057	8431.314	0.106	17458.094	0.004	139510	0.004	29079.619	0.004	45961.815	0.004
0.9	114990	0.07	7987.561	0.118	16539.247	0.009	132170	0.009	27549.113	0.01	43542.772	0.009
0.85	108600	0.084	7543.807	0.132	15620.4	0.014	124830	0.013	26018.607	0.016	41123.729	0.014
0.8	102220	0.099	7100.054	0.147	14701.553	0.019	117480	0.018	24488.1	0.023	38704.686	0.02
0.75	95827.283	0.115	6656.301	0.163	13782.706	0.025	110140	0.024	22957.594	0.031	36285.643	0.026
0.7	89438.797	0.131	6212.547	0.179	12863.859	0.031	102800	0.029	21427.088	0.042	33866.601	0.033
0.65	83050.312	0.151	5768.794	0.199	11945.012	0.038	95454.934	0.036	19896.582	0.054	31447.558	0.041
0.6	76661.826	0.177	5325.04	0.226	11026.165	0.045	88112.247	0.042	18366.075	0.069	29028.515	0.05
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	8.30E-08	4141.231	3.41E-07	1175.599	1.20E-06	37057.647	0.203	8469.224	0.238	29202.298	5.82E-08
0.95	16148.214	0.008	3934.17	0.008	1116.819	0.008	35204.765	0.207	8045.763	0.25	27742.183	0.008
0.9	15298.308	0.016	3727.108	0.016	1058.039	0.016	33351.882	0.21	7622.301	0.261	26282.068	0.018
0.85	14448.402	0.027	3520.046	0.027	999.259	0.027	31499	0.214	7198.84	0.272	24821.953	0.029
0.8	13598.496	0.038	3312.985	0.038	940.479	0.038	29646.118	0.218	6775.379	0.284	23361.838	0.042
0.75	12748.59	0.052	3105.923	0.052	881.699	0.052	27793.235	0.221	6351.918	0.298	21901.724	0.057
0.7	11898.684	0.068	2898.862	0.068	822.919	0.068	25940.353	0.224	5928.457	0.312	20441.609	0.075
0.65	11048.778	0.087	2691.8	0.087	764.139	0.087	24087.471	0.228	5504.995	0.326	18981.494	0.096
0.6	10198.872	0.115	2484.739	0.115	705.359	0.115	22234.588	0.231	5081.534	0.34	17521.379	0.122

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 56 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.4

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.69E-07	146850	9.52E-09	30610.126	1.93E-08	48380.858	2.87E-08
0.95	121380	0.057	8431.314	0.105	17458.094	0.004	139510	0.004	29079.619	0.004	45961.815	0.004
0.9	114990	0.069	7987.561	0.118	16539.247	0.009	132170	0.008	27549.113	0.009	43542.772	0.008
0.85	108600	0.082	7543.807	0.131	15620.4	0.014	124830	0.013	26018.607	0.015	41123.729	0.013
0.8	102220	0.097	7100.054	0.145	14701.553	0.019	117480	0.018	24488.1	0.022	38704.686	0.019
0.75	95827.283	0.112	6656.301	0.16	13782.706	0.025	110140	0.023	22957.594	0.031	36285.643	0.025
0.7	89438.797	0.129	6212.547	0.176	12863.859	0.031	102800	0.029	21427.088	0.04	33866.601	0.032
0.65	83050.312	0.147	5768.794	0.195	11945.012	0.037	95454.934	0.035	19896.582	0.052	31447.558	0.039
0.6	76661.826	0.172	5325.04	0.221	11026.165	0.044	88112.247	0.041	18366.075	0.067	29028.515	0.048
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	8.07E-08	4141.231	3.31E-07	1175.599	1.17E-06	37057.647	0.203	8469.224	5.68E-08	29202.298	2.38E-01
0.95	16148.214	0.007	3934.17	0.007	1116.819	0.007	35204.765	0.207	8045.763	0.249	27742.183	0.008
0.9	15298.308	0.016	3727.108	0.016	1058.039	0.016	33351.882	0.21	7622.301	0.261	26282.068	0.017
0.85	14448.402	0.026	3520.046	0.026	999.259	0.026	31499	0.214	7198.84	0.272	24821.953	0.028
0.8	13598.496	0.037	3312.985	0.037	940.479	0.037	29646.118	0.217	6775.379	0.284	23361.838	0.04
0.75	12748.59	0.05	3105.923	0.05	881.699	0.05	27793.235	0.221	6351.918	0.297	21901.724	0.055
0.7	11898.684	0.065	2898.862	0.065	822.919	0.065	25940.353	0.224	5928.457	0.311	20441.609	0.072
0.65	11048.778	0.083	2691.8	0.083	764.139	0.083	24087.471	0.227	5504.995	0.325	18981.494	0.093
0.6	10198.872	0.105	2484.739	0.105	705.359	0.105	22234.588	0.23	5081.534	0.339	17521.379	0.117

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 57 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.5

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.68E-07	146850	9.17E-09	30610.126	1.89E-08	48380.858	2.76E-08
0.95	121380	0.056	8431.314	0.105	17458.094	0.004	139510	0.004	29079.619	0.004	45961.815	0.004
0.9	114990	0.068	7987.561	0.117	16539.247	0.009	132170	0.008	27549.113	0.009	43542.772	0.008
0.85	108600	0.081	7543.807	0.13	15620.4	0.014	124830	0.012	26018.607	0.015	41123.729	0.013
0.8	102220	0.095	7100.054	0.143	14701.553	0.019	117480	0.017	24488.1	0.022	38704.686	0.018
0.75	95827.283	0.11	6656.301	0.158	13782.706	0.025	110140	0.022	22957.594	0.03	36285.643	0.024
0.7	89438.797	0.126	6212.547	0.174	12863.859	0.031	102800	0.028	21427.088	0.039	33866.601	0.03
0.65	83050.312	0.143	5768.794	0.191	11945.012	0.037	95454.934	0.034	19896.582	0.051	31447.558	0.038
0.6	76661.826	0.168	5325.04	0.216	11026.165	0.044	88112.247	0.04	18366.075	0.065	29028.515	0.046
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	7.86E-08	4141.231	3.23E-07	1175.599	1.14E-06	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	5.55E-08
0.95	16148.214	0.007	3934.17	0.007	1116.819	0.007	35204.765	0.207	8045.763	0.249	27742.183	0.008
0.9	15298.308	0.015	3727.108	0.015	1058.039	0.015	33351.882	0.21	7622.301	0.26	26282.068	0.017
0.85	14448.402	0.025	3520.046	0.025	999.259	0.025	31499	0.214	7198.84	0.272	24821.953	0.027
0.8	13598.496	0.036	3312.985	0.036	940.479	0.036	29646.118	0.217	6775.379	0.283	23361.838	0.039
0.75	12748.59	0.048	3105.923	0.048	881.699	0.048	27793.235	0.221	6351.918	0.297	21901.724	0.053
0.7	11898.684	0.063	2898.862	0.063	822.919	0.063	25940.353	0.224	5928.457	0.31	20441.609	0.07
0.65	11048.778	0.08	2691.8	0.08	764.139	0.08	24087.471	0.227	5504.995	0.324	18981.494	0.089
0.6	10198.872	0.1	2484.739	0.1	705.359	0.1	22234.588	0.23	5081.534	0.338	17521.379	0.113

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 58 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.6

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.67E-07	146850	8.85E-09	30610.126	1.86E-08	48380.858	2.67E-08
0.95	121380	0.056	8431.314	0.105	17458.094	0.004	139510	0.004	29079.619	0.004	45961.815	0.004
0.9	114990	0.068	7987.561	0.116	16539.247	0.009	132170	0.008	27549.113	0.009	43542.772	0.008
0.85	108600	0.08	7543.807	0.128	15620.4	0.014	124830	0.012	26018.607	0.015	41123.729	0.012
0.8	102220	0.094	7100.054	0.142	14701.553	0.019	117480	0.017	24488.1	0.021	38704.686	0.017
0.75	95827.283	0.108	6656.301	0.156	13782.706	0.025	110140	0.022	22957.594	0.029	36285.643	0.023
0.7	89438.797	0.124	6212.547	0.172	12863.859	0.03	102800	0.027	21427.088	0.038	33866.601	0.029
0.65	83050.312	0.139	5768.794	0.188	11945.012	0.037	95454.934	0.033	19896.582	0.049	31447.558	0.036
0.6	76661.826	0.163	5325.04	0.212	11026.165	0.044	88112.247	0.039	18366.075	0.063	29028.515	0.044
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	7.65E-08	4141.231	3.14E-07	1175.599	1.11E-06	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	5.43E-08
0.95	16148.214	0.007	3934.17	0.007	1116.819	0.007	35204.765	0.207	8045.763	0.249	27742.183	0.008
0.9	15298.308	0.015	3727.108	0.015	1058.039	0.015	33351.882	0.21	7622.301	0.26	26282.068	0.016
0.85	14448.402	0.024	3520.046	0.024	999.259	0.024	31499	0.214	7198.84	0.271	24821.953	0.026
0.8	13598.496	0.035	3312.985	0.035	940.479	0.035	29646.118	0.217	6775.379	0.283	23361.838	0.038
0.75	12748.59	0.047	3105.923	0.047	881.699	0.047	27793.235	0.22	6351.918	0.296	21901.724	0.051
0.7	11898.684	0.061	2898.862	0.061	822.919	0.061	25940.353	0.224	5928.457	0.31	20441.609	0.067
0.65	11048.778	0.077	2691.8	0.077	764.139	0.077	24087.471	0.227	5504.995	0.324	18981.494	0.086
0.6	10198.872	0.096	2484.739	0.096	705.359	0.096	22234.588	0.23	5081.534	0.338	17521.379	0.108

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 59 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.7

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.66E-07	146850	8.56E-09	30610.126	1.83E-08	48380.858	2.58E-08
0.95	121380	0.056	8431.314	0.104	17458.094	0.004	139510	0.004	29079.619	0.004	45961.815	0.004
0.9	114990	0.067	7987.561	0.115	16539.247	0.009	132170	0.007	27549.113	0.009	43542.772	0.008
0.85	108600	0.079	7543.807	0.127	15620.4	0.014	124830	0.012	26018.607	0.014	41123.729	0.012
0.8	102220	0.092	7100.054	0.14	14701.553	0.019	117480	0.016	24488.1	0.021	38704.686	0.017
0.75	95827.283	0.106	6656.301	0.155	13782.706	0.024	110140	0.021	22957.594	0.028	36285.643	0.022
0.7	89438.797	0.122	6212.547	0.17	12863.859	0.03	102800	0.026	21427.088	0.037	33866.601	0.028
0.65	83050.312	0.137	5768.794	0.184	11945.012	0.037	95454.934	0.032	19896.582	0.048	31447.558	0.035
0.6	76661.826	0.159	5325.04	0.207	11026.165	0.043	88112.247	0.038	18366.075	0.061	29028.515	0.043
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	7.46E-08	4141.231	3.06E-07	1175.599	1.08E-06	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	5.31E-08
0.95	16148.214	0.007	3934.17	0.007	1116.819	0.007	35204.765	0.207	8045.763	0.249	27742.183	0.007
0.9	15298.308	0.015	3727.108	0.015	1058.039	0.015	33351.882	0.21	7622.301	0.26	26282.068	0.016
0.85	14448.402	0.023	3520.046	0.023	999.259	0.023	31499	0.213	7198.84	0.271	24821.953	0.026
0.8	13598.496	0.033	3312.985	0.033	940.479	0.033	29646.118	0.217	6775.379	0.282	23361.838	0.037
0.75	12748.59	0.045	3105.923	0.045	881.699	0.045	27793.235	0.22	6351.918	0.295	21901.724	0.05
0.7	11898.684	0.058	2898.862	0.058	822.919	0.058	25940.353	0.224	5928.457	0.309	20441.609	0.065
0.65	11048.778	0.074	2691.8	0.074	764.139	0.074	24087.471	0.227	5504.995	0.323	18981.494	0.083
0.6	10198.872	0.092	2484.739	0.092	705.359	0.092	22234.588	0.23	5081.534	0.337	17521.379	0.104

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 60 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.8

Nilo Coelho			Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.65E-07	146850	8.28E-09	30610.126	1.80E-08	48380.858	2.50E-08
0.95	121380	0.055	8431.314	0.104	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.066	7987.561	0.115	16539.247	0.009	132170	0.007	27549.113	0.009	43542.772	0.007
0.85	108600	0.078	7543.807	0.126	15620.4	0.013	124830	0.011	26018.607	0.014	41123.729	0.012
0.8	102220	0.091	7100.054	0.139	14701.553	0.019	117480	0.016	24488.1	0.02	38704.686	0.016
0.75	95827.283	0.104	6656.301	0.153	13782.706	0.024	110140	0.02	22957.594	0.028	36285.643	0.021
0.7	89438.797	0.119	6212.547	0.167	12863.859	0.03	102800	0.025	21427.088	0.036	33866.601	0.027
0.65	83050.312	0.135	5768.794	0.182	11945.012	0.036	95454.934	0.031	19896.582	0.047	31447.558	0.034
0.6	76661.826	0.155	5325.04	0.203	11026.165	0.043	88112.247	0.037	18366.075	0.059	29028.515	0.041
Icó Mandantes			Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	7.28E-08	4141.231	2.99E-07	1175.599	1.05E-06	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	5.20E-08
0.95	16148.214	0.007	3934.17	0.007	1116.819	0.007	35204.765	0.207	8045.763	0.249	27742.183	0.007
0.9	15298.308	0.014	3727.108	0.014	1058.039	0.014	33351.882	0.21	7622.301	0.26	26282.068	0.015
0.85	14448.402	0.023	3520.046	0.023	999.259	0.023	31499	0.213	7198.84	0.271	24821.953	0.025
0.8	13598.496	0.032	3312.985	0.032	940.479	0.032	29646.118	0.217	6775.379	0.282	23361.838	0.036
0.75	12748.59	0.044	3105.923	0.044	881.699	0.044	27793.235	0.22	6351.918	0.295	21901.724	0.048
0.7	11898.684	0.056	2898.862	0.056	822.919	0.056	25940.353	0.223	5928.457	0.308	20441.609	0.063
0.65	11048.778	0.071	2691.8	0.071	764.139	0.071	24087.471	0.227	5504.995	0.322	18981.494	0.08
0.6	10198.872	0.089	2484.739	0.089	705.359	0.089	22234.588	0.23	5081.534	0.336	17521.379	0.1

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 61 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 0.9

Nilo Coelho			Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.65E-07	146850	8.02E-09	30610.126	1.77E-08	48380.858	2.42E-08
0.95	121380	0.055	8431.314	0.104	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.066	7987.561	0.114	16539.247	0.009	132170	0.007	27549.113	0.009	43542.772	0.007
0.85	108600	0.077	7543.807	0.125	15620.4	0.013	124830	0.011	26018.607	0.014	41123.729	0.011
0.8	102220	0.089	7100.054	0.138	14701.553	0.018	117480	0.015	24488.1	0.02	38704.686	0.016
0.75	95827.283	0.103	6656.301	0.151	13782.706	0.024	110140	0.02	22957.594	0.027	36285.643	0.021
0.7	89438.797	0.117	6212.547	0.165	12863.859	0.03	102800	0.024	21427.088	0.036	33866.601	0.026
0.65	83050.312	0.133	5768.794	0.18	11945.012	0.036	95454.934	0.03	19896.582	0.046	31447.558	0.032
0.6	76661.826	0.151	5325.04	0.199	11026.165	0.043	88112.247	0.036	18366.075	0.058	29028.515	0.039
Icó Mandantes			Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	7.10E-08	4141.231	2.92E-07	1175.599	1.03E-06	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	5.09E-08
0.95	16148.214	0.007	3934.17	0.007	1116.819	0.007	35204.765	0.206	8045.763	0.249	27742.183	0.007
0.9	15298.308	0.014	3727.108	0.014	1058.039	0.014	33351.882	0.21	7622.301	0.259	26282.068	0.015
0.85	14448.402	0.022	3520.046	0.022	999.259	0.022	31499	0.213	7198.84	0.27	24821.953	0.024
0.8	13598.496	0.031	3312.985	0.031	940.479	0.031	29646.118	0.216	6775.379	0.281	23361.838	0.035
0.75	12748.59	0.042	3105.923	0.042	881.699	0.042	27793.235	0.22	6351.918	0.294	21901.724	0.047
0.7	11898.684	0.055	2898.862	0.055	822.919	0.055	25940.353	0.223	5928.457	0.308	20441.609	0.061
0.65	11048.778	0.069	2691.8	0.069	764.139	0.069	24087.471	0.226	5504.995	0.321	18981.494	0.077
0.6	10198.872	0.085	2484.739	0.085	705.359	0.085	22234.588	0.229	5081.534	0.335	17521.379	0.097

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 62 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.0

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.64E-07	146850	7.77E-09	30610.126	1.75E-08	48380.858	2.34E-08
0.95	121380	0.055	8431.314	0.104	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.065	7987.561	0.114	16539.247	0.008	132170	0.007	27549.113	0.008	43542.772	0.007
0.85	108600	0.076	7543.807	0.125	15620.4	0.013	124830	0.011	26018.607	0.014	41123.729	0.011
0.8	102220	0.088	7100.054	0.136	14701.553	0.018	117480	0.015	24488.1	0.02	38704.686	0.015
0.75	95827.283	0.101	6656.301	0.149	13782.706	0.024	110140	0.019	22957.594	0.027	36285.643	0.02
0.7	89438.797	0.115	6212.547	0.163	12863.859	0.03	102800	0.024	21427.088	0.035	33866.601	0.025
0.65	83050.312	0.13	5768.794	0.178	11945.012	0.036	95454.934	0.029	19896.582	0.044	31447.558	0.031
0.6	76661.826	0.147	5325.04	0.196	11026.165	0.043	88112.247	0.035	18366.075	0.056	29028.515	0.038
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	6.94E-08	4141.231	2.85E-07	1175.599	1.00E-06	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.98E-08
0.95	16148.214	0.006	3934.17	0.006	1116.819	0.006	35204.765	0.206	8045.763	0.249	27742.183	0.007
0.9	15298.308	0.013	3727.108	0.013	1058.039	0.013	33351.882	0.21	7622.301	0.259	26282.068	0.015
0.85	14448.402	0.021	3520.046	0.021	999.259	0.021	31499	0.213	7198.84	0.27	24821.953	0.024
0.8	13598.496	0.031	3312.985	0.031	940.479	0.031	29646.118	0.216	6775.379	0.281	23361.838	0.034
0.75	12748.59	0.041	3105.923	0.041	881.699	0.041	27793.235	0.22	6351.918	0.294	21901.724	0.046
0.7	11898.684	0.053	2898.862	0.053	822.919	0.053	25940.353	0.223	5928.457	0.307	20441.609	0.059
0.65	11048.778	0.066	2691.8	0.066	764.139	0.066	24087.471	0.226	5504.995	0.321	18981.494	0.075
0.6	10198.872	0.082	2484.739	0.082	705.359	0.082	22234.588	0.229	5081.534	0.334	17521.379	0.093

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 63 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1,1

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.63E-07	146850	7.54E-09	30610.126	1.72E-08	48380.858	2.28E-08
0.95	121380	0.055	8431.314	0.103	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.064	7987.561	0.113	16539.247	0.008	132170	0.007	27549.113	0.008	43542.772	0.007
0.85	108600	0.075	7543.807	0.124	15620.4	0.013	124830	0.01	26018.607	0.013	41123.729	0.01
0.8	102220	0.087	7100.054	0.135	14701.553	0.018	117480	0.014	24488.1	0.019	38704.686	0.015
0.75	95827.283	0.099	6656.301	0.148	13782.706	0.024	110140	0.018	22957.594	0.026	36285.643	0.019
0.7	89438.797	0.113	6212.547	0.161	12863.859	0.029	102800	0.023	21427.088	0.034	33866.601	0.024
0.65	83050.312	0.128	5768.794	0.176	11945.012	0.036	95454.934	0.028	19896.582	0.043	31447.558	0.03
0.6	76661.826	0.144	5325.04	0.192	11026.165	0.042	88112.247	0.034	18366.075	0.055	29028.515	0.037
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	6.78E-08	4141.231	2.78E-07	1175.599	9.80E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.88E-08
0.95	16148.214	0.006	3934.17	0.006	1116.819	0.006	35204.765	0.206	8045.763	0.249	27742.183	0.007
0.9	15298.308	0.013	3727.108	0.013	1058.039	0.013	33351.882	0.21	7622.301	0.259	26282.068	0.014
0.85	14448.402	0.021	3520.046	0.021	999.259	0.021	31499	0.213	7198.84	0.27	24821.953	0.023
0.8	13598.496	0.03	3312.985	0.03	940.479	0.03	29646.118	0.216	6775.379	0.28	23361.838	0.033
0.75	12748.59	0.04	3105.923	0.04	881.699	0.04	27793.235	0.219	6351.918	0.293	21901.724	0.044
0.7	11898.684	0.051	2898.862	0.051	822.919	0.051	25940.353	0.223	5928.457	0.306	20441.609	0.057
0.65	11048.778	0.064	2691.8	0.064	764.139	0.064	24087.471	0.226	5504.995	0.32	18981.494	0.073
0.6	10198.872	0.079	2484.739	0.079	705.359	0.079	22234.588	0.229	5081.534	0.334	17521.379	0.09

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 64 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.2

Nilo Coelho			Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.62E-07	146850	7.32E-09	30610.126	1.69E-08	48380.858	2.21E-08
0.95	121380	0.054	8431.314	0.103	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.064	7987.561	0.113	16539.247	0.008	132170	0.006	27549.113	0.008	43542.772	0.006
0.85	108600	0.074	7543.807	0.123	15620.4	0.013	124830	0.01	26018.607	0.013	41123.729	0.01
0.8	102220	0.086	7100.054	0.134	14701.553	0.018	117480	0.014	24488.1	0.019	38704.686	0.014
0.75	95827.283	0.098	6656.301	0.146	13782.706	0.023	110140	0.018	22957.594	0.025	36285.643	0.019
0.7	89438.797	0.111	6212.547	0.16	12863.859	0.029	102800	0.022	21427.088	0.033	33866.601	0.024
0.65	83050.312	0.126	5768.794	0.174	11945.012	0.035	95454.934	0.027	19896.582	0.042	31447.558	0.029
0.6	76661.826	0.14	5325.04	0.189	11026.165	0.042	88112.247	0.033	18366.075	0.053	29028.515	0.035
Icó Mandantes			Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	6.63E-08	4141.231	2.72E-07	1175.599	9.58E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.79E-08
0.95	16148.214	0.006	3934.17	0.006	1116.819	0.006	35204.765	0.206	8045.763	0.248	27742.183	0.007
0.9	15298.308	0.013	3727.108	0.013	1058.039	0.013	33351.882	0.21	7622.301	0.259	26282.068	0.014
0.85	14448.402	0.02	3520.046	0.02	999.259	0.02	31499	0.213	7198.84	0.27	24821.953	0.023
0.8	13598.496	0.029	3312.985	0.029	940.479	0.029	29646.118	0.216	6775.379	0.28	23361.838	0.032
0.75	12748.59	0.039	3105.923	0.039	881.699	0.039	27793.235	0.219	6351.918	0.293	21901.724	0.043
0.7	11898.684	0.05	2898.862	0.05	822.919	0.05	25940.353	0.223	5928.457	0.306	20441.609	0.056
0.65	11048.778	0.062	2691.8	0.062	764.139	0.062	24087.471	0.226	5504.995	0.319	18981.494	0.07
0.6	10198.872	0.077	2484.739	0.077	705.359	0.077	22234.588	0.229	5081.534	0.333	17521.379	0.087

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 65 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.3

Nilo Coelho			Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.62E-07	146850	7.12E-09	30610.126	1.67E-08	48380.858	2.15E-08
0.95	121380	0.054	8431.314	0.103	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.063	7987.561	0.112	16539.247	0.008	132170	0.006	27549.113	0.008	43542.772	0.006
0.85	108600	0.073	7543.807	0.122	15620.4	0.013	124830	0.01	26018.607	0.013	41123.729	0.01
0.8	102220	0.084	7100.054	0.133	14701.553	0.018	117480	0.013	24488.1	0.018	38704.686	0.014
0.75	95827.283	0.096	6656.301	0.145	13782.706	0.023	110140	0.017	22957.594	0.025	36285.643	0.018
0.7	89438.797	0.11	6212.547	0.158	12863.859	0.029	102800	0.022	21427.088	0.032	33866.601	0.023
0.65	83050.312	0.124	5768.794	0.172	11945.012	0.035	95454.934	0.027	19896.582	0.041	31447.558	0.028
0.6	76661.826	0.138	5325.04	0.186	11026.165	0.042	88112.247	0.032	18366.075	0.052	29028.515	0.034
Icó Mandantes			Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	6.48E-08	4141.231	2.66E-07	1175.599	9.37E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.69E-08
0.95	16148.214	0.006	3934.17	0.006	1116.819	0.006	35204.765	0.206	8045.763	0.248	27742.183	0.007
0.9	15298.308	0.012	3727.108	0.012	1058.039	0.012	33351.882	0.209	7622.301	0.259	26282.068	0.014
0.85	14448.402	0.02	3520.046	0.02	999.259	0.02	31499	0.213	7198.84	0.269	24821.953	0.022
0.8	13598.496	0.028	3312.985	0.028	940.479	0.028	29646.118	0.216	6775.379	0.28	23361.838	0.031
0.75	12748.59	0.037	3105.923	0.037	881.699	0.037	27793.235	0.219	6351.918	0.292	21901.724	0.042
0.7	11898.684	0.048	2898.862	0.048	822.919	0.048	25940.353	0.222	5928.457	0.305	20441.609	0.054
0.65	11048.778	0.06	2691.8	0.06	764.139	0.06	24087.471	0.226	5504.995	0.318	18981.494	0.068
0.6	10198.872	0.074	2484.739	0.074	705.359	0.074	22234.588	0.229	5081.534	0.332	17521.379	0.085

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 66 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.4

Nilo Coelho			Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.61E-07	146850	6.92E-09	30610.126	1.64E-08	48380.858	2.09E-08
0.95	121380	0.054	8431.314	0.103	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.063	7987.561	0.112	16539.247	0.008	132170	0.006	27549.113	0.008	43542.772	0.006
0.85	108600	0.073	7543.807	0.121	15620.4	0.013	124830	0.009	26018.607	0.013	41123.729	0.009
0.8	102220	0.083	7100.054	0.132	14701.553	0.018	117480	0.013	24488.1	0.018	38704.686	0.013
0.75	95827.283	0.095	6656.301	0.143	13782.706	0.023	110140	0.017	22957.594	0.024	36285.643	0.017
0.7	89438.797	0.108	6212.547	0.156	12863.859	0.029	102800	0.021	21427.088	0.032	33866.601	0.022
0.65	83050.312	0.122	5768.794	0.17	11945.012	0.035	95454.934	0.026	19896.582	0.04	31447.558	0.027
0.6	76661.826	0.136	5325.04	0.183	11026.165	0.041	88112.247	0.031	18366.075	0.05	29028.515	0.033
Icó Mandantes			Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	6.34E-08	4141.231	2.60E-07	1175.599	9.17E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.60E-08
0.95	16148.214	0.006	3934.17	0.006	1116.819	0.006	35204.765	0.206	8045.763	0.248	27742.183	0.006
0.9	15298.308	0.012	3727.108	0.012	1058.039	0.012	33351.882	0.209	7622.301	0.258	26282.068	0.014
0.85	14448.402	0.019	3520.046	0.019	999.259	0.019	31499	0.212	7198.84	0.269	24821.953	0.022
0.8	13598.496	0.027	3312.985	0.027	940.479	0.027	29646.118	0.216	6775.379	0.28	23361.838	0.031
0.75	12748.59	0.036	3105.923	0.036	881.699	0.036	27793.235	0.219	6351.918	0.292	21901.724	0.041
0.7	11898.684	0.047	2898.862	0.047	822.919	0.047	25940.353	0.222	5928.457	0.304	20441.609	0.053
0.65	11048.778	0.058	2691.8	0.058	764.139	0.058	24087.471	0.225	5504.995	0.318	18981.494	0.066
0.6	10198.872	0.072	2484.739	0.072	705.359	0.072	22234.588	0.228	5081.534	0.331	17521.379	0.082

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 67 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.5

Nilo Coelho			Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.60E-07	146850	6.74E-09	30610.126	1.62E-08	48380.858	2.04E-08
0.95	121380	0.054	8431.314	0.102	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.062	7987.561	0.111	16539.247	0.008	132170	0.006	27549.113	0.008	43542.772	0.006
0.85	108600	0.072	7543.807	0.121	15620.4	0.013	124830	0.009	26018.607	0.012	41123.729	0.009
0.8	102220	0.082	7100.054	0.131	14701.553	0.018	117480	0.013	24488.1	0.018	38704.686	0.013
0.75	95827.283	0.094	6656.301	0.142	13782.706	0.023	110140	0.016	22957.594	0.024	36285.643	0.017
0.7	89438.797	0.106	6212.547	0.154	12863.859	0.028	102800	0.021	21427.088	0.031	33866.601	0.021
0.65	83050.312	0.12	5768.794	0.168	11945.012	0.035	95454.934	0.025	19896.582	0.039	31447.558	0.026
0.6	76661.826	0.134	5325.04	0.181	11026.165	0.041	88112.247	0.03	18366.075	0.049	29028.515	0.032
Icó Mandantes			Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	6.21E-08	4141.231	2.55E-07	1175.599	8.98E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.52E-08
0.95	16148.214	0.006	3934.17	0.006	1116.819	0.006	35204.765	0.206	8045.763	0.248	27742.183	0.006
0.9	15298.308	0.012	3727.108	0.012	1058.039	0.012	33351.882	0.209	7622.301	0.258	26282.068	0.013
0.85	14448.402	0.019	3520.046	0.019	999.259	0.019	31499	0.212	7198.84	0.269	24821.953	0.021
0.8	13598.496	0.027	3312.985	0.027	940.479	0.027	29646.118	0.216	6775.379	0.279	23361.838	0.03
0.75	12748.59	0.035	3105.923	0.035	881.699	0.035	27793.235	0.219	6351.918	0.291	21901.724	0.04
0.7	11898.684	0.045	2898.862	0.045	822.919	0.045	25940.353	0.222	5928.457	0.304	20441.609	0.051
0.65	11048.778	0.057	2691.8	0.057	764.139	0.057	24087.471	0.225	5504.995	0.317	18981.494	0.065
0.6	10198.872	0.069	2484.739	0.069	705.359	0.069	22234.588	0.228	5081.534	0.331	17521.379	0.08

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 68 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.6

Nilo Coelho			Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.59E-07	146850	6.57E-09	30610.126	1.60E-08	48380.858	1.98E-08
0.95	121380	0.054	8431.314	0.102	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.062	7987.561	0.111	16539.247	0.008	132170	0.006	27549.113	0.008	43542.772	0.006
0.85	108600	0.071	7543.807	0.12	15620.4	0.013	124830	0.009	26018.607	0.012	41123.729	0.009
0.8	102220	0.081	7100.054	0.13	14701.553	0.017	117480	0.012	24488.1	0.017	38704.686	0.012
0.75	95827.283	0.092	6656.301	0.141	13782.706	0.023	110140	0.016	22957.594	0.023	36285.643	0.016
0.7	89438.797	0.104	6212.547	0.153	12863.859	0.028	102800	0.02	21427.088	0.03	33866.601	0.021
0.65	83050.312	0.118	5768.794	0.166	11945.012	0.034	95454.934	0.024	19896.582	0.039	31447.558	0.025
0.6	76661.826	0.132	5325.04	0.179	11026.165	0.041	88112.247	0.029	18366.075	0.048	29028.515	0.031
Icó Mandantes			Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	6.08E-08	4141.231	2.50E-07	1175.599	8.79E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.44E-08
0.95	16148.214	0.006	3934.17	0.006	1116.819	0.006	35204.765	0.206	8045.763	0.248	27742.183	0.006
0.9	15298.308	0.012	3727.108	0.012	1058.039	0.012	33351.882	0.209	7622.301	0.258	26282.068	0.013
0.85	14448.402	0.018	3520.046	0.018	999.259	0.018	31499	0.212	7198.84	0.268	24821.953	0.021
0.8	13598.496	0.026	3312.985	0.026	940.479	0.026	29646.118	0.215	6775.379	0.279	23361.838	0.029
0.75	12748.59	0.035	3105.923	0.035	881.699	0.035	27793.235	0.219	6351.918	0.291	21901.724	0.039
0.7	11898.684	0.044	2898.862	0.044	822.919	0.044	25940.353	0.222	5928.457	0.303	20441.609	0.05
0.65	11048.778	0.055	2691.8	0.055	764.139	0.055	24087.471	0.225	5504.995	0.316	18981.494	0.063
0.6	10198.872	0.067	2484.739	0.067	705.359	0.067	22234.588	0.228	5081.534	0.33	17521.379	0.077

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™

Tabela 69 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.7

Nilo Coelho			Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.59E-07	146850	6.40E-09	30610.126	1.57E-08	48380.858	1.93E-08
0.95	121380	0.053	8431.314	0.102	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.004	45961.815	0.003
0.9	114990	0.062	7987.561	0.11	16539.247	0.008	132170	0.006	27549.113	0.007	43542.772	0.006
0.85	108600	0.071	7543.807	0.119	15620.4	0.013	124830	0.009	26018.607	0.012	41123.729	0.009
0.8	102220	0.081	7100.054	0.129	14701.553	0.017	117480	0.012	24488.1	0.017	38704.686	0.012
0.75	95827.283	0.091	6656.301	0.14	13782.706	0.022	110140	0.016	22957.594	0.023	36285.643	0.016
0.7	89438.797	0.103	6212.547	0.151	12863.859	0.028	102800	0.019	21427.088	0.03	33866.601	0.02
0.65	83050.312	0.116	5768.794	0.164	11945.012	0.034	95454.934	0.024	19896.582	0.038	31447.558	0.025
0.6	76661.826	0.129	5325.04	0.177	11026.165	0.041	88112.247	0.029	18366.075	0.047	29028.515	0.03
Icó Mandantes			Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	5.96E-08	4141.231	2.45E-07	1175.599	8.62E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.36E-08
0.95	16148.214	0.005	3934.17	0.005	1116.819	0.005	35204.765	0.206	8045.763	0.248	27742.183	0.006
0.9	15298.308	0.011	3727.108	0.011	1058.039	0.011	33351.882	0.209	7622.301	0.258	26282.068	0.013
0.85	14448.402	0.018	3520.046	0.018	999.259	0.018	31499	0.212	7198.84	0.268	24821.953	0.02
0.8	13598.496	0.025	3312.985	0.025	940.479	0.025	29646.118	0.215	6775.379	0.279	23361.838	0.029
0.75	12748.59	0.034	3105.923	0.034	881.699	0.034	27793.235	0.218	6351.918	0.29	21901.724	0.038
0.7	11898.684	0.043	2898.862	0.043	822.919	0.043	25940.353	0.222	5928.457	0.303	20441.609	0.049
0.65	11048.778	0.053	2691.8	0.053	764.139	0.053	24087.471	0.225	5504.995	0.316	18981.494	0.061
0.6	10198.872	0.065	2484.739	0.065	705.359	0.065	22234.588	0.228	5081.534	0.329	17521.379	0.075

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 70 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.8

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.58E-07	146850	6.24E-09	30610.126	1.55E-08	48380.858	1.89E-08
0.95	121380	0.053	8431.314	0.102	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.003	45961.815	0.003
0.9	114990	0.061	7987.561	0.11	16539.247	0.008	132170	0.005	27549.113	0.007	43542.772	0.005
0.85	108600	0.07	7543.807	0.119	15620.4	0.012	124830	0.008	26018.607	0.012	41123.729	0.008
0.8	102220	0.08	7100.054	0.128	14701.553	0.017	117480	0.012	24488.1	0.017	38704.686	0.012
0.75	95827.283	0.09	6656.301	0.139	13782.706	0.022	110140	0.015	22957.594	0.023	36285.643	0.015
0.7	89438.797	0.101	6212.547	0.15	12863.859	0.028	102800	0.019	21427.088	0.029	33866.601	0.019
0.65	83050.312	0.114	5768.794	0.162	11945.012	0.034	95454.934	0.023	19896.582	0.037	31447.558	0.024
0.6	76661.826	0.127	5325.04	0.175	11026.165	0.04	88112.247	0.028	18366.075	0.046	29028.515	0.029
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	5.84E-08	4141.231	2.40E-07	1175.599	8.45E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.28E-08
0.95	16148.214	0.005	3934.17	0.005	1116.819	0.005	35204.765	0.206	8045.763	0.248	27742.183	0.006
0.9	15298.308	0.011	3727.108	0.011	1058.039	0.011	33351.882	0.209	7622.301	0.258	26282.068	0.012
0.85	14448.402	0.018	3520.046	0.018	999.259	0.018	31499	0.212	7198.84	0.268	24821.953	0.02
0.8	13598.496	0.025	3312.985	0.025	940.479	0.025	29646.118	0.215	6775.379	0.278	23361.838	0.028
0.75	12748.59	0.033	3105.923	0.033	881.699	0.033	27793.235	0.218	6351.918	0.29	21901.724	0.037
0.7	11898.684	0.042	2898.862	0.042	822.919	0.042	25940.353	0.221	5928.457	0.302	20441.609	0.048
0.65	11048.778	0.052	2691.8	0.052	764.139	0.052	24087.471	0.225	5504.995	0.315	18981.494	0.06
0.6	10198.872	0.063	2484.739	0.063	705.359	0.063	22234.588	0.228	5081.534	0.329	17521.379	0.073

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 71 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 1.9

Nilo Coelho			Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.57E-07	146850	6.09E-09	30610.126	1.53E-08	48380.858	1.84E-08
0.95	121380	0.053	8431.314	0.102	17458.094	0.004	139510	0.003	29079.619	0.003	45961.815	0.003
0.9	114990	0.061	7987.561	0.11	16539.247	0.008	132170	0.005	27549.113	0.007	43542.772	0.005
0.85	108600	0.069	7543.807	0.118	15620.4	0.012	124830	0.008	26018.607	0.012	41123.729	0.008
0.8	102220	0.079	7100.054	0.127	14701.553	0.017	117480	0.011	24488.1	0.016	38704.686	0.011
0.75	95827.283	0.089	6656.301	0.137	13782.706	0.022	110140	0.015	22957.594	0.022	36285.643	0.015
0.7	89438.797	0.1	6212.547	0.148	12863.859	0.028	102800	0.018	21427.088	0.029	33866.601	0.019
0.65	83050.312	0.112	5768.794	0.16	11945.012	0.034	95454.934	0.023	19896.582	0.036	31447.558	0.023
0.6	76661.826	0.125	5325.04	0.173	11026.165	0.04	88112.247	0.027	18366.075	0.045	29028.515	0.028
Icó Mandantes			Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	5.73E-08	4141.231	2.35E-07	1175.599	8.28E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.21E-08
0.95	16148.214	0.005	3934.17	0.005	1116.819	0.005	35204.765	0.206	8045.763	0.248	27742.183	0.006
0.9	15298.308	0.011	3727.108	0.011	1058.039	0.011	33351.882	0.209	7622.301	0.258	26282.068	0.012
0.85	14448.402	0.017	3520.046	0.017	999.259	0.017	31499	0.212	7198.84	0.268	24821.953	0.019
0.8	13598.496	0.024	3312.985	0.024	940.479	0.024	29646.118	0.215	6775.379	0.278	23361.838	0.027
0.75	12748.59	0.032	3105.923	0.032	881.699	0.032	27793.235	0.218	6351.918	0.289	21901.724	0.036
0.7	11898.684	0.041	2898.862	0.041	822.919	0.041	25940.353	0.221	5928.457	0.301	20441.609	0.047
0.65	11048.778	0.05	2691.8	0.05	764.139	0.05	24087.471	0.224	5504.995	0.314	18981.494	0.058
0.6	10198.872	0.061	2484.739	0.061	705.359	0.061	22234.588	0.227	5081.534	0.328	17521.379	0.071

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 72 – Valores econômicos da água para os perímetros irrigados públicos do Submédio do São Francisco com elasticidade de oferta das culturas igual a 2.0

	Nilo Coelho		Bebedouro		Salitre		Tourão		Maniçoba		Curaçá	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	127770	0.046	8875.067	0.094	18376.941	5.56E-07	146850	5.95E-09	30610.126	1.51E-08	48380.858	1.80E-08
0.95	121380	0.053	8431.314	0.101	17458.094	0.004	139510	0.002	29079.619	0.003	45961.815	0.002
0.9	114990	0.061	7987.561	0.109	16539.247	0.008	132170	0.005	27549.113	0.007	43542.772	0.005
0.85	108600	0.069	7543.807	0.118	15620.4	0.012	124830	0.008	26018.607	0.011	41123.729	0.008
0.8	102220	0.078	7100.054	0.127	14701.553	0.017	117480	0.011	24488.1	0.016	38704.686	0.011
0.75	95827.283	0.088	6656.301	0.136	13782.706	0.022	110140	0.014	22957.594	0.022	36285.643	0.015
0.7	89438.797	0.099	6212.547	0.147	12863.859	0.027	102800	0.018	21427.088	0.028	33866.601	0.018
0.65	83050.312	0.111	5768.794	0.159	11945.012	0.033	95454.934	0.022	19896.582	0.035	31447.558	0.023
0.6	76661.826	0.123	5325.04	0.172	11026.165	0.04	88112.247	0.026	18366.075	0.044	29028.515	0.027
	Icó Mandantes		Apolônio Sales		Barreiras		Caraibas		Brígida		Pedra Branca	
Avail	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)	Água (m³)	Valor (R\$)
1	16998.12	5.62E-08	4141.231	2.31E-07	1175.599	8.13E-07	37057.647	0.203	8469.224	2.38E-01	29202.298	4.13E-08
0.95	16148.214	0.005	3934.17	0.005	1116.819	0.005	35204.765	0.206	8045.763	0.248	27742.183	0.006
0.9	15298.308	0.011	3727.108	0.011	1058.039	0.011	33351.882	0.209	7622.301	0.257	26282.068	0.012
0.85	14448.402	0.017	3520.046	0.017	999.259	0.017	31499	0.212	7198.84	0.268	24821.953	0.019
0.8	13598.496	0.024	3312.985	0.024	940.479	0.024	29646.118	0.215	6775.379	0.278	23361.838	0.027
0.75	12748.59	0.031	3105.923	0.031	881.699	0.031	27793.235	0.218	6351.918	0.289	21901.724	0.036
0.7	11898.684	0.04	2898.862	0.04	822.919	0.04	25940.353	0.221	5928.457	0.301	20441.609	0.045
0.65	11048.778	0.049	2691.8	0.049	764.139	0.049	24087.471	0.224	5504.995	0.314	18981.494	0.057
0.6	10198.872	0.06	2484.739	0.06	705.359	0.06	22234.588	0.227	5081.534	0.327	17521.379	0.069

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 73 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.2.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
5826.332	576.8794	165.3946	440.786	1262.862	503.1612	390.9571	95.24858	27.03909	3216.604	980.7363	747.5792

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 74 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.3.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
5698.561	568.0043	165.3946	422.4199	1233.493	483.8089	390.957	95.24857	27.03908	3216.604	979.0424	712.5364

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 75 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.4.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
5570.791	559.1293	161.7192	410.1758	1204.124	464.4565	356.9608	86.9661	24.68788	3209.192	574.2136	2073.363

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMSTTM.

Tabela 76 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.5.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
5468.575	550.2542	161.7192	397.9318	1174.755	445.1042	339.9627	82.82487	23.51227	3209.192	975.6547	659.9722

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 77 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.6.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
5340.804	543.1541	161.7192	385.6877	1145.386	425.7518	326.3642	79.51188	22.57178	3209.192	975.6547	630.7699

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 78 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.7.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
5238.588	534.2791	158.0438	1116.018	1116.018	416.0756	312.7657	76.19889	21.63129	3209.192	973.9609	607.4081

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 79 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.8.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
5136.371	527.179	158.0438	361.1996	1086.649	396.7233	302.5668	73.71414	20.92593	3209.192	972.267	584.0463

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 80 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 0.9.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
5034.155	520.079	158.0438	355.0776	1057.28	377.3709	288.9683	70.40115	19.98544	3201.781	970.5732	566.5249

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 81 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.0.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4931.939	514.7539	158.0438	342.8335	1027.911	367.6947	278.7694	67.91641	19.28008	3201.781	968.8793	543.163

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™

Tabela 82 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.1.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4855.277	507.6539	154.3684	336.7115	998.542	358.0186	268.5705	65.43166	18.57471	3201.781	968.8793	525.6416

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 83 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.2.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4753.06	502.3288	154.3684	324.4675	969.1731	338.6662	261.7713	63.77517	18.10447	3201.781	967.1855	508.1203

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 84 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.3.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4701.952	497.0038	154.3684	318.3454	939.8043	328.99	251.5724	61.29042	17.3991	3201.781	965.4917	496.4393

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 85 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.4.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4650.844	491.6787	150.693	306.1014	910.4354	319.3139	244.7731	59.63393	16.92886	3194.369	963.7978	478.9179

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 86 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.5.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4599.736	488.1287	150.693	299.9793	881.0665	309.6377	234.5743	57.14919	16.22349	3194.369	963.7978	467.237

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 87– Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.6.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4548.627	484.5787	150.693	293.8573	851.6976	299.9615	227.775	55.49269	15.75325	3194.369	962.104	449.7156

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 88 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.7.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4471.965	481.0287	150.693	287.7353	851.6976	290.2853	220.9758	53.83619	15.283	3194.369	960.4101	438.0347

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 89 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.8.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4420.857	477.4786	147.0176	281.6133	822.3287	280.6092	214.1765	52.1797	14.81276	3194.369	960.4101	426.3538

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 90 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 1.9.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4369.749	473.9286	147.0176	275.4912	792.9598	270.933	207.3773	50.5232	14.34251	3186.958	958.7163	414.6729

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

Tabela 91 – Custo de escassez da água (em mil reais) por perímetro para uma elasticidade de oferta das culturas igual a 2.0.

Nilo Coelho	Bebedouro	Salitre	Maniçoba	Tourão	Curaçá	I.Mandantes	A.Sales	Barreiras	Caraíbas	Brígida	P.Branca
4318.641	472.1536	147.0176	269.3692	763.591	261.2568	203.9776	49.69495	14.10739	3186.958	957.0224	402.9919

*Elaboração própria a partir dos resultados obtidos a partir dos resultados do modelo aplicado no GAMS™.

