



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

MÁRCIO ALEXANDRE RIDÃO

**IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA  
PRODUÇÃO IRRIGADA: UM ESTUDO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI**

---

Londrina  
2010

MARCIO ALEXANDRE RIDÃO

**IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA  
PRODUÇÃO IRRIGADA: UM ESTUDO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Economia Regional, da  
Universidade Estadual de Londrina, como requisito  
à obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Marcia Gonçalves Pizaia

Londrina  
2010

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

R547i    Ridão, Márcio Alexandre.  
Impacto da cobrança pelo uso da água na produção irrigada: um estudo da bacia hidrográfica do rio Tibagi / Márcio Alexandre Ridão. – Londrina, 2010. 135 f.: il.

Orientador: Marcia Gonçalves Pizaia.  
Dissertação (Mestrado em Economia Regional) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Programa de Pós-Graduação em Economia Regional, 2010.  
Inclui bibliografia, apêndice e anexos.

1. Água de irrigação – Tarifas – Teses. 2. Bacias hidrográficas – Tibagi, Rio (PR) – Teses. 3. Água na agricultura – Paraná – Teses. 4. Recursos hídricos – Desenvolvimento econômico – Teses. I. Pizaia, Marcia Gonçalves. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Estudos Sociais Aplicados. Programa de Pós-Graduação em Economia Regional. III. Título.

CDU 330.35(816.2)

MARCIO ALEXANDRE RIDÃO

**IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA PRODUÇÃO  
IRRIGADA: UM ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Economia Regional da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª Drª Marcia Gonçalves Pizaia  
UEL – Londrina – PR

---

Profª Drª Amália Maria Goldberg Godoy  
UEM – PR

---

Prof Dr Sidnei Pereira do Nascimento  
UEL – Londrina – PR

Londrina, 21 de dezembro de 2010.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação a minha esposa Taiane C.

A. Ridão, pela força e companheirismo nos  
estudos e na vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter-me dado as condições de realizar este trabalho com saúde e lucidez.

Agradeço em especial à minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Marcia Gonçalves Pizaia, por todo o apoio e pelos valiosos ensinamentos adquiridos ao longo do mestrado.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Economia Regional (PPE) por tudo que aprendi, em particular agradeço a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Marcia Regina Gabardo da Camara pela colaboração na co-orientação desse trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Sidnei Pereira do Nascimento pela valiosa colaboração para conclusão deste trabalho.

Agradeço à CAPES pela bolsa concedida em 2009 e 2010.

Agradeço ao amigo Alessandro Koiti Ymai, pela estimada amizade e pela importante ajuda ao longo da jornada de estudos.

Agradeço aos meus pais, irmãos e à Sra. Roseli Almeida, pelo incentivo e pelas preciosas orações.

Agradeço ao amigo Otávio Ferro pela ajuda na realização da pesquisa de campo.

RIDÃO, Márcio Alexandre. **Impacto da cobrança pelo uso da água na produção irrigada: um estudo da bacia hidrográfica do rio Tibagi**. 2009. 134 p. Dissertação (Mestrado em Economia Regional). Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

## RESUMO

O presente estudo visa identificar o impacto da cobrança pelo uso da água bruta sobre a produção agrícola irrigada, focando os horticultores abastecidos pela bacia hidrográfica do rio Tibagi. O objetivo do trabalho é calcular a disponibilidade à pagar (DAP) desses horticultores pelo uso da água a partir da valoração contingente. No Brasil, a cobrança já ocorre em vários estados, entretanto, no Paraná tal cobrança ainda não foi estabelecida. A justificativa deste trabalho decorre da importância de uma proposta tarifária com o objetivo de tratar a água como recurso escasso, que desempenha um papel importante no processo de desenvolvimento social e econômico, tornando-se um bem de valor expressivo dentro da economia e do debate a respeito da preservação ambiental. A revisão de literatura aborda os aspectos relevantes da agricultura irrigada, a experiência da cobrança pelo uso da água bruta no exterior bem como de alguns estados brasileiros e os fundamentos econômicos que norteiam a criação de um mercado da água. Os procedimentos metodológicos utilizados foram: método de valoração contingente (MVC), adotando-se o modelo econométrico *logit*, que esboça a curva de demanda do setor rural irrigado e o modelo duplo *log* para o cálculo da elasticidade das variáveis quantitativas. A partir do modelo *logit*, obtém-se a disposição a pagar estimada dos horticultores em torno de R\$ 0,0478 por m<sup>3</sup>. Na análise, o faturamento dos horticultores foi classificado em classes de baixo, médio e alto faturamento. Constatou-se que, caso essa tarifa de R\$ 0,0478/m<sup>3</sup> fosse cobrada sobre o consumo mensal de água bruta, o impacto mensal nos custos dos horticultores seria de 3,67%, 1,31% e 1,60% por classe de faturamento respectivamente. Acredita-se que esse trabalho pode fornecer subsídios técnicos e analíticos aos processos de cobrança pelo uso da água bruta os quais estão sendo desenvolvidos no estado do Paraná.

**Palavras-Chaves:** Irrigação. Mercado da água. Valoração contingente.

RIDÃO, Márcio Alexandre. **Impact of charging for water use in irrigated production: a study of river basin Tibagi.** 2009. 134 p. Dissertação (Mestrado em Economia Regional). Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

### **ABSTRACT**

This study aims to identify the impact of charging for the use of raw water on irrigated agricultural production, focusing on horticultural supplied by river basin Tibagi. The objective is to calculate the willingness to pay (WTP) of gardeners over water use from the contingent valuation. In Brazil, the recovery is already occurring in several states, however, Parana such charge has not been established. The justification for this work stems from the importance of a tariff proposal for the purpose of treating water as a scarce resource, which plays an important role in the process of social and economic development, becoming an asset of significant value in the economy and the debate respect for environmental preservation. The literature review discusses relevant aspects of irrigated agriculture, the experience of charging for the use of untreated water outside as well as some Brazilian states and the fundamentals that drive the creation of a water market. The methodological procedures were used: contingent valuation method (CVM), adopting the logit econometric model, which outlines the demand curve of the rural sector and the irrigated double-log model to calculate the elasticity of quantitative variables. From the logit model, we obtain the estimated willingness to pay for gardeners around R \$ 0.0478 per m<sup>3</sup>. In the analysis, the revenue of growers was classified into classes of low, medium and high turnover. It was noted that if this rate of R \$ 0.0478 / m<sup>3</sup> was charged on the monthly consumption of raw water, the impact on monthly costs for growers would be 3.67%, 1.31% and 1.60% by billing class respectively. It is believed that this work can provide technical and analytical procedures for charging for the raw water which is being developed in the state of Parana.

**Key Words:** Irrigation. Water market. Contingent valuation.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> – Consumo de água de acordo com o setor usuário .....  | 18 |
| <b>Figura 2</b> – Consumo ótimo do bem público.....  | 41 |
| <b>Figura 3</b> – Custos e benefícios totais e marginais de controle de poluição .....   | 44 |
| <b>Figura 4</b> – Opinião dos entrevistados com relação ao destino do dinheiro oriundo<br>da possível cobrança na bacia do rio Paraíba ..... | 74 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1</b> – Evolução da área irrigada no Brasil por região geográfica em hectares –<br>Período de 1960 a 2006 .....                             | 17 |
| <b>Tabela 2</b> – Métodos de irrigação e sua respectiva eficiência .....  | 25 |
| <b>Tabela 3</b> – Áreas irrigadas (em ha) por método de irrigação, nos diferentes estados<br>do Brasil.....   | 27 |
| <b>Tabela 4</b> – Preços cobrados aos produtores irrigantes da província de Zeerust.....  | 48 |
| <b>Tabela 5</b> – Valores estimados para a bacia do Vale do rio Jordão .....  | 49 |
| <b>Tabela 6</b> – Valores cobrados por hectare na irrigação nas províncias do norte da<br>China.....  | 52 |
| <b>Tabela 7</b> – Valores cobrados por m <sup>3</sup> no abastecimento nas províncias do norte da<br>China.....                                       | 52 |
| <b>Tabela 8</b> – Valor médio da água na irrigação nas aldeias do semiárido indiano.....  | 54 |
| <b>Tabela 9</b> – Valores cobrados por hectares em alguns distritos da província de<br>Alberta .....  | 55 |
| <b>Tabela 10</b> –Consumo de água no estado americano da Geórgia .....  | 57 |
| <b>Tabela 11</b> –Redução no consumo de água em (m <sup>3</sup> /ha) .....  | 59 |
| <b>Tabela 12</b> –Comparação entre os pontos positivos e negativos da cobrança pelo uso<br>da água bruta nos países analisados.....                   | 61 |
| <b>Tabela 13</b> –Estados brasileiros e suas respectivas leis .....   | 63 |
| <b>Tabela 14</b> –Aparato legal dos recursos hídricos no Brasil: leis, decretos e portarias .....   | 64 |
| <b>Tabela 15</b> –Capacidade de pagamento pelo uso da água bruta por m <sup>3</sup> da bacia do rio<br>Jaguaribe.....                                 | 66 |
| <b>Tabela 16</b> –Valores a serem cobrados na bacia do Ribeirão dos Marins em 2006 e<br>2010 .....  | 67 |
| <b>Tabela 17</b> –Valores cobrados por m <sup>3</sup> pelo uso da água bruta na bacia do Paraíba do<br>Sul.....                                       | 68 |
| <b>Tabela 18</b> –Preços Unitários Básicos – PUBs para a cobrança pelo uso da água<br>bruta em corpos d’água na esfera da União, nas Bacias PCJ ..... | 72 |
| <b>Tabela 19</b> –Porcentagem dos entrevistados dispostos a pagar pelo uso da água bruta .....  | 73 |
| <b>Tabela 20</b> –Tarifa máxima a ser cobrada por setor e por tipo de uso em m <sup>3</sup> na bacia<br>do rio Santa Maria .....                      | 76 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabela 21</b> –Total arrecadado (R\$/ano) por usuário e por tipo de uso .....   | 77  |
| <b>Tabela 22</b> –Preços encontrados para a bacia do rio Pardo .....   | 79  |
| <b>Tabela 23</b> –Resultado de simulações para a cobrança no rio das ondas .....   | 81  |
| <b>Tabela 24</b> –Valores a serem cobrados na BHSF em 2010 .....   | 83  |
| <b>Tabela 25</b> –Número de municípios na BHT e sua participação em %.....   | 87  |
| <b>Tabela 26</b> –Estimativas do modelo <i>logit</i> - Variável dependente: decisão a pagar pelo<br>uso da água (DAP).....                   | 102 |
| <b>Tabela 27</b> –Elasticidade das variáveis quantitativas .....   | 104 |
| <b>Tabela 28</b> –Impacto da cobrança pelo uso da água bruta sobre o faturamento bruto<br>mensal do horticultor (R\$).....                   | 106 |
| <b>Tabela 29</b> –Percentual de horticultores favoráveis à cobrança por classe de<br>faturamento.....  | 106 |
| <b>Tabela 30</b> –Preço médio estimado em R\$ por m <sup>3</sup> pelo uso da água bruta nos países e<br>estados brasileiros analisados ..... | 107 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | 13 |
| <b>2 AGRICULTURA IRRIGADA E O USO RACIONAL DOS RECURSOS<br/>HÍDRICOS</b> .....     | 16 |
| 2.1 PANORAMA DA IRRIGAÇÃO NO BRASIL.....   | 17 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS DO USO DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO .....                              | 18 |
| 2.3 ASPECTOS POSITIVOS DO USO DA IRRIGAÇÃO.....                                    | 20 |
| 2.4 ASPECTOS NEGATIVOS DO USO DA IRRIGAÇÃO.....                                    | 21 |
| 2.5 EFICIÊNCIA NA IRRIGAÇÃO .....  | 23 |
| 2.6 MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO .....   | 25 |
| 2.7 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....   | 28 |
| <b>3 FUNDAMENTOS DO MERCADO DA ÁGUA</b> .....                                      | 29 |
| 3.1 CRIAÇÃO DO MERCADO DA ÁGUA.....  | 29 |
| 3.2 MERCADO DE DIREITO DE USO (MDU).....   | 32 |
| 3.3 MERCADO DE CERTIFICADOS DE POLUIÇÃO (MCP) .....                                | 35 |
| 3.4 PRINCÍPIOS ECONÔMICOS DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA .....                       | 37 |
| 3.4.1 Usuário-Pagador e Poluidor-Pagador .....                                     | 37 |
| 3.4.2 Cobrança da Água para Fins de Financiamento e Redução de Externalidades..... | 38 |
| 3.4.3 Preços Públicos.....   | 40 |
| 3.4.4 Determinação do Preço com Objetivo de Otimização Econômica.....              | 42 |
| 3.4.5 Teoria da Demanda e a Disposição a Pagar .....                               | 42 |
| 3.4.6 Política de Preços Ótimos ou Análise de Custo-Benefício .....                | 43 |
| 3.4.7 Análise Custo-Efetividade.....   | 45 |
| 3.4.8 Síntese do Capítulo.....   | 46 |
| <b>4 A EXPERIÊNCIA DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA</b> .....                    | 46 |
| 4.1 EXPERIÊNCIA E EVIDÊNCIAS INTERNACIONAIS .....                                  | 47 |
| 4.1.1 África do Sul.....   | 47 |
| 4.1.2 Jordânia.....  | 49 |
| 4.1.3 Turquia .....  | 50 |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.1.4    | China.....   | 51        |
| 4.1.5    | Índia.....   | 53        |
| 4.1.6    | Canadá.....  | 55        |
| 4.1.7    | Estados Unidos e México.....   | 56        |
| 4.1.8    | Estados Unidos.....  | 57        |
| 4.1.9    | Espanha.....   | 58        |
| 4.2      | EXPERIÊNCIA DA COBRANÇA PELA ÁGUA BRUTA NO BRASIL.....   | 62        |
| 4.2.1    | Bacia do Rio Jaguaribe (Ceará).....  | 64        |
| 4.2.2    | Bacia do Ribeirão Marins (São Paulo).....  | 66        |
| 4.2.3    | Bacia do Rio Paraíba do Sul (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro).....  | 68        |
| 4.2.4    | Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (São Paulo e Minas Gerais).....   | 69        |
| 4.2.5    | Bacia do Rio Paraíba (Paraíba).....  | 72        |
| 4.2.6    | Bacia Rio Santa Maria (Rio Grande do Sul).....   | 74        |
| 4.2.7    | Bacia do Rio Pardo (Rio Grande do Sul).....  | 78        |
| 4.2.8    | Bacia do Rio de Ondas (Bahia).....   | 80        |
| 4.2.9    | Bacia do Rio Pirapama (Pernambuco).....  | 81        |
| 4.2.10   | Bacia do Rio São Francisco (Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas,<br>Sergipe, Goiás e Distrito Federal).....                       | 83        |
| 4.2.11   | Síntese do Capítulo.....   | 84        |
| <b>5</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>  | <b>85</b> |
| 5.1      | ÁREA DE ESTUDO.....  | 85        |
| 5.2      | BASE DE DADOS.....   | 88        |
| 5.3      | CÁLCULO DA AMOSTRA.....  | 88        |
| 5.4      | PRIMEIRO MODELO – CÁLCULO DA DISPOSIÇÃO A PAGAR (DAP).....   | 89        |
| 5.5      | SEGUNDO MODELO – CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ELASTICIDADE.....   | 95        |
| 5.6      | PROCEDIMENTO PARA O CÁLCULO DO IMPACTO NO FATURAMENTO BRUTO<br>MENSAL DO HORTICULTOR.....  | 96        |
| <b>6</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA<br/>BRUTA NA PRODUÇÃO IRRIGADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO<br/>RIO TIBAGI.....</b> | <b>97</b> |

|  |            |
|--|------------|
| 6.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS.....  | 97         |
| 6.2 IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA SOBRE O FATURAMENTO<br>BRUTO DO HORTICULTOR.....      | 105        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>109</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>113</b> |
| <b>APÊNDICE .....</b>  | <b>126</b> |
| APÊNDICE A – Questionário para Avaliação da Disponibilidade a Pagar pelo uso<br>da Água Captada..... | 127        |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>132</b> |
| ANEXO A – Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi. ....   | 133        |
| ANEXO B – Contorno da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi.....  | 134        |
| ANEXO C – Distribuição das Bacias Hidrográficas do Paraná .....                                      | 135        |

## 1 INTRODUÇÃO

O uso racional da água vem sendo apontado como um desafio econômico e ambiental para o presente e para a próxima geração. As águas, superficial e subterrânea têm sido usadas em demasia e de forma ineficiente. O mau uso e a má distribuição da água, em razão principalmente da concentração populacional nas grandes cidades, elevam a demanda tanto de forma quantitativa como qualitativa.

Alem dessas questões, tem-se o problema do aquecimento global, discutido mundialmente e considerado fator influente nas alterações do clima. Essas alterações provocam mudanças no comportamento do ciclo hidrológico, contribuindo para ocorrência de seca em determinada região e enchentes em outras, uma vez que o ciclo hidrológico é o componente fundamental referente disponibilidade e distribuição da água no planeta.

A degradação de bacias e de mananciais exige uma participação conjunta da sociedade e do poder público, no sentido de reavaliar as condutas e as políticas adotadas para o setor hídrico. A instituição da cobrança é um passo importante para prevenir um colapso em seu abastecimento e também um fator de conscientização da sociedade. Com isso, busca-se a promoção do uso racional e uma nova postura dos usuários.

O estado paranaense é caracterizado por sua riqueza em recursos hídricos superficiais, entretanto, esses recursos apresentam altos níveis de degradação, assoreamento e turvamento de águas provocadas pelas atividades agrícolas, bem como de contaminação por fertilizantes e agrotóxicos, que os tornam inadequados para as necessidades de abastecimento e produção agrícola. As fontes comumente utilizadas para o abastecimento das populações rurais do estado tais como fontes de origem freáticas e os poços, apresentam-se contaminados por poluentes químicos (agrotóxicos, metais pesados, etc.) e orgânicos (coliformes fecais e bactérias patogênicas), tornando-se impróprias para uso doméstico e para irrigação (PIZAIA; RIDÃO; SANCHES, 2009).

De acordo com a Constituição Federal de 1988, a água bruta de mananciais é um bem público (BRASIL, 1988).

Distintamente, a água tratada pelas companhias de saneamento constitui um tipo de produto industrializado, o qual é vendido aos consumidores. O preço da água bruta advém da interação de oferta, que é uma função das disponibilidades dos mananciais (GARRIDO, 2001).

No Paraná, as fórmulas de cobrança referentes às demandas futuras com pedido de outorga de direito de uso, poderão conter parcela relativa a volumes reservados. De acordo com o Capítulo I, artigo 2º do Decreto 5361/2002:

[...] a Lei Estadual nº 12.726/99 distingue a água como um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e estabelece a cobrança pelo seu direito de uso na forma de um instrumento de gestão para regular seu uso privado, promover sua utilização racional, induzir a localização espacial de atividades produtivas no território estadual, fomentar processos produtivos tecnologicamente menos poluidores e, ainda, servir como fonte de receita para o financiamento de estudos, ações, planos, programas, projetos, obras, aquisições e serviços, com a finalidade de atender a metas previamente aprovadas pelos Comitês de Bacia Hidrográfica (PARANÁ, 1999).

A cobrança pelo uso da água bruta e pela disposição de efluentes nos corpos d'água do estado está prevista no projeto Operacionalização do Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Paraná (FRHI/PR). De acordo com o artigo 22, parágrafo 4º da Lei Estadual nº 12.726/99, os recursos arrecadados serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados, com a finalidade de financiar estudos, programas, projetos e obras incluídas no Plano de Bacia Hidrográfica e para o pagamento de despesas de monitoramento dos corpos de água e de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH/PR).

Destaca-se que, apesar da lei nº 12.726/99 instituir a Política Estadual de Recursos Hídricos e criar o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos para o estado do Paraná, em seu artigo 53, parágrafo único, diz que as captações destinadas à produção agropecuária estarão isentas da cobrança pelo direito de uso da água, mantida a obrigatoriedade de obtenção de outorga (PARANÁ, 1999). Entretanto, embora exista a isenção aos produtores paranaenses, este estudo tem como objetivo geral analisar a partir de um preço estimado, qual seria o impacto da cobrança pelo uso da água bruta na horticultura irrigada da bacia hidrográfica do rio Tibagi, levando em consideração a possibilidade de a lei ser modificada e a cobrança ser estendida aos produtores

Os objetivos específicos são: Pesquisar os aspectos relevantes da agricultura irrigada e o uso racional dos recursos hídricos; discutir a teoria referente aos mercados de uso de água; investigar a experiência internacional e nacional da cobrança pelo uso da água bruta destacando o setor agrícola irrigado; calcular a tarifa das propriedades rurais que poderão vigorar no estado do Paraná, caso a cobrança pela retirada de água bruta do rio seja implantada; verificar a disposição do consumidor rural a pagar pelo uso da água bruta na

região rural da bacia do rio Tibagi, buscando esboçar a curva de demanda, ou seja, a curva dos benefícios do bem; explicar as implicações socioeconômicas decorrentes do resultado dos métodos de valoração do uso da água, ou da tarifa calculada neste trabalho sobre a produção agrícola irrigada da bacia do rio Tibagi; analisar o impacto da cobrança pelo uso da água na produção irrigada, enfocando as classes de faturamento bruto do horticultor, sendo estas divididas em baixo, médio e alto faturamento.

Nesse sentido, a valoração econômica da água com o intuito de estabelecer um preço condizente é importante, principalmente para a água utilizada na irrigação, uma vez que o setor é um dos maiores consumidores desse recurso. Vários estados brasileiros já estão sujeitos ao pagamento de uma tarifa como, por exemplo, os estados de Santa Catarina, Ceará, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, além de estar em vigor também em bacias de âmbito federal como a do Rio Paraíba do Sul, que atravessa os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro e a partir de 2010, a bacia do rio São Francisco, que engloba os estados da Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e Distrito Federal.

A hipótese a ser investigada é que a horticultura irrigada é sensível à cobrança pelo uso da água. A justificativa deste trabalho decorre da importância de uma proposta tarifária com o objetivo de tratar a água como recurso limitado, cujo papel, no processo de desenvolvimento social e econômico, é importante, por ser um bem de valor expressivo dentro da economia e do debate a respeito da preservação ambiental.

Trata-se de um estudo relevante, devido às mudanças ocorridas na gestão de recursos hídricos no Brasil com a aprovação da Lei nº 9.433, em janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. A presente Lei prevê no Capítulo IV artigo 5º, parágrafo IV que a cobrança pelo uso de recursos hídricos é instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos. Na Seção III do artigo 12, 1º parágrafo diz que estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo (BRASIL, 1997).

Além da Lei Nacional, os estados brasileiros promulgaram legislações semelhantes que tratam dos respectivos Sistemas de Recursos Hídricos. Essas leis preveem a utilização do instrumento de cobrança e o preceito de que os recursos daí derivados devem ser destinados à bacia que os geraram.

A metodologia a ser empregada neste estudo é detalhada na seção 5 e baseia-se na revisão de grande parte da literatura existente, na busca de informações primárias e secundárias levantadas em bibliotecas e em campo, na pesquisa eletrônica, em dados

coletados em arquivos, em registros, em relatórios, em tabelas tarifárias e em diversos trabalhos existentes.

Quanto aos dados primários, estes foram obtidos através de pesquisa em campo, utilizando-se um questionário estruturado, aplicado aos horticultores da Central de Atacadista e Sociedade Anônima – CEASA, e da Central Atacadista de Londrina - CEALON – Londrina. Esses locais foram escolhidos por abranger grande parte dos produtores abastecidos por afluentes da bacia hidrográficas do rio Tibagi. Os dados forneceram informações referentes à quantidade de água bruta retirada dos mananciais, tipos de uso, etc.

Por ser a água um bem de extrema importância na vida dos seres vivos, este estudo é relevante ao possibilitar, a partir de estimativas econométricas, uma tarifa que induza ao uso racional da água, podendo ser o preço sugerido aos gerenciadores dos programas de recursos hídricos, embora a cobrança ainda não esteja efetivada no estado do Paraná.

O trabalho é estruturado em sete partes, incluindo-se a introdução e a conclusão. Na segunda parte, são apresentados alguns aspectos relevantes da agricultura irrigada. Na terceira parte é apresentada a experiência internacional e nacional da cobrança pelo uso da água, destacando-se o setor agrícola irrigado. Na quarta parte, é discutida a teoria correspondente aos mercados de uso de água. Na quinta parte é apresentada a delimitação da área de estudo, a metodologia e os modelos de análises indicados na cobrança pelo uso da água bruta rural. Na sexta parte, é levantada a disposição a pagar do horticultor pelo uso da água bruta na região analisada, buscando-se esboçar a curva de demanda, ou seja, a curva dos benefícios do bem. A tarifa de água demandada é calculada pelo método de valoração contingente, utilizando-se o modelo econométrico *logit*, que esboça a curva de demanda do setor rural e revela a disposição a pagar do produtor. Na sequência, discutem-se os principais resultados. Na sétima e última seção, apresentam-se as conclusões do estudo.

A seguir, discutem-se as características da agricultura irrigada e o uso racional dos recursos hídricos.

## **2 AGRICULTURA IRRIGADA E O USO RACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Nessa seção, é apresentado um panorama da irrigação no Brasil, as características do uso da água na agricultura irrigada, os aspectos positivos e negativos

referentes ao seu uso e os benefícios da utilização eficiente. Também são apresentados e analisados os principais métodos de irrigação.

## 2.1 PANORAMA DA IRRIGAÇÃO NO BRASIL

O Brasil possui uma superfície territorial de 851 milhões de hectares, e em torno de 29% desta superfície é explorada com agropecuária, ou seja, cerca de 249 milhões de hectares, dos quais 77 milhões com lavouras e 172 milhões com pastagens (ANA, 2009).

De 1960 até 1995/96, a área irrigada no país aumentou de 0,45 milhões de hectares para 3,1 milhões de hectares, sendo que aproximadamente 90% dessas áreas são desenvolvidas pela iniciativa privada, e os 10% restantes por projetos públicos. A partir de 1996 a 2006 o crescimento observado deveu-se à expansão da irrigação privada, utilizando-se principalmente de métodos pressurizados. Essa expansão ocorreu especialmente na Bahia, São Paulo e Minas Gerais com o cultivo da fruticultura, de grãos e de café. Em Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte a expansão se deu através da fruticultura. Nas fronteiras agrícolas do Centro-Oeste (Goiás e Mato Grosso) e Tocantins a expansão se deu através da produção de grãos (ANA, 2009).

A Tabela 1 demonstra a evolução da irrigação no Brasil desde 1960 até 2006.

**Tabela 1** – Evolução da área irrigada no Brasil por região geográfica em hectares – Período de 1960 a 2006.

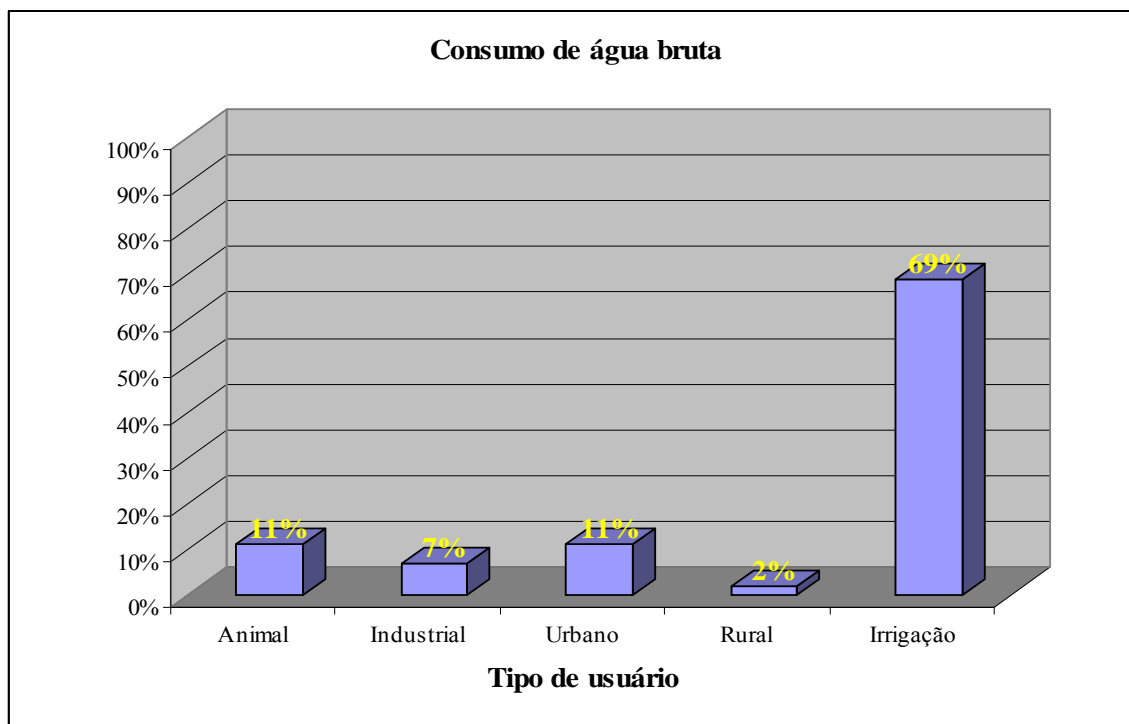
| Região       | Área irrigada em mil ha |         |           |           |           |           |           |
|--------------|-------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|              | 1960                    | 1970    | 1975      | 1980      | 1985      | 1995/1996 | 2006      |
| Norte        | 457                     | 5.640   | 5.216     | 19.189    | 43.244    | 83.023    | 149.671   |
| Nordeste     | 51.774                  | 115.971 | 163.358   | 256.738   | 366.828   | 751.887   | 1.207.388 |
| Sudeste      | 116.174                 | 184.618 | 347.690   | 428.821   | 599.564   | 929.189   | 1.377.143 |
| Sul          | 285.391                 | 474.663 | 535.076   | 724.568   | 886.964   | 1.096.592 | 1.376.422 |
| Centro-Oeste | 1.637                   | 14.384  | 35.490    | 47.216    | 63.221    | 260.952   | 490.664   |
| Brasil       | 455.433                 | 795.291 | 1.085.831 | 1.476.532 | 1.959.819 | 3.121.644 | 4.601.288 |

**Fonte:** ANA (2009).

Na Figura 1, tem-se a distribuição do consumo de água por setor usuário no Brasil. De acordo com os dados, o setor de irrigação é responsável por 69%, seguido pelo

setor urbano e pelo setor de criação de animais com 11%. O setor industrial e o setor rural são os que possuem o menor consumo, com 7% e 2% respectivamente (ANA, 2006).

**Figura 1** – Consumo de água de acordo com o setor usuário.



Fonte: ANA, (2006).

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DO USO DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO

Para Reichardt (1990), a irrigação é a aplicação de água ao solo no qual se desenvolve agricultura, com a finalidade de repor a necessidade de água das plantas, aumentando, assim, o seu crescimento, a produtividade e a qualidade do produto.

Paz, Teodoro e Mendonça (2000) argumentam que em várias regiões no mundo, a ampliação da atividade agrícola irrigada não se expande devido ao fator terra, seja pela dificuldade de encontrar solos férteis e que não apresentem riscos ambientais, seja por escassez de recursos hídricos. No Brasil, tem-se quantidade significativa de recursos naturais em varias regiões. Entretanto, devido à dimensão do território, há diferenças quantitativas e qualitativas de solo, recursos hídricos e clima, além das diferenças socioeconômicas, o que

mostra a desigualdade dos métodos de irrigação implantados, pois estes dependem, entre outros fatores, de tecnologia e do capital disponível para operar de forma mais eficiente.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (2002), a água possui características únicas que determinam sua alocação e uso na agricultura. No caso da irrigação, a água pode ser bombeada de reservas subterrâneas, ou extraída de rios ou corpos d'água armazenada na superfície, sendo aplicada à cultura por inundação via canais, aspersão ou gotejo. Da água que infiltra na terra, oriunda de precipitação, uma parte é utilizada pelas plantas e mais tarde dispersada através da transpiração, outra parte, penetra mais profundamente (percolação), recarregando os aquíferos subterrâneos. Entretanto essa água pode estar poluída por fertilizantes, pesticidas e herbicidas, comprometendo os aquíferos.

Para Young (1996), a água é um recurso volumoso e seu valor econômico por peso de unidade ou volume tende a ser relativamente baixo. Porém, seu transporte representa um custo alto por unidade de volume e não é economicamente viável em longas distâncias a menos que um valor marginal alto possa ser obtido. Os custos de extração, armazenamento e qualquer transporte tendem a ser superiores quando comparados ao valor econômico baixo que é dado ao uso de uma unidade adicional de água. Isto pode criar valores diferentes para água em situações específicas.

Na agricultura irrigada, a quantidade de água ofertada não pode ser especificada facilmente. No caso de água superficial, a renovação dos mananciais é em grande parte determinada pelo clima. Em consequência disso, a quantidade oferecida é variável e pode ser incerta e afetar o valor da água em alguns usos. Dessa forma, as características de demanda de água para irrigação estão relacionadas a quantidade, lugar, tempo e qualidade. A irrigação requer grandes volumes de água que podem ser de baixa qualidade, ao contrário da demanda de água para abastecimento doméstico, que são quantidades menores, mas em compensação precisam ser de alta qualidade (ABAD, 2007).

A elevação da produtividade e da competitividade no campo relaciona-se diretamente com a expansão da agricultura irrigada. Isso fez com que o setor agrícola se transformasse num dos setores mais significativos quanto à demanda de água. Nesse sentido, o nível atual de utilização da água na agricultura, sem a gestão adequada do recurso, pode significar a impossibilidade da manutenção sustentável da produção de alimentos (CHRISTOFIDIS, 2002).

Para Martin-Benito (1995), o objetivo da irrigação é satisfazer as necessidades hídricas dos cultivos, mediante a aplicação eficiente da água sem alterar a

fertilidade do solo, de forma a determinar a quantidade correta a ser aplicada e que realmente ficará retida na zona radicular da planta.

As operações no campo da agricultura irrigada são conduzidas pela Lei 6.662, de 25 de junho de 1979, que ordena a Política Nacional de Irrigação. O objetivo dessa Lei é promover o bom emprego do solo, dos recursos hídricos, a implantação e o desenvolvimento da agricultura irrigada (MARTINS, 2008).

A irrigação além aumentar a produtividade reduzindo a sazonalidade da oferta de alimentos no decorrer do ano, permite a produção de alimentos onde ocorre falta de chuvas. Com isso, os projetos de irrigação constituem espaços estabelecidos a partir das relações entre sociedade e natureza, cujo componente técnico se destaca e assume papel determinante, viabilizando o aproveitamento tanto dos recursos hídricos como do solo.

### 2.3 ASPECTOS POSITIVOS DO USO DA IRRIGAÇÃO

As atividades agrícolas se desenvolveram tecnicamente no intuito de maximizar a produtividade. Entre os determinantes que contribuíram para a evolução do ritmo de produção, destacam-se o emprego da irrigação e o manejo do solo, que em conjunto buscaram tornar mais produtivas áreas antes tidas como pouco apropriadas para a atividade agrícola.

Para Testezlaf, Matsura e Cardoso (2002), o uso controlado da água na produção agrícola, mediante irrigação, permite que o agricultor aumente o número de safras melhorando, de acordo com esses autores, a sua lucratividade, uma vez que, ao colocar o produto no mercado no período de sua escassez, ele consegue uma remuneração extra. Outra característica positiva é que alguns tipos de plantas demonstram melhor qualidade do produto final quando estão sob um regime controlado de irrigação e de fertilizantes. É o caso especialmente de legumes e de frutas, cujas qualidades desejáveis para o consumo, como teor de açúcar e tamanho, podem ser estimuladas pelo uso adequado da irrigação.

Leal (2010) afirma que a prática da irrigação amplia a produtividade média da terra em relação às culturas de sequeiro<sup>1</sup>, possibilitando que um hectare de terra produza mais. A irrigação também pode proporcionar maior estabilidade no processo produtivo,

---

<sup>1</sup> Cultura de sequeiro é a cultura agrícola que se desenvolve sem a necessidade de aplicação de água por meio da irrigação.

tornando-o mais independente das condições climáticas e beneficiando o produtor agrícola, pois é possível melhorar o planejamento de suas atividades e estabelecer um fluxo de renda mais bem distribuído, ao longo do ano.

De acordo com Borges (2007), a irrigação tem sido essencial tanto para garantir o abastecimento de produtos agrícolas como para melhorar o desempenho financeiro de empreendimentos voltados para a agricultura. Essa contribuição eleva o padrão de vida das comunidades rurais e possibilita a ampliação da fronteira de produção agrícola, favorecendo assim a expansão do mercado de trabalho no país.

Com investimentos relativamente baixos em relação ao retorno adquirido, a adoção da agricultura irrigada pode, de forma sustentável, mais que duplicar a produção agrícola do país. Dessa forma aumenta-se a segurança alimentar, a arrecadação de tributos e a geração de divisas (CHRISTOFIDIS, 2009).

#### 2.4 ASPECTOS NEGATIVOS DO USO DA IRRIGAÇÃO

Na opinião de Rosa (1998), a atual irrigação praticada com uso de bombas, reverte o fluxo de escoamento natural das águas e causa desequilíbrios ambientais, podendo provocar o rompimento do sistema hidrológico local. Isso ocorre porque o consumo de água é alto durante o processo de irrigação, ou seja, a água extraída do manancial é sempre maior que a quantidade restituída pela natureza. Essa reposição é feita através de um processo mais lento, o que compromete o estoque dos aquíferos subterrâneos.

Sampaio e Salcedo (1997) argumentam que, dentro da discussão dos possíveis problemas ambientais oriundos de projetos de irrigação, devem encabeçar a lista de impactos negativos as seguintes ocorrências: a) erosão - processo de desagregação do solo e transporte de sedimentos, acelerado pela remoção da cobertura vegetal e pela destruição da flora; b) salinização - incremento do conteúdo salino da água, dos solos, sedimentos etc. ; c) saturação - qualidade de uma área definida em função do teor de poluente específico; d) lixiviação dos nutrientes dos solos - processo que sofrem as rochas e solos, ao serem lavados pela água e e) eutrofização - adição em excesso de um ou mais compostos orgânicos ou inorgânicos aos ecossistemas naturais, causando uma elevação anormal nas suas concentrações. Há também a multiplicação de pragas, deterioração da qualidade das águas

superficiais, contaminação da água do lençol freático, diminuição das vazões dos rios, prejudicando os usuários localizados abaixo da área irrigada.

De acordo com Lima e Valarini (1996), os impactos ambientais diretos da irrigação são: a) ameaça inerente de degradação do solo, devido ao manejo inadequado dos sistemas de irrigação; b) desorganização das propriedades químicas e físicas dos corpos da água submetidos à poluição; e c) modificação microclimática, que, no caso pode contribuir para sucessão de pragas e doenças. Já os impactos ambientais indiretos são caracterizados pela exposição ao risco de intoxicação humana e animal por contaminação agroquímica e pela redução da biodiversidade provocada pela alteração da cobertura vegetal, devida à ampliação da área irrigada.

Para Paz, Teodoro e Mendonça (2000), diante de inúmeros estudos que apontam o problema da gestão da irrigação, ainda predominam duas ideias enganosas, a saber: quanto mais água for aplicada, melhor será o desenvolvimento da planta e a maioria dos solos é apropriado para a irrigação. Ademais, não se tem conhecimento técnico a respeito da escolha certa da área a ser irrigada, bem como das necessidades hídricas das culturas, dos métodos eficientes de irrigação e do manejo dos equipamentos. A junção dessas ocorrências tem provocado um aumento nos impactos ambientais sobre os solos e sobre os recursos hídricos, muitas vezes irreparáveis.

Conforme Lal e Miller (1993), deve-se buscar a combinação harmoniosa entre a preservação ambiental e o avanço da produtividade agrícola. O objetivo da agricultura sustentável deve ser a criação de um ambiente no qual se possa manter, ao mesmo tempo, o aumento da produção agrícola *per capita* e a capacidade de preservação dos recursos naturais existentes. Ou seja, a sustentabilidade tem como finalidade a conservação desses recursos, a descrição de suas características e a quantificação dos procedimentos que possam ser degradantes ao meio ambiente. Alguns fatores, como a produtividade, as características do solo, a qualidade e quantidade da água disponível, o clima e os aspectos ambientais no decorrer do tempo podem apontar para alterações decorrentes da irrigação.

De acordo com Lima, Ferreira e Christofidis (2003) uma área de cultivo pode ter sua produção triplicada com o auxílio da irrigação; porém, caso não sejam aplicados métodos eficientes, esse processo pode trazer graves danos ambientais, entre os quais: demasiado consumo dos recursos hídricos da região, contaminação dos mananciais, erosão, salinização e assoreamento dos rios, de modo que esses aspectos em conjunto alteram negativamente o meio ambiente. Na tentativa de evitar essas consequências, destaca-se a necessidade da utilização de tecnologia de irrigação, considerando-se a bacia hidrográfica

uma unidade de execução e planejamento, com projetos corretamente formulados e com manutenção apropriada.

## 2.5 EFICIÊNCIA NA IRRIGAÇÃO

De acordo com Coelho, Filho e Oliveira (2005), a média mundial de eficiência na irrigação é ainda muito baixa, situando-se, em termos médios, em torno de 37 %. A eficiência é medida como a razão entre a quantidade de água extraída dos rios e a quantidade efetivamente utilizada na cultura. No Brasil, a eficiência da irrigação é melhor, se comparada com a média mundial, alcançando aproximadamente 60%. A implicação disso é que, para cada dez mil litros de água requeridos por hectare de cultivo, há a necessidade de que mais de 16.600 litros sejam aplicados. Quase a totalidade retorna para a atmosfera pela evapotranspiração das plantas. Perto de 6.000 litros evaporam ou infiltram no solo, incorporando-se ao lençol freático, podendo retornar ou não ao mesmo curso d'água de onde foi captada. Desse modo, o aumento da eficiência na aplicação da água para irrigação torna-se essencial para a redução do volume hídrico extraído das bacias.

Muitos dos fatores que afetam o uso da água são essencialmente econômicos e as maneiras como eles se combinam depende do preço relativo do recurso. Segundo a teoria econômica, a combinação ótima dos insumos, também conhecida como eficiência econômica, ocorre quando os preços marginais de cada um dos fatores são iguais, ou seja, se um dos insumos tem preço muito baixo ou nulo, este será utilizado tanto quanto se julgue necessário. Pressupõe que quando o preço de um recurso, como a água, é muito baixo em relação aos outros, ele é utilizado sem se levar em conta a quantidade e a sua conservação. Com relação à água, pode-se, portanto, inferir que: a) a atenção prestada ao seu uso eficiente é diretamente proporcional ao preço cobrado por ele; b) quando o recurso é avaliado corretamente, considerando-se a sua contribuição para a produtividade, existe um incentivo através de forças de oferta e de demanda para utilizá-lo eficientemente, por meio da introdução e de mudanças tecnológicas; c) a quantidade e a qualidade da água estão estreitamente relacionadas às ações para o incremento da eficiência de seu uso; e d) no contexto de demanda de água, os princípios de eficiência e valor, devem ser considerados com atenção, pois os fatores sociais são complexos (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

A realização de projetos que busquem a conservação e a reposição dos aquíferos subterrâneos, em conjunto com ações que tornem viáveis a utilização da água da chuva e o reuso de efluentes, são fatores determinantes para a minimização dos impactos ambientais em bacias hidrográficas muito deterioradas pela ação do homem. Essas medidas, aliadas a um instrumento de cobrança pelo uso da água, estimulam o produtor rural a fazer uso racional desse recurso e reduzem conseqüentemente o consumo excessivo e a geração de recursos para a restauração de bacias degradadas (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 2003).

A eficiência no uso da água para irrigação integra vários componentes. Consideram-se, entre outros fatores, as perdas que ocorrem nos reservatórios, na condução e na aplicação nas parcelas irrigadas. Os baixos valores de eficiência indicam a necessidade da utilização de estratégias de estimativa relacionadas à quantidade de água aplicada nas plantas, em conjunto com o manejo adequado do solo e dos sistemas de irrigação. Métodos pouco eficientes tornam-se incompatíveis com as políticas atuais de uso da água, principalmente em regiões de disponibilidades restritas como, por exemplo, a irrigação por sulcos, em que apenas uma parcela de aproximadamente 45% da água, é efetivamente utilizada pelos cultivos (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

É maior a possibilidade de sucesso da safra, quando se utilizam corretamente as técnicas de irrigação para preencher as demandas ou necessidades hídricas das plantas. Assim, mesmo em um período de estiagem, o risco de perda de safra é reduzido. Outro ponto positivo comprovado é que em determinadas espécies de plantas, especificamente frutas e legumes, demonstram significativa melhora na qualidade final, quando submetidas a uma forma controlada de irrigação e de fertilizantes. Porém, não é uma questão fácil conciliar agronomia e ecologia, uma vez que a agricultura intensiva com irrigação, ao garantir a produção agrícola e ser uma atividade facilitadora da fomentação do desenvolvimento econômico, nem sempre coincidem com os fundamentos da agricultura sustentável, os quais devem permitir a produção de alimentos e de fibras vegetais sem pôr em risco a conservação dos recursos naturais ou a diversidade biológica e cultural para as futuras gerações. No entanto, sob a perspectiva ambiental, é indispensável que estas duas áreas sejam conduzidas de forma correta e eficiente, caso contrário a produção intensiva pode acarretar sérios problemas ambientais (TESLEZLAF; MATSURA; CARDOSO, 2002).

## 2.6 MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

Existem diversos métodos de irrigação e cada um deles possui características distintas no que se refere à eficiência e manejo. Destacam-se entre eles: i) métodos de aspersão, usando-se o método convencional e o de pivô central, ii) irrigação localizada, especificamente microaspersão e gotejamento e iii) método de superfície.

A Tabela 2 demonstra os tipos de irrigação mais usados no Brasil e sua eficiência.

**Tabela 2** – Métodos de irrigação e sua respectiva eficiência.

| Métodos de irrigação      | Eficiência em % |
|---------------------------|-----------------|
| Superfície                | 50              |
| Aspersão convencional     | 75              |
| Aspersão por pivô central | 85              |
| Microaspersão             | 90              |
| Gotejamento               | 95              |

**Fonte:** Leal (2010).

No método por superfície, a distribuição da água é feita por gravidade através de um tipo de sulco que percorre a superfície do solo (ANDRADE, 2001).

O sistema de irrigação por aspersão convencional funciona espalhando a água em pequenas gotas sobre a superfície do terreno de modo semelhante ao que ocorre em uma chuva. Existem modelos inteiramente móveis, com a alteração de todos os seus componentes, os semifixos, nos quais a linha principal é fixa e as laterais são móveis e os totalmente automatizados (fixos). Suas vantagens estão na facilidade de adequação em qualquer tipo de terreno, na possibilidade de ser completamente automatizado, o que permite que as tubulações possam ser desmontadas e removidas da área, facilitando o tráfego de máquinas. Em relação às desvantagens, esse método sofre influência das condições climáticas, como a do vento, por exemplo, que pode gerar uma má distribuição da água sobre a cultura. Também possuem custos de instalação e operação mais elevados que os do método por superfície (ANDRADE, 2001).

De acordo com Tavares (2007), o sistema de aspersão por pivô central é formado essencialmente por uma tubulação linear, ao longo da qual são afixados vários aspersores, que se movem lateralmente acima da altura das plantas. É sustentado por torres

sobre rodas em formato de “A”, propiciando o movimento circular em torno de um ponto fixo no começo da tubulação.

Algumas vantagens e desvantagens relacionadas ao pivô central são apresentadas por Bernardo, Soares e Mantovani (2008). Entre as vantagens estão a possibilidade de aplicação localizada com uso de tubos que descem dos braços do pivô central, diminuindo a evaporação e melhorando a eficiência e a capacidade de adaptação à maioria das culturas. Entre as desvantagens estão o risco de formação de poças de água em solos em que a infiltração é lenta e a dificuldade de adaptação em solos com declividade acima de 15%.

No sistema de irrigação por microaspersão, a água é aplicada na superfície do solo próximo à região radicular das plantas, por meio de microaspersores. A aplicação da água é feita com uma frequência alta, mas com pequena intensidade, de forma a fornecer a quantidade de água necessária às plantas. Entre as vantagens estão o consumo menor de energia e a necessidade de menor quantidade de mão-de-obra para o manejo do sistema (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

No caso da irrigação por gotejamento subterrâneo ou superficial, a água é aplicada através de tubos, de maneira pontual na superfície do solo. Entre as vantagens do método de gotejamento subterrâneo em relação ao superficial estão: economia de água, devido à menor evaporação; aplicação de nutrientes diretamente na raiz da planta; inexistência de danos mecânicos durante as operações de cultivo e diminuição de incidência de doenças nas culturas. Entre as desvantagens estão o custo inicial elevado e os problemas de entupimento e de intrusão de raízes (SILVA; MAROUELLI, 1998).

A estimativa dos diferentes métodos de irrigação usados nos estados brasileiros é apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3** – Áreas irrigadas (em ha) por método de irrigação, nos diferentes estados do Brasil.

| <b>Brasil, região e estado</b> | <b>Superfície</b> | <b>Aspersão convencional</b> | <b>Pivô central</b> | <b>Localizada</b> | <b>Total</b> |
|--------------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|--------------|
| <b>Norte</b>                   | 84.005            | 9.125                        | 2.000               | 4.550             | 99.680       |
| Rondônia                       | 0                 | 4.430                        | 0                   | 490               | 4.920        |
| Acre                           | 550               | 160                          | 0                   | 20                | 730          |
| Amazonas                       | 1.050             | 750                          | 0                   | 120               | 1.920        |
| Roraima                        | 8.350             | 420                          | 150                 | 290               | 9.210        |
| Pará                           | 6.555             | 165                          | 0                   | 760               | 7.480        |
| Amapá                          | 1.480             | 370                          | 0                   | 220               | 2.070        |
| Tocantins                      | 64.020            | 2.830                        | 1.850               | 2.650             | 73.350       |
| <b>Nordeste</b>                | 207.359           | 238.223                      | 110.503             | 176.755           | 732.840      |
| Maranhão                       | 24.240            | 12.010                       | 3.630               | 8.360             | 48.240       |
| Piauí                          | 10.360            | 7.360                        | 880                 | 8.180             | 26.780       |
| Ceará                          | 34.038            | 18.238                       | 2.513               | 21.351            | 76.140       |
| Rio Grande do Norte            | 220               | 2.850                        | 1.160               | 13.990            | 18.220       |
| Paraíba                        | 30.016            | 8.420                        | 1.980               | 8.184             | 48.600       |
| Pernambuco                     | 31.640            | 44.200                       | 9.820               | 12.820            | 98.480       |
| Alagoas                        | 7.140             | 58.500                       | 6.060               | 3.380             | 75.080       |
| Sergipe                        | 30.445            | 8.825                        | 310                 | 9.390             | 48.970       |
| Bahia                          | 39.260            | 77.820                       | 84.150              | 91.100            | 292.330      |
| <b>Sudeste</b>                 | 219.330           | 285.910                      | 366.630             | 116.210           | 988.080      |
| Minas Gerais                   | 107.000           | 107.970                      | 89.430              | 45.800            | 350.200      |
| Espírito Santo                 | 17.340            | 56.480                       | 13.820              | 11.110            | 98.750       |
| Rio de Janeiro                 | 15.020            | 15.250                       | 6.760               | 2.300             | 39.330       |
| São Paulo                      | 77.970            | 106.210                      | 256.620             | 57.000            | 497.800      |
| <b>Sul</b>                     | 1.155.440         | 94.010                       | 37.540              | 14.670            | 1.301.660    |
| Paraná                         | 21.240            | 42.210                       | 2.260               | 6.530             | 72.240       |
| Santa Catarina                 | 118.200           | 21.800                       | 280                 | 3.140             | 143.420      |
| Rio Grande do Sul              | 1.016.000         | 30.000                       | 35.000              | 5.000             | 1.086.000    |
| <b>Centro-Oeste</b>            | 63.700            | 35.060                       | 193.880             | 25.570            | 318.210      |
| Mato Grosso do Sul             | 41.560            | 3.980                        | 37.900              | 6.530             | 89.970       |
| Mato Grosso                    | 4.200             | 2.910                        | 4.120               | 7.300             | 18.530       |
| Goiás                          | 17.750            | 24.350                       | 145.200             | 10.400            | 197.700      |
| <b>Distrito Federal</b>        | 190               | 3.820                        | 6.660               | 1.340             | 12.010       |
| <b>Brasil</b>                  | 1.729.834         | 662.328                      | 710.553             | 337.755           | 3.440.470    |

Fonte: Christofidis (2006).

Segundo a estimativa, a região Sul é a que apresenta a maior área irrigada no Brasil em função do cultivo do arroz irrigado por inundação, principalmente no Rio Grande do Sul. No Paraná a área irrigada é 72.240 ha, sendo que 42.210 ha fazem uso do método aspersão convencional, constituindo-se no principal método utilizado. Na região Norte, a agricultura irrigada concentra-se no estado de Tocantins, sendo praticada principalmente a irrigação por superfície. Na região Nordeste, o estado que mais irriga é o da Bahia, com predominância da irrigação localizada. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste há ainda a predominância da irrigação por aspersão (pivô central e aspersão convencional). As maiores áreas irrigadas por gotejamento e microaspersão encontram-se nas regiões Nordeste e Sudeste (CHRISTOFIDIS, 2006).

## 2.7 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Destaca-se que o interesse pela irrigação no Brasil emerge nas mais variadas condições de clima, solo, cultura e, também, de condição socioeconômica. O crescimento da irrigação no Brasil deveu-se principalmente ao crescimento da irrigação privada, utilizando-se de métodos pressurizados. Apesar da alta demanda de água, a irrigação melhora o desempenho financeiro dos empreendimentos agrícolas e o padrão de vida de comunidades rurais. Possibilita também a expansão da fronteira agrícola e a diminuição do risco envolvido na atividade.

Não há um sistema de irrigação ideal, capaz de atender satisfatoriamente a todas essas condições e aos interesses envolvidos. Ao mesmo tempo em que o uso da água para a irrigação gera externalidades positivas e negativas, este tipo de uso consome muita água. Em consequência disso, deve-se selecionar o sistema de irrigação mais adequado para cada situação e que busque atender aos objetivos desejados. O processo de escolha requer a análise detalhada das condições existentes (cultura, solo e topografia), em razão das exigências de cada sistema de irrigação, de forma a permitir a identificação das melhores alternativas.

A cobrança pelo uso de recursos hídricos deve induzir, portanto, os irrigantes a utilizarem métodos de irrigação mais eficientes para consumirem menos água sem que, com isso, este setor tão importante para a economia brasileira seja impactado a ponto de ser inviável a prática de irrigação na bacia.

Na próxima seção, discutem-se os fundamentos do mercado da água, considerando-se vários mecanismos para melhorar a eficiência de seu uso, tais como: mercado de direito de uso, mercado de certificados de poluição e os aspectos da modelagem na valoração da água. Essas características configuram-se como essenciais na definição de instrumentos de precificação e de gestão dos recursos hídricos, sustentando-se sobre as bases teóricas da econômica tradicional.

### **3 FUNDAMENTOS DO MERCADO DA ÁGUA**

O Estado busca alcançar resultados que assegurem seu papel na estruturação e na racionalização do uso dos recursos hídricos. Nesse sentido, discute-se nessa seção a criação de um mercado de água que evidencia a assimetria entre as Leis estabelecidas e suas aplicações. Discute-se também o mercado de direito de uso (MDU), o mercado de certificados de poluição (MCP) e os princípios econômicos da cobrança pelo uso da água.

#### **3.1 CRIAÇÃO DO MERCADO DA ÁGUA**

Para Domingues e Santos (2004), no mercado da água, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos é função do poder público, pois eles acreditam que o controle da cobrança deixado a cargo somente do mercado criaria imperfeições na alocação eficiente do recurso e na mensuração dos custos sociais. Imperfeições essas geradas, por exemplo, se os usuários considerassem a água como um bem livre, sem se importar com as possíveis consequências que seu consumo poderia causar aos demais usuários da bacia. Dessa forma, para cada m<sup>3</sup> de água utilizado por esses usuários, significaria menos água disponível para os demais, o que pode gerar conflitos.

A ausência de um instrumento de mercado provocaria imperfeição nos métodos utilizados para estimação do valor da água em seus diferentes usos. A maneira mais economicamente correta de instalar uma cobrança pela água em um mercado é através da aplicação do custo marginal de oferta, ou seja, o custo de combinar a capacidade de oferta em longo prazo para atender determinada alteração da demanda. Outro modo de avaliar o valor da

água é pelo custo de oportunidade, verificando-se o valor atribuído à água, em seus mais diversos usos (KEMPER, 1997).

Já Santos e Kelman (2003) alegam que a execução de uma cobrança deve ser feita de modo gradual, para evitar um acentuado aumento nos custos de produção, amortecendo os choques econômicos sobre o mercado e seus usuários. Por outro lado, esses autores argumentam que a cobrança pelo uso do recurso hídrico, somente modificará as ações do usuário, se esta vier acompanhada de eficiência econômica, com o foco na indução ao uso racional e, também, de eficiência política, para que a sociedade e os usuários aceitem a cobrança.

Para Zegarra (2002), a constituição de mercados para a comercialização da água é uma forma de corrigir as externalidades negativas dos preços. A prospecção e distribuição da água possuem aspectos de monopólio natural, por se tratar de um bem público. Assim, ao se determinarem mecanismos de cobrança para esse bem, os temas como equidade e eficiência, necessitam ser considerados, para que se alcancem os objetivos sociais e se torne sustentável o instrumento proposto. Para fins de análise econômica, isso significa avaliar o grau de escassez do recurso hídrico, as consequências que seu uso e distribuição trazem e a maneira como esse bem pode ser distribuído entre os usuários.

Para Campos (1999), tecnicamente o mercado de águas constitui um mecanismo de alocação e realocação da água, tendo-se em vista o uso eficaz deste recurso ambiental. Sob esse aspecto, o preço da água é estabelecido de acordo com a livre negociação de mercado. Com isso, espera-se tornar ótima a utilização dos recursos hídricos.

Nogueira e Faria (2004) entendem que há avanço na análise e na discussão da possibilidade de criação de mercados de águas como uma concepção alternativa ao modelo de alocação pública. Entretanto, torna-se imprescindível a ocorrência de determinadas condições, como a ausência de externalidades, a informação simétrica, a competição perfeita e retornos não crescentes de escala. Com isso, o sistema de mercado seria um mecanismo eficiente de alocação de recursos, conseguindo-se assim, nivelar o preço ao custo marginal.

Para Paz, Teodoro e Mendonça (2000), a outorga do uso e a cobrança por ele seriam instrumentos eficazes para a racionalização e conservação do recurso, além de serem incentivo para a adoção de tecnologias de irrigação que minimizem os desperdícios.

A utilização de instrumentos de determinação de preços para o uso de água bruta, conforme analisado anteriormente, é apenas uma alternativa em face das dificuldades de administrar um mercado de direitos de uso da água. Os direitos de usos particulares da água devem ser protegidos por legislação específica, visto que o setor privado normalmente

não se arrisca investindo em atividade que não tenha esses direitos assegurados (SANTOS, 2000).

De acordo com Munck (2006), os recursos financeiros gerados com a cobrança se transformam novamente em água, pois há uma distribuição de forma conjunta e negociada dos recursos financeiros recolhidos. Isso se faz a partir da responsabilidade assumida pelos atores envolvidos. O desejo é transformar o comportamento da sociedade, com o intuito de valorar e estimar esse ativo natural.

Musetti (2001) afirma que a ação de cobrar pelo uso da água é um mecanismo econômico-legal, que faz parte de um sistema maior denominado Política Nacional do Meio Ambiente. É considerado o meio e não o fim do procedimento de administração dos recursos hídricos. Dessa forma, o sistema de precificação visa, em último ato, não a exclusiva arrecadação financeira, mas principalmente a conscientização da sociedade com o objetivo de conservar ou recuperar o meio ambiente como um todo.

Tietenberg (1994) e também Motta e Mendes (1996) afirmam que o uso dos mecanismos de mercado representa uma maneira prática e flexível de reduzir o conflito entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental, a custos mais baixos que os das abordagens mais tradicionais de regulamentação.

Young (1996 apud RIOS; QUIROZ, 1995) descreve duas propriedades desejáveis no sistema de mercado, em que: 1) os produtores e consumidores, motivados por seus interesses particulares, determinam uma alocação ótima dos recursos; e 2) os preços refletem rapidamente os novos conhecimentos e as novas tecnologias que os produtores estão dispostos a adotar.

Os mercados de água bruta são, em geral, incipientes e em muitos casos nem existem. Eles configuram condição suficiente para justificar a ação do poder público no gerenciamento dos recursos hídricos entre os seus múltiplos usuários. Conforme a concepção da teoria econômica neoclássica, a alocação de recursos hídricos através do mecanismo de mercado, só produzirá o efeito esperado, do ponto vista econômico, se, além da realidade do próprio mercado, forem respeitadas algumas condições, tais como: i) plena informação dos agentes com relação às opções disponíveis no mercado; ii) completa mobilidade de recursos; iii) custos marginais crescentes; iv) bens exclusivos; v) ausência de bens públicos e vi) direitos de propriedade dos recursos bem definidos. Com isso, a atuação do Estado pode ser indispensável para assegurar o nível social ótimo de produção e consumo, além da possibilidade de correção de distorções não desejáveis na alocação dos recursos (CARRERA-FERNANDES; GARRIDO, 2002).

Adiante, será analisada a utilização de mercados de direitos de uso de água (MDU), nos quais a titularidade continua pública, mas permite-se que o direito de uso por quantidade seja transacionado entre usuários. De acordo Barros et al. (2006) as empresas de saneamento, indústrias e usuários agropecuários são os três principais grupos de usuários de águas nas bacias hidrográficas. Também será visto o mercado de certificados de poluição (MCP), o qual estabelece um limite de poluentes por usuários e autoriza que estes transacionem entre si partes dessa permissão de carga poluente (WEITZMAN, 1992).

### 3.2 MERCADO DE DIREITO DE USO (MDU)

Segue-se uma trajetória com vista a buscar um uso mais eficiente da água e criar um mercado para esse uso, sendo este procedimento a alocação e a realocação do recurso natural. O bem a ser negociado seria o uso da água e titular do direito de uso o vendedor o qual o transferiria ao comprador, transformando-o em novo titular, podendo o direito de uso transformar-se em um direito permanente ou limitado por certo tempo.

Na definição de Carolo (2007), o conceito de outorga do direito de uso da água constitui-se uma autorização, por meio da qual o poder público, permite ao outorgado o uso da água, por certo período, nos termos e condições expressos no respectivo ato.

A outorga dos direitos de uso da água é parte integrante de um conjunto de ações que atuam na gestão dos recursos hídricos. Possui a finalidade de distribuir qualitativa e quantitativamente esse recurso. Além disso, constitui-se um ato administrativo, pelo qual a administração pública define as condições relacionadas à quantidade, à qualidade e, também, à determinação do tempo válido da autorização ao setor privado ou poder público do direito de uso da água (FARIAS, 2008).

Conforme Motta (1998a), no Brasil, o titular dos recursos hídricos sempre foi o poder público e é ele quem outorga direito de uso aos usuários.

Os critérios dessa alocação são claros, no sentido de privilegiar o uso humano. Porém, quando existe escassez a titularidade pública é mais eficiente do que um mercado privado de água para assegurar essa alocação (TIETEMBERG, 1996).

Para Carvalho, Lee e Aguiar (2005), a falta de uma estrutura de mercado apropriada para promover a utilização ótima dos recursos hídricos torna pertinente a intervenção pública na alocação dos recursos entre rivais e usuários, uma vez que, a partir

desse ponto, os custos marginais sociais serão maiores que os custos marginais privados, o que torna a cobrança pela utilização da água um instrumento hábil na busca de uma gestão inteligente dos recursos hídricos. A primeira etapa a ser cumprida para estabelecer a cobrança, é a habilitação de instrumentos legais que aprovelem e identifiquem as áreas prioritárias à aprovação e englobem todos os segmentos da sociedade, garantindo aos contribuintes que os valores arrecadados serão aplicados na própria bacia hidrográfica.

Para Lanna (1994), o uso eficaz da água justifica a alocação do uso pelo mercado. As regras do mercado de bens de uma forma geral são as mesmas a serem utilizadas pelo mercado das águas. É suposto pelo modelo que a pessoa que faz uso particular da água de forma eficiente, está mais inclinada a pagar pelo direito de uso do que a pessoa que usa a água de forma ineficiente. O valor mínimo que o vendedor estaria apto a aceitar seria limitado pelo que ele deixaria de ganhar com a venda do direito de uso. Por outro lado, o valor máximo que o comprador estaria apto a pagar seria limitado pelo aumento de seus lucros com a compra adicional de água.

De acordo com Lanna (1999) e Motta (1998a), a livre negociação de direitos de uso compõe a base de formação do mercado de águas entre os agentes participantes. Cabe ao Estado, outorgante, a emissão das permissões para o uso da água. É ele que estabelece normas no que se refere à quantidade e qualidade ideal de uso. A adequação às leis de mercado ficaria por conta dos usuários, podendo estes reduzir o seu uso, ou obter outorgas de outros usuários. Nesse momento, podem ocorrer negociações entre os usuários, como, por exemplo: o usuário que tiver um custo menor, para reduzir seu uso, será motivado a fazê-lo e vender o direito de uso excedente para usuários cujos custos são mais altos. Assim haveria uma realocação das outorgas para as atividades econômicas que fossem mais eficientes, o que favoreceria o crescimento da produção, sem precisar aumentar a quantidade total de outorgas na bacia.

Com a suposição de uma situação de escassez, na qual as outorgas sejam integralmente transacionadas entre os usuários, o usuário X detém o direito de uso de certa quantidade de água, que lhe gera uma produção marginal equivalente a sua disposição a pagar (DAP). Dessa forma, o usuário X estaria disposto a vender essa quantidade a qualquer usuário por um valor, no mínimo, igual a sua (DAP).

O sistema de MDU implica uma completa alteração da distribuição das outorgas concedidas, e isso gera problemas políticos e jurídicos. Todavia, tal alteração ocorre somente se esses direitos de uso forem realmente assegurados de forma que quem vende possa vir a comprar mais tarde, caso seja necessário. Caso contrário, a falta de credibilidade

restringirá as potenciais transações. No caso brasileiro, é difícil que esses direitos se tornem comercializáveis de forma repentina (MOTTA, 1998a).

Rosegrant e Binswanger (1994) destacam vários benefícios do uso de um sistema de licenças negociáveis, dentre eles: (i) o direito de uso que possibilita segurança aos usuários dos recursos hídricos; (ii) os usuários que fizerem investimento em tecnologia visando a redução do consumo poderão beneficiar-se desse investimento, desde que os direitos de uso sejam bem definidos e estabelecidos corretamente; (iii) o sistema de licenças influencia os usuários a ponderar o custo de oportunidade da água; (iv) o gerenciamento do sistema feito pelos próprios usuários motiva-os a exercer o controle dos custos pertinentes a externalidades que poderão ocorrer ao longo da realização do projeto. Com isso, haverá uma diminuição na pressão exercida sobre os recursos hídricos, reduzindo-se sua deterioração.

Ainda de acordo com Rosegrant e Binswanger (1994) os custos relacionados às transferências de licenças representam uma desvantagem na implantação de um mercado de águas, pois estariam acima dos benefícios sociais provenientes de tais transações. Ou seja, os custos de transações não podem englobar apenas o valor da licença e os custos pertinentes ao volume físico de água que foi movimentado, mas também os custos da criação do aparato legal e institucional, que assegure ao comprador e ao vendedor, que as quantidades transacionadas sejam transferidas de forma exata, além de garantir a ausência de externalidades e choques causados a terceiros.

Nesse sentido, Barth (2002) argumenta que é indispensável a criação de um regime de outorga de direitos de uso, caso existam planos de implantação da cobrança pelo uso da água. A finalidade deste regime é garantir o controle da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos, além de favorecer o exercício dos direitos de acesso à água de modo efetivo. Argumenta ainda que os direitos sobre os recursos hídricos sujeitos à outorga por parte do poder público são: (i) extrair água pertencente a um corpo d'água para consumo final, incluindo abastecimento público, ou como insumo usado no processo produtivo; (ii) captação de água de aquífero subterrâneo para usar no processo de produção ou para consumo final; (iii) despejo em mananciais de cargas de esgoto, ou outros resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o objetivo de diluição, disposição final ou transporte; (iv) utilização dos potenciais hidrelétricos; e (v) outros usos que modifiquem o regime, a qualidade ou a quantidade da água existente em um manancial.

A outorga só será realizada por ato da autoridade competente do Poder Executivo federal, dos estados ou do Distrito Federal. O Poder Executivo federal poderá

delegar aos estados e ao Distrito Federal a jurisdição para conceder o direito de uso da água de domínio da União (BARTH, 2002).

### 3.3 MERCADO DE CERTIFICADOS DE POLUIÇÃO (MCP)

Cabe ressaltar que, na discussão sobre a valorização econômica da água, está a questão das externalidades negativas, diretamente relacionadas à motivação de impor uma tarifa ao agente causador, como tentativa de reduzir o impacto negativo, causado ao meio ambiente.

Vasconcellos e Oliveira (2000) assinalam a existência de externalidades quando o bem-estar de um agente econômico é afetado por decisões de consumo ou de produção de outros sem que haja contrapartida. Em outras palavras, quando as externalidades estão presentes, o preço de uma mercadoria não reflete fundamentalmente seu valor social. Em consequência disso, as empresas poderão produzir quantidades exageradas ou insuficientes, de tal forma que a implicação seja a falta de eficiência de mercado.

Varian (2001) destaca que, havendo externalidades, o resultado do mercado competitivo não alcançará a eficiência de Pareto, pois as perdas e os ganhos de bem-estar social, causadas pela atividade de um agente econômico, deixam de ser compensadas financeiramente. Por exemplo: A empresa S fabrica certa quantidade de aço (s) e emite certa quantidade de poluição (x) que é lançada no rio. Há também outra empresa F que atua no ramo de pesca e tem sua sede rio abaixo, sendo, afetada pela poluição de S. Dessa maneira, os custos de F para produzir certa quantidade de peixe estão sujeitos à quantidade de poluição causada pela empresa de aço. A poluição aumenta o custo para produzir peixe e reduz o custo para produzir aço, pois, ao reduzir a poluição, a empresa de aço majora seu custo de produção. Assim a siderúrgica, opta por produzir mais não se importando com a poluição que acarreta prejuízo para a empresa de pesca que, considera a poluição como fora do seu alcance.

Mueller (2000b) descreve o funcionamento mercantil dos certificados transacionáveis de direito de poluir, com base em estudos técnicos, nos quais as autoridades ambientais fixam a quantidade máxima de poluente que as empresas de uma dada região, em conjunto, podem emitir por determinado período de tempo. Depois, distribuem a elas certificados que lhes dão permissão para emitir certa quantidade do poluente, de acordo com a

legislação. A soma das permissões de todas as empresas é igual à quantidade máxima total admitida de poluição, fixada pelas autoridades ambientais.

Motta (1998a), ao considerar que o problema da poluição amplia-se com a presença das externalidades, diz que os direitos são assegurados não só para o uso da água para diluição, mas também pelo direito completo de compensação pelas externalidades.

Outro exemplo clássico de externalidades na produção é apresentado em Mueller (2000a). Trata-se do caso de um abatedouro que, situado à beira de um rio, despeja dejetos do abate; logo abaixo, existe uma lavanderia que usa a água como insumo. Por causa desses despejos, a lavanderia tem de tratar a água, o que implica em maiores custos. O abatedouro provoca uma externalidade negativa sobre a lavanderia e, como não lhe custa nada lançar dejetos no rio, pode lucrar mais e produzir uma quantidade maior. Para haver uma alocação eficiente de recursos na economia, seria necessário cobrar uma taxa sobre cada metro cúbico dos dejetos que o abatedouro joga no rio.

Se os custos de transação são baixos e os direitos de propriedade bem definidos, os preços da externalidade emergem e norteiam uma alocação eficiente dos recursos. Isso ocorre quando se identifica o ótimo da poluição equivalente, independentemente de quem tenha os direitos de propriedade assegurados. Esse processo é denominado solução de mercado coasiana, desenvolvido por (COASE, 1960, apud MILLER, 2000a).

Com relação à alternativa da negociação entre poluidores e prejudicados, Coase (1960 apud MUELLER, 2000a) mostrou que, se o agente que impõe a externalidade da poluição e o agente que sofre o seu impacto puderem negociar com baixos custos de transação, visando vantagens mútuas, o resultado da negociação poderia levar a melhoras na alocação de recursos, ampliando o bem-estar social e dispensando a intervenção do Estado.

Para Calderoni (2004), é necessário que o governo busque dados no cálculo das emissões totais geradas pelas fontes poluidoras de uma região e por um determinado período de tempo e, a partir dessas informações, possa fixar um nível máximo de poluentes que poderá ser aceito. Com isso, determina-se o número de certificados a serem emitidos para a obtenção dos objetivos ambientais propostos. Para este autor, no mercado de certificados de poluição, cada emissor tem autorização para transferir suas licenças através dos instrumentos de compra e venda, estabelecendo-se assim um sistema de licenças de poluição, ou certificados transferíveis entre os poluidores.

A seguir são destacados os princípios econômicos que fundamentam a cobrança e a implantação do mercado da água.

### 3.4 PRINCÍPIOS ECONÔMICOS DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

De acordo com Motta (1998a), a cobrança possui condições específicas e predeterminadas, sendo considerada uma atividade econômica exercida pelo estado com o objetivo de atender as despesas de investimentos e recuperação feitas no setor hídrico. Entende-se que essa atividade deva ser um instrumento de racionalização e de planejamento do uso da água. Assim, os objetivos da cobrança devem corresponder as exigências de uma nova gestão dos recursos hídricos do país, ou seja, deve ser usada como mecanismo econômico, constituindo-se o alicerce dos fundamentos denominados princípio do Usuário-Pagador e Poluidor-Pagador.

#### 3.4.1 Usuário-Pagador e Poluidor-Pagador

Para Martinez (2000), esses fundamentos balizam os instrumentos econômicos da cobrança pelo uso da água. O princípio do Poluidor-Pagador foi inserido pela Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômicos – OCDE, em 26 de maio de 1972, e determina que o poluidor deve arcar com a totalidade dos custos de prevenção e de luta contra a poluição gerada.

O princípio do Poluidor-Pagador individualiza alguns instrumentos econômicos, pois se baseia nas taxas pigovianas. Estas taxas são assim chamadas, em alusão ao economista britânico Arthur Cecil Pigou, cuja obra lançada na década de 1920 tinha o título de “Economia do Bem-Estar Social”. Nela o autor inseriu o conceito de externalidades ao fazer referência aos custos ambientais e sociais não considerados tanto no processo produtivo, como no processo de consumo. Ao não se considerar tais custos, criou-se uma condição superficial na formação dos preços, o que levou à exploração demasiada dos recursos naturais (GURGEL, 2001).

Já o princípio do Usuário-Pagador foi estabelecido pela OCDE, em 1987, e sua elaboração visava construir políticas e práticas de tarifação mais eficazes e que ponderassem os custos sociais marginais. Com isso, buscava-se revelar os custos de investimento e de exploração relacionados à degradação dos recursos hídricos. Entretanto, não era suficiente considerar apenas o poluidor ou os emissores de detritos, mas também os

consumidores residenciais, os irrigantes e a indústria. Em outra ponta, consideram-se também os setores de energia hidráulica, a navegação, a pesca e as atividades ligadas ao lazer. Para o autor, o conceito de Usuário-Pagador condiz, de maneira mais satisfatória, com o ponto de vista da utilização e extração dos recursos hídricos, podendo eventualmente gerar externalidades positivas (MARTINEZ, 2000).

Já de acordo com o princípio do Poluidor-Pagador, se um usuário ou indústria pratica determinada atividade e com isso gera poluição ou degradação dos rios, o custo da recuperação e da despoluição deve ser de responsabilidade de quem o provocou, ou seja, se houve um custo social procedente de uma determinada atividade, este deve ser assumido pelo usuário ou indústria responsável pelo ato lesivo. Assim, segundo esse princípio, paga-se pela utilização dos recursos hídricos, quando há prejuízo os demais, não deixando o poluidor de ser usuário. Dessa forma, o princípio do Poluidor-Pagador estabelece um componente econômico fundamental, que é inserido nos ordenamentos jurídicos por razões políticas, manifestando-se economicamente a vontade de neutralizar o custo social maléfico provocado pela poluição, ao mesmo tempo que se preservam as finanças públicas de arcar com os custos de restauração do meio ambiente (GRANZIERA, 2000).

De maneira geral, o princípio do Poluidor-Pagador pode ser empregado na cobrança de uma taxa ou tarifa em casos que envolvam as seguintes questões: a) lançamento de efluentes; b) produtos poluentes; c) sistemas de consignação, (que é uma espécie de depósito prévio de agentes potencialmente poluidores); d) criação de mercados de direito de poluição. Contudo, na maioria dos países, o princípio do Poluidor-Pagador é implantado por meio de um conjunto de normas diretas, transferindo para o poluidor os custos vinculados a elas. Assim, quando aplicado através de mecanismos de mercado, o princípio do Poluidor-Pagador busca incorporar monetariamente as externalidades negativas ou prejuízos causados pelo processo produtivo, ou seja, o intuito dos mecanismos econômicos é favorecer a obtenção dos melhores resultados de eficiência tanto econômica como ambiental (MOTA, 2001).

### 3.4.2 Cobrança da Água para Fins de Financiamento e Redução de Externalidades

Para Thomas (2002), a definição de financiamento corresponde à provisão de fundos para custear as despesas de funcionamento da bacia. Essas despesas são compostas

pelos custos de gestão e pelos custos de investimento, sendo os custos de gestão aqueles gastos para o bom funcionamento do sistema, entre os quais estão as despesas com administração (salário de funcionário, aluguel de sede, etc.) e as despesas de manutenção e operação do sistema, como os gastos com fiscalização, emissão de outorgas e monitoramento. Entre os custos de investimento estão os recursos necessários para a execução das intervenções que estão nos planos de ação da bacia, incluindo-se as despesas com obras estruturais - construção de reservatório e de estações de tratamento de esgoto e não-estruturais, como a capacitação e mobilização de pessoal.

Sob o prisma da teoria econômica, o mecanismo de cobrança pelo uso da água funciona como um estímulo aos usuários para a busca do nível ótimo social do uso da água. Esse nível social ótimo é aquele que está em concordância com os padrões ambientais instituídos pela sociedade e com os anseios desta e suas metas de uso, ou seja, consiste em cobrar valores dos usuários de água que causem qualquer irregularidade, seja na qualidade, seja na quantidade, seja no regime dos recursos hídricos em questão. Isso se dá ao endogenizar as externalidades (custos sociais) na contabilidade dos usuários; e assim, os recursos financeiros são arrecadados pelo poder público para aplicar em obras de investimento e recuperação dos corpos d'água (SILVA, 1998).

De acordo com Carrera-Fernandez e Garrido (2002), além de se justificar como instrumento financiador de investimentos e como mantenedora dos custos de manutenção e operação do sistema de gestão, a cobrança é um dos mais adequados instrumentos para motivar o uso racional dos recursos hídricos. Com isso, o uso inadequado passa a ser contabilizado como prejuízo para o usuário, combatendo-se o desperdício, coisa que não acontecia antes de sua implementação. A cobrança também se justifica por possibilitar a correção das externalidades negativas impostas aos demais usuários do sistema hídrico por usuários que utilizam a água para as seguintes ações: (i) uso como produto final, (ii) uso como insumo da produção de bens e (iii) uso como diluente de poluentes. Desse modo, a cobrança possui a finalidade de atuar na correção das desigualdades tanto dos custos sociais, como dos custos privados, responsabilizando individualmente cada usuário pelas consequências externas que seu uso particular da água impõe aos demais usuários de um sistema hídrico.

Para Santos (2002), a utilização dos instrumentos econômicos na gestão de recursos hídricos tem como foco principal justamente a internalização dos custos sociais provocados por usuários e poluidores. Esses custos sociais são derivados do uso, captação da vazão e do lançamento de efluentes nos mananciais. Para este autor, o uso dos instrumentos

econômicos também são fontes de obtenção de receita, cuja finalidade é o financiamento dos sistemas de gestão, encarregados das ações de recuperação e proteção dos rios, para melhorar a quantidade e a qualidade da água.

### 3.4.3 Preços Públicos

Para Cánepa, Pereira e Lanna (1999) o princípio que rege a cobrança pelo uso da água refere-se a um preço público e não a um tributo. A diferença é que no preço público a fixação do montante da cobrança é realizada com a participação dos próprios usuários-pagadores que podem reivindicar a revisão do valor a qualquer tempo. Dessa forma, os usuários podem apurar se os recursos estão sendo efetivamente aplicados na sua Bacia Hidrográfica, conforme o plano de recursos hídricos aprovado pelo Comitê.

O preço público é análogo ao preço médio, visto que os custos são divididos proporcionalmente entre os usuários, mas diferem na forma como é feita esta divisão. No preço médio, todos os usuários pagam o mesmo valor por unidade de água utilizada, enquanto no preço público os valores são distintos. Essa distinção origina-se da elasticidade-preço da demanda de cada usuário em particular (THOMAS, 2002).

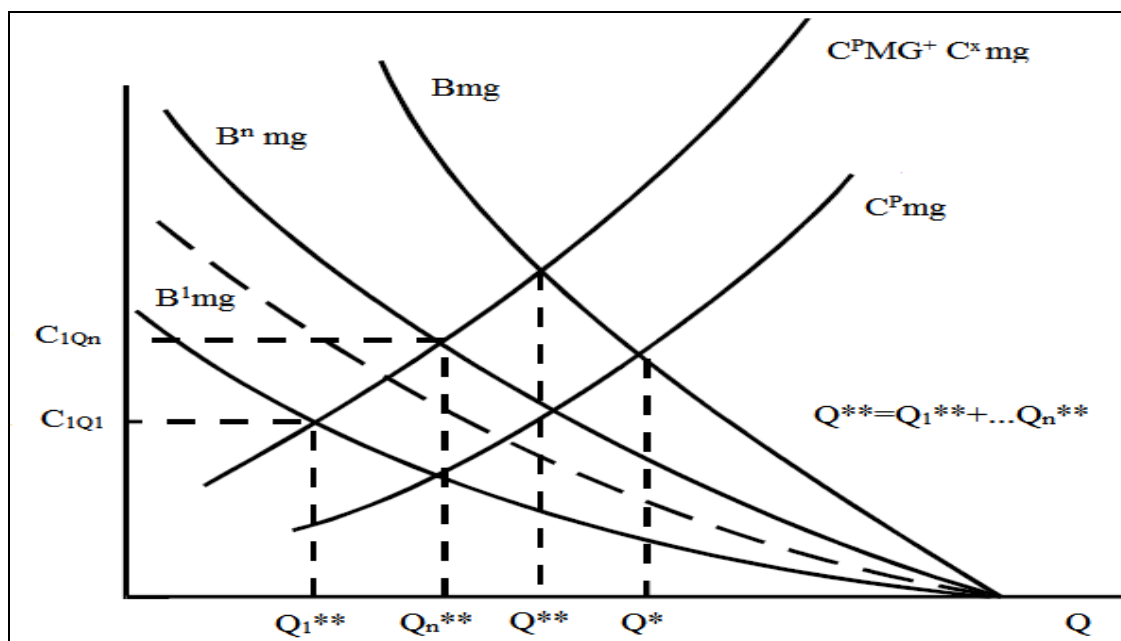
Segundo Byrns e Stone (1992), a elasticidade-preço da demanda é um conceito econômico usado para demonstrar o grau de sensibilidade ao uso de água de um indivíduo, frente a modificações de preço, que por sua vez sofre a influência de dois elementos: a) disponibilidade de bens substitutos e b) quantidade de tipos de usos que o bem pode ter. Desse modo, quem tiver maior facilidade de substituir a água, terá conseqüentemente elasticidade maior, pois se o preço aumentar, o indivíduo pode substituir a água por outro bem, diminuindo assim, a quantidade de água usada.

Para Motta (1998b), o estado é o monopolista e o provedor de um bem público. Bens públicos são bens não excludentes, ou seja, são aqueles que atendem necessidades coletivas, cujos benefícios são usufruídos pela população em geral e de uma forma indivisível. Quando o Estado os coloca à disposição da sociedade, proporciona bem-estar aos indivíduos. Um bem é considerado público, quando, tendo sido consumido por uma pessoa, ele ainda estará disponível para o consumo de outra pessoa, caracterizando o seu consumo como não rival.

A sociedade maximiza os benefícios do uso da água ao alocar o recurso de acordo com seu retorno econômico individual; assim, usuários com demanda menos elástica pagam mais e usuários com demanda mais elástica pagam menos. Entretanto, o consumo do bem público não pode excluir usuários com benefício marginal positivo, caso em que há o incentivo para o caronista (*free rider*) ou indivíduo que recebe o benefício de um bem, mas evita pagar por ele. Assim, alguns usuários tenderão a ocultar suas verdadeiras disposições a pagar pelo bem, com o intuito de pagarem menos ou nada pela sua utilização.

Na Figura 2 tem-se o consumo ótimo do bem público, situações em que a não-rivalidade ocorre apenas até certo ponto, pois acima de certo nível de consumo acontecerá um “congestionamento” que resulta em racionamento. Neste momento, o consumo de B passa a afetar o consumo de A e, dessa forma, a distribuição da escassez hídrica deve adotar um critério de eficiência. Nessa situação, os custos marginais de expansão ( $C^x mg$ ) têm de ser somados aos custos de provisão ( $C^p mg$ ) e o novo consumo ótimo seria o ponto  $Q^{**}$ , no qual o consumo reproduz o somatório das quantidades ótimas de cada indivíduo. Dessa forma, ainda que haja a possibilidade de eliminar os caronistas, admite-se que o consumo pode ser medido e posteriormente venha a ser cobrado (MOTTA, 1998a).

**Figura 2** – Consumo ótimo do bem público.



Fonte: Motta (1998a).

A propensão natural de ocorrência da subotimização, também pode ser resolvida determinando-se os preços que maximizem o bem-estar originado pelo consumo de água. Entretanto, deve-se respeitar a regra segunda a qual a receita marginal deve-se igualar às necessidades de financiamento da provisão e expansão. Os custos marginais de provisão e expansão são iguais aos preços ( $C_{2qi}$ ) mais uma parte diferente para cada usuário que é proporcional ( $b$ ) ao inverso da elasticidade de demanda ( $E_i$ ) de cada usuário  $i$ , definido da seguinte maneira:

$$C_{2qi} - \frac{C_{mg}}{C_{2qi}} = \frac{b}{E_i} \quad (17)$$

Com isso, os usuários que possuem demanda menos elásticas pagam mais que aqueles cuja demanda é mais elástica, tornando-se esta uma regra básica usada na precificação de bens públicos (MOTTA, 1998a).

#### 3.4.4 Determinação do Preço com Objetivo de Otimização Econômica

Thomas (2002) afirma que as metodologias de otimização econômica priorizam a racionalização do uso da água, buscando alocar, de forma eficiente, os recursos hídricos. Essa busca objetiva gerar a maximização dos benefícios econômicos para a bacia hidrográfica. Dentre as mais importantes e mais utilizadas metodologias que possuem esses objetivos, estão: a teoria da demanda e a disposição a pagar; a política de preços ótimos ou a análise custo benefício; análise de custo-efetividade; e o mercado de direitos de uso da água, que serão apresentados a seguir.

#### 3.4.5 Teoria da Demanda e a Disposição a Pagar

Os modelos fundamentados na teoria da demanda estão sujeitos aos desígnios que o usuário dará para o uso da água. Desse modo, se a água for utilizada como produto final, ou seja, como bem de consumo, recorre-se a teoria do consumidor, a qual formará os alicerces para a sua valoração; mas, se a água for empregada como insumo de

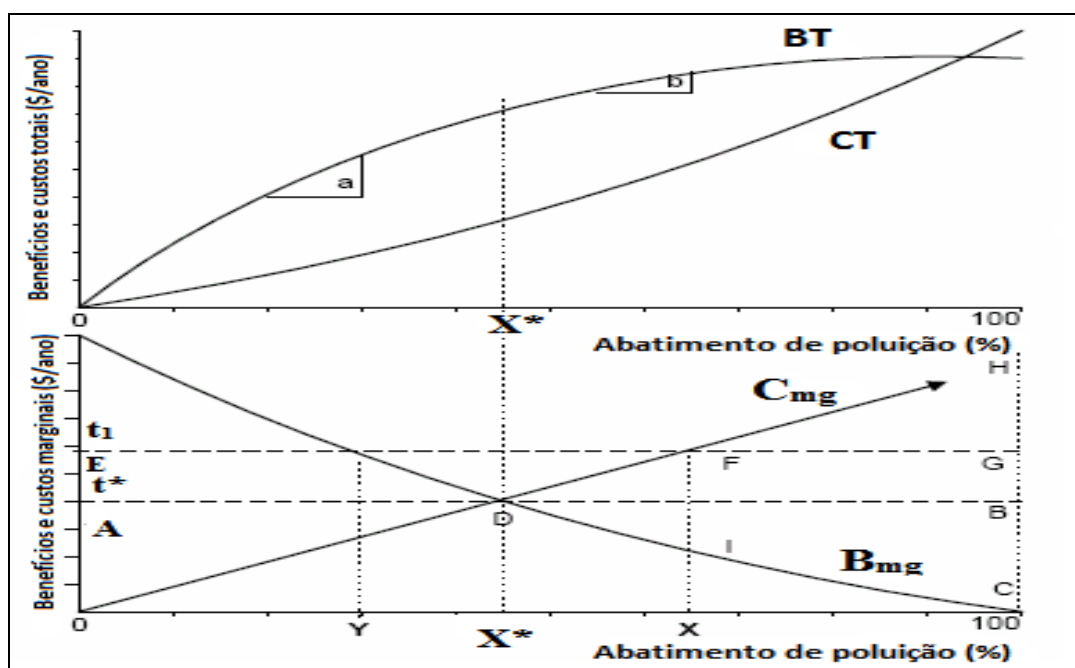
produção para a fabricação de um bem final, os alicerces para valoração da água ficarão sob a incumbência da teoria da firma, que considera seus componentes de produção e custos. Assim, esses modelos podem ser originários tanto da teoria do consumidor quanto da teoria da firma (função de custo) (CARRERA-FERNANDEZ; GARRIDO, 2002).

O conceito de disposição a pagar, de acordo com Carrera-Fernandez e Garrido (2002), é dividido em dois processos. O primeiro é o método da demanda contingente, o qual busca instituir um mercado hipotético na tentativa de fazer com que os usuários demonstrem suas preferências e os valores que estão dispostos a pagar pelo uso da água. O segundo é o método chamado de “demanda tudo ou nada”, o qual busca captar o custo de obtenção da água por meio de uma simulação, em que se tenta conhecer o valor máximo que os usuários estariam dispostos a pagar por uma determinada quantidade de água, obstruindo-se o abastecimento com a intenção de determinar o preço da água. Esse é o recurso que se usa quando o usuário se encontra indiferente quanto a continuar a pagar para receber a água ou em procurar uma solução alternativa.

#### 3.4.6 Política de Preços Ótimos ou Análise de Custo-Benefício

Para Ferguson (1990), o preço ótimo é entendido como aquele que proporciona a maximização da diferença entre os benefícios totais e os custos totais. Essa maximização é representada pelo ponto onde os benefícios marginais se tornam iguais aos custos marginais, conforme é demonstrado na Figura 3.

**Figura 3** – Custos e benefícios totais e marginais de controle de poluição.



**Fonte:** Relatório de Pesquisa – STHidro/UFSM-UFCG/FINEP/CT-Hidro (2008), ajustado de Cánepa, Pereira e Lanna (1999).

Cánepa, Pereira e Lanna (1999) constroem uma hipótese, ao suporem que, caso o órgão responsável pela gestão de recursos hídricos tenha conhecimento das curvas de custos e benefícios de abatimento de poluição, ele pode determinar o valor a ser cobrado pelo despejo de efluentes na bacia hidrográfica. Porém, há a necessidade de maximizar o benefício social líquido, que é a diferença entre o benefício total e o custo total, o qual se mede no ponto  $X^*$ . Com a finalidade de provocar mudanças na conduta dos poluidores, o órgão gestor pode cobrar o valor  $t^*$  para cada unidade de efluente despejado nos mananciais e assim consolidar o objetivo de abatimento ótimo e socialmente admissível. Então, os usuários poluidores que possuem custos marginais de abatimento menores que  $t^*$  escolherão diminuir a poluição. Por outro lado, aqueles usuários cujos custos de abatimento são maiores que o valor da cobrança, escolherão lançar seus efluentes e pagar o valor cobrado.

Já na análise de custo-benefício, investiga-se a valoração monetária tanto dos custos, como dos benefícios de qualquer tipo de empreendimento que ofereça um bem vinculado à água, no aspecto seja qualitativo seja quantitativo. Entretanto, esse enfoque é mais utilizado quando se inclui a poluição hídrica, caso em que a curva de custos totais vincula-se ao custo total equivalente para cada nível redutor de poluição, e a curva de

benefícios totais reproduz a disposição a pagar dos envolvidos na tentativa de despoluir a bacia (RIBEIRO, 2000).

Como exemplo da aplicação da análise de custo-benefício, tem-se a retirada da água de um determinado manancial. Para tanto, supõe-se a construção de uma barragem em um trecho do rio, onde, através da regularização da vazão, será permitida a irrigação de centenas de hectares. No entanto, para aplicar a análise de custo-benefício, é indispensável determinar a curva de benefício marginal, originada da produtividade marginal, calculando-se o montante da renda adicional líquida dos agricultores ao saírem da situação em que não há irrigação e passarem para a situação em que há irrigação, sendo a curva de custo marginal estabelecida em função do valor do empreendimento (CÁNEPA; PEREIRA; LANNA, 1999).

#### 3.4.7 Análise Custo-Efetividade

O emprego da metodologia custo-efetividade possibilita estabelecer o custo mínimo para alcançar a quantidade ótima definida de comum acordo entre os usuários dos recursos hídricos, vindo daí o nome custo-efetividade (THOMAS, 2002).

Segundo Cánepa, Pereira e Lanna (1999), quando se aplica a metodologia do preço ótimo, a quantidade de água usada na bacia é determinada no ponto onde ocorre a máxima diferença entre os benefícios e os custos, isto é, no ponto onde a curva de custos marginais cruza a curva de benefícios marginais. Por outro lado, quando se aplica a metodologia do custo-efetividade, a quantidade ótima de água é determinada através de um acordo entre a sociedade. Assim, o preço a ser cobrado é igual ao custo marginal que o usuário assume ao reduzir o uso da água.

Dessa forma, afirma Ribeiro (2000), na análise do custo-efetividade não se procura encontrar a máxima eficiência econômica na utilização dos recursos hídricos, mas sim atender aos objetivos previamente negociados em relação ao domínio da bacia hidrográfica.

### 3.4.8 Síntese do Capítulo

Ao se discutirem os principais fundamentos do mercado da água, observou-se que o sistema de cobrança busca uma contra-prestação de todos os usos que venham a alterar a quantidade ou qualidade da água bruta. A determinação de um preço e a efetiva cobrança pelo uso e pela poluição da água de mananciais são instrumentos importantes para a gestão racional dos recursos hídricos, que beneficiam tanto a geração presente, quanto as gerações futuras.

A Constituição Federal, em seu Artigo 225, prevê que a água, por fazer parte do meio ambiente, é um bem de uso comum e essencial para qualidade de vida da sociedade. Porém, é um patrimônio estatal e cabe ao poder público empreender esforços no sentido de garantir o acesso e a distribuição equânime a todos, sem prejuízo de nenhuma das partes. A água é um recurso natural renovável, entretanto, se a utilização da água for maior do que a capacidade de renovação ou até autodepuração do corpo hídrico, esta se torna escassa. A capacidade de renovação da água também pode ser prejudicada pela poluição dos rios e mananciais.

A gestão de recursos hídricos busca a sustentabilidade do sistema. Com isso, a utilização da água deve ser no máximo igual à sua capacidade de renovação, respeitando os princípios norteadores do Direito das Águas, do Direito Ambiental e os Fundamentos do Mercado da água, bem como os respectivos princípios econômicos discutidos nessa seção. Para o cumprimento desses preceitos é necessário que se possibilite um desenvolvimento econômico e social sem a degradação da natureza. A cobrança pelo uso da água bruta deve conduzir a medidas de precaução e prevenção, as quais devem ser tomadas por todos, a fim de que a natureza ainda possa gerar frutos para as gerações futuras.

A próxima seção discute a experiência da cobrança pelo uso da água bruta no exterior e no Brasil.

## **4 A EXPERIÊNCIA DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA**

A crescente escassez de água e a busca pelo seu uso eficaz não é um problema exclusivo do Brasil. Essa questão já é debatida em muitos países e a recuperação

dos custos investidos na conservação de bacias é hoje amplamente aceita como uma pedra angular na gestão sustentável da água. Em conjunto, existe o aumento na procura por instrumentos econômicos com a finalidade de estimular o uso racional da água principalmente na agricultura. Em muitos países em desenvolvimento, onde o uso da água na agricultura é ainda muitas vezes subsidiado, as políticas de tarifação da água bruta são desenvolvidos no sentido de alocar a água de forma eficiente, como tentativa de garantir a sustentabilidade dos sistemas hídricos. O capítulo está dividido em duas partes. Na primeira, são selecionados e apresentados estudos realizados em bacias hidrográficas de diversos países, que já implantaram a cobrança<sup>2</sup>, ou estão em processo de análise para fazê-lo. Na sequência são discutidas as experiências da cobrança em alguns estados do Brasil.

#### 4.1 EXPERIÊNCIA E EVIDÊNCIAS INTERNACIONAIS

##### 4.1.1 África do Sul

Speelman et al. (2009), utilizando-se de uma metodologia alternativa de programação linear, estimaram os impactos da cobrança pelo uso da água aos irrigantes localizados em Zeerust, município da província noroeste da África do Sul, de julho a setembro de 2005. Esse método utiliza, a partir da análise de eficiência, as informações, como uma representação da tecnologia de produção. Na África, a tarifação da água foi introduzida pela Lei Nacional nº 36 de agosto de 1998. Com vistas à realização do estudo, foram utilizados questionários para recolher os dados, entrevistando-se um total de 60 agricultores, que produzem principalmente hortaliças a partir de 13 sistemas de irrigação em pequena escala.

Os agricultores comerciais da África do Sul já estão pagando pelo uso da água na maioria das áreas, porém, os pequenos agricultores ainda não estão sendo cobrados, pois, de acordo com o Departamento de Assuntos Hídricos e Florestais da África do Sul (DAHF) existem diferenças regionais nos custos e na escassez de água para o setor de

---

<sup>2</sup> Destaca-se que os valores apresentados nesta seção foram estimados com base em suas respectivas moedas nacionais, ou, em alguns casos, em Dólares americanos. Entretanto, no atual trabalho, esses valores foram convertidos para Reais, utilizando-se dados do Banco Central do Brasil – (BACEN), setembro de (2010) para efeito de comparações posteriores.

irrigação. Os resultados do estudo mostram a introdução de diferentes cenários de preços a serem implantados, que são: (0,025; 0,05; 0,1; 0,2 e 0,3 Rande<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>). Estes cenários cobrem o intervalo de preços da água já pagos pelos agricultores comerciais. A Tabela 4 traz os preços cobrados aos produtores africanos em 2005.

Para os autores, a introdução de um preço de 0,025 Rande/m<sup>3</sup>, conduz imediatamente a uma diminuição do desperdício no uso da água de cerca de 20%. Entretanto, novos aumentos no preço da água terão efeitos limitados sobre a eficácia adicional. Isso porque os preços da água não só irão diminuir o uso da água, mas também reduzir o lucro dos agricultores.

**Tabela 4** – Preços por m<sup>3</sup> cobrados aos produtores irrigantes na província de Zeerust.

| Tipo de uso            | Preço da água por m <sup>3</sup> |                       |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------|
|                        | Em Rande                         | Em Reais <sup>4</sup> |
| Agricultura<br>Irigada | 0,025                            | 0,0060                |
|                        | 0,05                             | 0,0119                |
|                        | 0,10                             | 0,0239                |
|                        | 0,20                             | 0,0478                |
|                        | 0,30                             | 0,0717                |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Speelman et al. (2009).

De acordo com o estudo a cobrança na região está diretamente relacionada com os custos de gestão e de abastecimento de água do sistema hídrico, sendo destinada somente aos agricultores irrigantes. Os resultados dão a entender que fazendeiros desta região são bastante reativos a mudanças, mesmo a pequenas variações no preço cobrado. Esta resposta pode ser explicada pelo bom alcance da eficiência no uso da água, em razão dos baixos níveis dos mananciais na época do estudo. A fixação de preços motiva os fazendeiros a reduzir o uso de água, mesmo que, na maioria das áreas de pequenos agricultores, a cobrança ainda não tinha sido instituída. Entretanto a cobrança gera efeitos adversos negativos, principalmente para agricultores mais pobres, pois estes são os mais afetados pelos preços mais elevados da água. Ao tornar-se mais caro um dos insumos utilizados, aumenta-se a dificuldade de obter uma rentabilidade satisfatória, tendo-se as vezes que parar a produção (SPEELMAN et al., 2009).

<sup>3</sup> Moeda da África do Sul.

<sup>4</sup> Valores convertidos em Reais em 28/08/10, através de dados do BACEN (2010).

#### 4.1.2 Jordânia

Doppler et al. (2001) realizaram um estudo na Jordânia, especificamente na região do Vale do Jordão, fronteira ocidental do país. Essa região é conhecida como vale fértil e possui um sistema de rede de irrigação que atende a 31.174 ha de uma área com 105 km de comprimento e 16 km de largura. A área constitui um importante pólo na produção de frutas e hortaliças da Jordânia.

A Jordânia é reconhecida como uma região semiárida e cerca de 91% do país recebe uma precipitação média anual inferior a 200 mm, sendo 85% da água disponível é derivada principalmente dos afluentes do rio Jordão. Este é um vale de 105 km de comprimento e 16 km de largura, com uma altitude de 200 m abaixo do nível do mar do Norte (JORDAN VALLEY AUTHORITY, 1997).

Como metodologia, os autores utilizaram uma abordagem sequencial de modelos de programação linear na tentativa de minimizar possíveis variações nos resultados. Dessa forma, estimaram os preços que maximizam a margem bruta da produção total sob condições de mercado no período de 1990 a 1999.

A Tabela 5 mostra os preços estimados para a água na bacia do Vale do rio Jordão. Os cálculos foram baseados em informações fornecidas pelo Ministério da Água e Irrigação da Jordânia e se referem ao abastecimento regular de água e ao seu uso na agricultura irrigada da região.

**Tabela 5** – Valores estimados para a bacia do Vale do rio Jordão.

| Tipo de uso | Valores por m <sup>3</sup> |                       |
|-------------|----------------------------|-----------------------|
|             | Em Dólar                   | Em Reais <sup>5</sup> |
| Agricultura | 0,175                      | 0,3069                |
| Irrigada    | 0,325                      | 0,5699                |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Doppler et al. (2001).

Os resultados indicam que os preços da água até US\$ 0,175 por m<sup>3</sup> podem reduzir os rendimentos dos agricultores, porém, não provocam uma diminuição na produção. Entretanto preços mais elevados do que US\$ 0,325 por m<sup>3</sup> tornariam as alternativas de produção agrícola não lucrativas, desestimulando os agricultores e diminuindo a produção.

<sup>5</sup> Valores convertidos em Reais em 28/08/10, através de dados do BACEN (2010).

O estudo destaca que, nessa região, a demanda da água pela agricultura reage ao aumento de preços de uma maneira rígida e por um longo período de tempo. Isso influencia no planejamento da colheita, uma vez que os produtores levam em consideração a expectativa média dos resultados da safra. Assim, se os formuladores de política considerarem esse risco, verão que um aumento no preço da água, ainda que marginal, pode alterar a estrutura de produção, reduzindo-a e gerando impactos negativos no abastecimento dos mercados e no padrão de vida da população rural (DOPPLER et al., 2001).

#### 4.1.3 Turquia

Dadaser-Celik, Brezonik e Stefan (2007) analisaram a Bacia Develi, localizada no semiárido da Turquia central. As cidades de Kayseri, Develi, Yahyali e Yeşilhisar, são as principais cidades da bacia, tendo nas culturas de cereais, beterraba sacarina e na produção de frutas as mais importantes atividades econômicas da região, seguidas da pecuária e do corte de cana. A água sustenta tanto a agricultura irrigada, como uma zona de pântanos de importância internacional.

A bacia Develi cobre uma área de cerca de 800 km<sup>2</sup> e drena aproximadamente de 3.190 km<sup>2</sup>. Para a análise, os autores aplicaram técnicas da Teoria Fundamentada aos resultados de entrevistas feitas com os agricultores que recebem água dos reservatórios Kovali e Ağcaşar, que juntos formam uma associação de irrigantes responsáveis pela gestão de aproximadamente 35% da área irrigada e 50% dos fluxos de águas superficiais na Bacia Develi desde 1994.

De acordo com Glaser (1993), a Teoria Fundamentada é um método de pesquisa que atua quase que de forma inversa ao da pesquisa tradicional, constituindo-se em uma teoria indutiva, baseada na análise sistemática dos dados. Em vez de se começar a pesquisa e desenvolver uma hipótese, o primeiro passo é a coleta de dados, sendo destacados os principais pontos de uma série de códigos. Esses códigos são agrupados em conceitos semelhantes e formam categorias. A partir daí, formulam-se hipóteses, buscando-se explicar as ações das pessoas, independentemente do tempo e lugar.

A pesquisa mostrou que os agricultores têm buscado implantar sistemas de irrigação mais modernos do que os sistemas de irrigação por inundação antes utilizados. De acordo com o estudo, 68% dos agricultores disseram que gostariam de adotar o sistema de

irrigação por gotejamento e aspersão. A principal razão para esta mudança de atitude é que para os agricultores, o aumento na produtividade agrícola com o uso do sistema de gotejamento chega a 64%. Com isso, os sistemas de gotejamento e de irrigação por aspersão tornaram-se mais populares durante o período de escassez de água. No entanto, o impacto positivo ainda é pequeno na gestão dos recursos hídricos, uma vez que o sistema de gotejamento é utilizado em menos de 10% da bacia.

A falta de manutenção dos canais e o descontrole da irrigação com uso excessivo da água também apresentam riscos para a sustentabilidade da agricultura e do ambiente natural na bacia de Develi. Apesar da atitude positiva de uma parte dos agricultores em relação à implantação de novas tecnologias, a alta exigência de capital foi mencionada, durante as entrevistas, como o principal fator de empecilho aos agricultores para a instalação de novos equipamentos de irrigação. O acesso a informação em conjunto com a aplicação de políticas de financiamento, podem aumentar a conscientização da necessidade do uso racional da água (DADASER-CELIK; BREZONIK; STEFAN, 2007).

#### 4.1.4 China

Yang, Zhang e Zehnder (2003) utilizaram a análise normativa das curvas de demanda da água para estudar o norte da China, especificamente as províncias de Henan, Ningxia e Hebei, localizadas na região da bacia dos rios Haihe, Huanghe e Huaihe, conhecida como a região (HHH). As informações utilizadas na análise foram originadas de uma pesquisa de campo nas províncias de Henan, Ningxia e Hebei em maio e julho de 2001. A pesquisa envolveu observações *in loco* e uma série de entrevistas com autoridades municipais e agricultores das províncias.

O mecanismo de preços é uma prioridade para lidar com o problema de irrigação nos distritos do norte da China, uma vez que a escassez de água vem se tornando um problema nessa região quando se pretende aumentar a produção de alimentos. Cerca da metade das terras cultiváveis na região (HHH) tem sido mantida sob irrigação e mais de 75% da produção vegetal é produzida a partir de culturas de regadio. Nessa região, a agricultura irrigada é praticada por pequenas propriedades rurais de base familiar e normalmente estão fragmentadas em aldeias. Por isso, o governo cobra uma taxa fixa por hectare sobre o tamanho da área irrigada. A taxa é padronizada e, muitas vezes imposta, à propriedade que

usa irrigação, variando com o volume real entre os distritos e as províncias, de acordo com as condições locais. Nenhuma restrição é imposta sobre o volume de água extraído, embora a perfuração de novos poços, em princípio, requer a aprovação das autoridades (YANG; ZHANG; ZEHNDER, 2003).

A Tabela 6 demonstra o quanto é cobrado por hectare nas três províncias mencionadas. De acordo com os dados, a província de Hebei é a que cobra o maior valor, 825 Yuan, cerca de 212,76 Reais por hectare pela utilização da água. A província de Ningxia vem em segundo lugar, cobrando um valor de 350 Yuan por hectare, cerca de 90,26 Reais, seguida pela província de Henan com 330 Yuan por hectare, cerca de 85,11 Reais.

**Tabela 6** – Valores cobrados por hectare na irrigação nas províncias do norte da China.

| Setor     | Província            |          |         |          |         |                       |
|-----------|----------------------|----------|---------|----------|---------|-----------------------|
|           | Henan                |          | Ningxia |          | Hebei   |                       |
| Irrigação | Valor por hectare    |          |         |          |         |                       |
|           | Em Yuan <sup>6</sup> | Em Reais | Em Yuan | Em Reais | Em Yuan | Em Reais <sup>7</sup> |
|           | 330                  | 85,11    | 350     | 90,26    | 825     | 212,76                |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Yang, Zhang e Zehnder (2003).

Segundo Yang, Zhang e Zehnder (2003), a província de Ningxia usa, em média, duas vezes mais água do que a província de Henan, ambas com o mesmo tipo de cultura. Por outro lado a província de Hebei usa um volume de água entre 20% e 30% inferior ao da província de Henan. O trabalho também traz os valores cobrados por m<sup>3</sup> no abastecimento regular de duas das províncias estudadas, conforme pode ser visto na Tabela 7.

**Tabela 7** - Valores cobrados por m<sup>3</sup> no abastecimento nas províncias do norte da China.

| Setor         | Província                |          |         |          |
|---------------|--------------------------|----------|---------|----------|
|               | Henan                    |          | Ningxia |          |
| Abastecimento | Valor por m <sup>3</sup> |          |         |          |
|               | Em Yuan                  | Em Reais | Em Yuan | Em Reais |
|               | 0,08                     | 0,0205   | 0,021   | 0,0053   |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Yang, Zhang e Zehnder (2003).

Dessa forma, os autores estudaram os ganhos e perdas dos diferentes grupos interessados nas taxas cobradas pela irrigação e tentaram responder à 2 questões da região de

<sup>6</sup> Yuan Renmimbi - Moeda oficial da China.

<sup>7</sup> Valores convertidos em Reais em 28/08/10, através de dados do BACEN (2010).

(HHH): a) Os aumentos nos preços cobrados na irrigação podem estimular o uso racional da água?; b) Quais seriam as reformas institucionais necessárias para melhorar a eficiência na irrigação?

Para Yang, Zhang e Zehnder (2003), somente a cobrança de uma taxa na irrigação não é um meio apropriado de incentivo ao uso moderado da água na região, pois uma medida deste tipo proporciona pouco estímulo as autoridades no sentido de reduzir a oferta de água destinada à irrigação e os agricultores não estão motivados a adotar tecnologias que economizam água. Para as autoridades, o principal efeito do aumento dos preços da água é o aumento da receita para aliviar a situação financeira da província e isso os incentiva a emitir mais licenças de captação, o que causa a aceleração do esgotamento dos recursos. Assim, para estes autores, é necessária uma reforma do atual sistema institucional, para que haja uma relação direta entre os preços cobrados pela irrigação e a conservação da água. A definição clara das responsabilidades de ambas as partes, autoridades e agricultores, é fundamental para a geração de forças endógenas de inovação, difusão e adoção de tecnologias que economizem água.

#### 4.1.5 Índia

Usando dados provenientes de uma pesquisa em 120 domicílios pertencentes à microbacia de Kothapally e aldeias da região, Shiferaw, Reddy e Wani (2008) analisaram a região do semiárido do estado de Andhra Pradesh, na Índia, aplicando, como metodologia, o sistema equações econométricas de mínimos quadrados com três estágios (MQ3E). Isso possibilitou levantar informações úteis sobre as condições dos poços de irrigação, das tendências dos investimentos em irrigação, bem como sobre as mudanças nos padrões de cultivo da região.

De acordo com Shiferaw, Reddy e Wani (2008), existe na Índia um amplo esforço no sentido de implementar uma política de gestão integrada e sustentável das bacias hidrográficas, mas, em algumas regiões da Índia, a extração irregular de água em aquíferos subterrâneos, prejudica os esforços em andamento, pois o livre acesso à água e os baixos custos de captação incentivam o esgotamento das águas subterrâneas.

Diferentemente de estudos que utilizam a cobrança por m<sup>3</sup>, Shiferaw, Reddy e Wani (2008) estimaram uma tarifa média a ser cobrada dos agricultores com base no

volume médio de água necessário por hora para irrigar diferentes tipos de cultura e como isso poderia afetar a rentabilidade dos produtores. Analisou-se o efeito da tarifa na receita líquida dos produtores, seu efeito direto nos lucros agrícolas e os efeitos indiretos na redução do uso da irrigação. A Tabela 8 traz os valores cobrados por hora nas aldeias do semiárido indiano.

Os resultados desse estudo mostraram que o valor médio para a água utilizada na irrigação nas aldeias do semiárido é de cerca de 50 Rúpias (Rs) por hora, moeda nacional da Índia e de 1,8695 por hora quando convertido para Reais.

**Tabela 8** - Valor médio da água na irrigação nas aldeias do semiárido indiano.

| Tipo de uso          | Valor médio por hora   |                       | Valor médio por m <sup>3</sup> |          |
|----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------|
|                      | Em Rúpias <sup>8</sup> | Em Reais <sup>9</sup> | Em Rúpias                      | Em Reais |
| Agricultura irrigada | 50                     | 1,8695                | 1,835                          | 0,0686   |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Shiferaw, Reddy e Wani (2008).

Segundo os autores, uma hora de irrigação pode ser equivalente a 12,3 m<sup>3</sup> de água, correspondendo a um preço estimado entre 1,22 e 2,45 Rs por m<sup>3</sup>, com um valor médio de 1,835 Rs, ou de 0,0686 Reais.

Entretanto, a utilização não regulamentada dos recursos hídricos e o esgotamento das águas subterrâneas dessa região podem trazer consequências graves para os agricultores mais pobres, pois seus meios de subsistência terão de depender cada vez mais de regiões afetadas pela seca. Por outro lado, a tarifação pelo uso da água pode ser considerada uma opção adequada de política com vista a atenuar a redução dos aquíferos em regiões semiáridas, onde o cultivo mediante o uso intensivo de água está se expandindo. A melhor opção seria que chegassem as próprias comunidades das bacias hidrográficas a um acordo sobre uma política sustentável e equitativa, gerindo elas, localmente, os próprios recursos arrecadados. Entretanto, o sucesso dessa opção dependerá de estarem as comunidades dispostas a renunciar, em curto prazo, os benefícios da exploração e, também, da capacidade das autoridades para eliminar as políticas que incentivam o consumo exagerado das águas subterrâneas (SHIFERAW; REDDY; WANI, 2008).

<sup>8</sup> Rúpias - Moeda nacional da Índia.

<sup>9</sup> Valores convertidos em Reais em 28/08/10, através de dados do BACEN (2010).

#### 4.1.6 Canadá

Bjornlund, Nicol e Klein (2007) investigaram a bacia do rio Saskatchewan (SSRB) no sul da província de Alberta, Canadá. Esta bacia é formada por 13 distritos e por várias propriedades privadas, que em conjunto usam 75% do volume de água da região. Os distritos que fazem uso da irrigação estão localizados em uma ampla área da porção sul da província, que possui cerca de 560 mil hectares no total.

A província de Alberta se destaca ao desenvolver um plano de gestão de longo prazo dos recursos hídricos, uma vez que, segundo os autores, não há política hídrica nacional no Canadá. Dentro das ações desse plano, está a aprovação da Lei da Água, em 1999, e a Lei de irrigação dos Distritos em 2000, que permitiu o uso limitado de água. Esses distritos são administrados de acordo com essas leis e, com isso, as áreas de irrigação são registradas formalmente e os irrigantes pagam pelo uso da água.

Os produtores não pagam por m<sup>3</sup> pela água, eles pagam uma taxa fixa anual por hectare, que é de 25% dos custos pelos serviços de manutenção e administração de cobertura para o aperfeiçoamento e modernização da infra estrutura da bacia hidrográfica, sendo o restante dos custos pago pelo governo da província. A Tabela 9 demonstra valores cobrados por hectare em alguns distritos da província de Alberta. São cobrados \$ 45 por hectare nos distritos do rio Mary e \$ 18,50 por hectare nos distritos do leste da província.

**Tabela 9** – Valores cobrados por hectares em alguns distritos da província de Alberta.

| Setor     | Cobrança por hectare  |                        |                                 |          |
|-----------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|----------|
|           | Distritos do rio Mary |                        | Distritos do Leste da Província |          |
| Irrigação | Em Dólar Canadense    | Em Reais <sup>10</sup> | Em Dólar Canadense              | Em Reais |
|           |                       | 45                     | 74,98                           | 18,5     |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Bjornlund, Nicol e Klein (2007).

Esses valores dependem da existência ou não de outras fontes de financiamento como campos de golfe, companhias de petróleo, gás ou outras indústrias na área da bacia. Os valores convertidos em Reais são R\$ 74,98 e R\$ 30,82 respectivamente.

Conforme os gestores das províncias, somente a taxa cobrada por ha dos agricultores não é suficiente para melhorar a eficiência do uso da água na irrigação na bacia.

<sup>10</sup> Valores convertidos em Reais em 28/08/10, através de dados do BACEN (2010).

O ganho a mais na eficiência só é possível se forem feitas melhorias nos equipamentos existentes e na aquisição de novos, além de incentivos a diferentes métodos de irrigação. Isso se deve à heterogeneidade dos recursos, condições de produção e de restrições financeiras dos produtores. Assim, o desenvolvimento de instrumentos econômicos baseados na experiência adquirida será um desafio, porque a experiência é limitada e exclusiva para as condições locais.

Os resultados da aplicação de instrumentos econômicos podem ser positivos, mas eles também podem ter implicações inesperadas e indesejáveis, pois algumas iniciativas envolvem grandes custos de *setup* dos equipamentos de irrigação, o que pode dificultar sua implantação (BJORNLUND; NICOL; KLEIN, 2007).

#### 4.1.7 Estados Unidos e México

Entre 1999 e 2002, Gonzalez-Alvarez, Keeler e Mullen (2006) estudaram 141 fazendas do estado da Geórgia, sudeste dos Estados Unidos da América (EUA). Apesar de a Geórgia possuir 6 bacias hidrográficas dentro de suas fronteiras, a localização dessas bacias não ficam situadas próximas aos locais onde as terras agricultáveis possam ser trabalhadas; assim o uso da água bruta utilizada na irrigação é feita majoritariamente através da captação de aquíferos subterrâneos.

Usando o método econométrico de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) aliado à utilização de uma *Proxy* para estimar o custo marginal de captação da água, os autores puderam fazer inferências sobre como os produtores agrícolas responderiam a aumentos no preço da água.

Gonzalez-Alvarez, Keeler e Mullen (2006) verificaram que o custo marginal relacionado ao uso da água é limitado apenas aos custos de captação, de aquisição de novos equipamentos e de desvios de canais. Esses custos são medidos em *acre foot*. Esse termo é uma unidade comum para medir volumes de água nos Estados Unidos, geralmente para uso na irrigação. Um *acre foot* é o volume de água suficiente para cobrir um acre de terra (cerca de 4.840 m<sup>2</sup>). Em média, um *acre foot* de água é suficiente para atender à demanda de quatro pessoas durante um ano. A Tabela 10 mostra quanto o aumento de US\$ 50 no custo de captação, provoca de redução no consumo de água. De acordo com os resultados do estudo e levando-se em consideração a capacidade de pagamento do irrigante, o aumento de 1 Dólar

por *acre foot* no custo de captação de água diminui seu consumo em 0,004 *acre foot*. Isso significa que um aumento de 50 Dólares por *acre foot* no custo de captação pode ser associado a uma diminuição no uso de água em 0,2 *acre foot* (aprox. 1 hectare).

**Tabela 10** – Consumo de água no estado americano da Geórgia.

| Setor     | Cobrança por <i>acre foot</i>                 |                    |                          |                  |
|-----------|---|--------------------|--------------------------|------------------|
|           | Aumento no custo por <i>acre foot</i> em US\$ | Redução no consumo |                          |                  |
| Irrigação | 50  | Em hectare aprox.  | Em m <sup>3</sup> aprox. | Em litros aprox. |
|           |   |                    | 0,968                    | 0,2466           |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Alvarez et al (2006).

Gonzalez-Alvarez, Keeler e Mullen (2006) concluíram que alterar o custo dos agricultores através de uma tarifa sobre a captação da água bruta é uma das opções de política que deve ser considerada como parte de uma política estatal. Os resultados reforçam a posição segundo a qual os agricultores consideram esse custo na tomada de decisões e que, dessa forma, poderiam responder a essa cobrança, usando menos água e investindo em tecnologia de irrigação mais eficiente. Também acreditam que a implantação de uma política de gestão de recursos hídricos pode ajudá-los a usar a água racionalmente, conscientizando-os sobre a importância de conservar a água entre eles.

#### 4.1.8 Estados Unidos

Ward e Michelsen (2002) estudaram a bacia hidrográfica do Rio Grande, conhecida como *Middle Rio Grande Conservancy District* (MRGCD) no Novo México. O Rio Grande possui 1.885 milhas (3.034 km) de comprimento, o quarto maior rio do sistema nos Estados Unidos e faz parte da fronteira entre os Estados Unidos e México. Ele serve como fronteira natural entre o estado americano do Texas e os estados mexicanos de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León e Tamaulipas. Sua nascente se encontra na parte oriental do Rio Grande *National Forest*, no estado americano do Colorado. Este rio é formado pela união de diversos córregos na base de Canby Mountain, a leste da divisa continental.

Os autores analisaram a política do governo formulada para enfrentar a recente seca do Rio Grande, levantando várias questões que devem ser consideradas nas

estimativas do valor econômico da água, dentre as quais destacam-se as seguintes: a) não há um valor econômico único para o uso da água, ou seja, os irrigantes atribuem valores diferentes à água para satisfazer suas necessidades; b) vários fatores econômicos e hidrológicos também afetam o valor da água, por exemplo, o setor que utiliza a água e o tipo de produto fornecido por este; e c) deve-se levar em conta a produtividade da região onde a água é utilizada e o nível de recursos complementares no local, como transporte, armazenamento e custos.

Ward e Michelsen (2002) não chegaram a um preço final por m<sup>3</sup> a ser cobrado, mas argumentam que o benefício econômico da água utilizada na irrigação é medido pela mudança no valor dos produtos agrícolas menos as alterações nos custos de produção associados. Para fins de análise de política econômica, os custos e os benefícios devem ser medidos com base no mesmo critério e no período de tempo, estabelecendo-se denominadores comuns para valorar a água em quantidade e local determinados.

#### 4.1.9 Espanha

Gómez-Limón e Riesgo (2004) aplicaram modelos matemáticos da Teoria da Utilidade Multiatributo (Multiple Attribute Utility Theory - MAUT), para analisar o impacto econômico, social e ambiental de uma política de preços para a água usada na irrigação na bacia do Vale do Douro, na Espanha. A Teoria da Utilidade Multiatributo é uma abordagem sistemática para quantificar as preferências de um indivíduo. Ela é usada para redimensionar um valor numérico em certa medida de interesse em uma escala entre 0 e 1, em que 0 representa a pior preferência e 1, a melhor. Isso permite a comparação direta entre diversas medidas. O estudo foi desenvolvido na comunidade dos irrigantes do Pisuerga Channel, com aproximadamente 10.000 ha.

Segundo os autores, apesar dos irrigantes já pagarem um valor fixo por superfície irrigada em torno de 60,59 Euros por ha, equivalente a um preço de 0,010 Euros por m<sup>3</sup>, a irrigação ainda é responsável por 80% do consumo de água na Espanha.

Para a realização dos cálculos, Gómez-Limón e Riesgo (2004), classificaram os produtores irrigantes dessa bacia em três grupos, descritos como segue:

Grupo 1: agricultores comerciais - (44,1% do total dos agricultores) os quais cultivam principalmente alfafa (36%), beterraba sacarina (20%) e milho (20%); Grupo 2:

agricultores conservadores - (35,3% do total dos agricultores) os quais cultivam cereais de inverno, milho e beterraba; e Grupo 3: agricultores moderados - (20,6% do total dos agricultores) os quais cultivam principalmente cereais de inverno e alfafa. A quantidade de água consumida varia de grupo para grupo. Assim, considerando-se um preço igual a zero, o consumo corresponde a: 8105 m<sup>3</sup> por ha, para o grupo 1; 5360 m<sup>3</sup> por ha, para o grupo 2 e 4600 m<sup>3</sup> por ha, para o grupo 3.

A Tabela 11 traz esses resultados levando-se em consideração cada grupo de agricultores na área de estudo. O trabalho fez simulações com preços entre 0,02, 0,04 e 0,06 Euros por m<sup>3</sup> a serem implantados. O resultado fornece um cenário possível de redução no consumo de água na irrigação por hectare em m<sup>3</sup>.

**Tabela 11** - Redução no consumo de água em (m<sup>3</sup>/ha).

| Grupos | Consumo corrente em ha | Preço subsidiado       |                        | Preço médio |          | Preço CIR* |          |
|--------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|----------|------------|----------|
|        |                        | Em Euros <sup>11</sup> | Em Reais <sup>12</sup> | Em Euros    | Em Reais | Em Euros   | Em Reais |
|        |                        | 0,02                   | 0,044                  | 0,04        | 0,089    | 0,06       | 0,134    |
|        |                        | Redução no consumo     |                        |             |          |            |          |
|        |                        | Absoluta               | Relativa               | Absoluta    | Relativa | Absoluta   | Relativa |
| 1      | 8,105                  | 1,192                  | 14,7%                  | 1,896       | 23,4%    | 3,504      | 43,2%    |
| 2      | 5,360                  | 2,794                  | 54,1%                  | 3,752       | 70,0%    | 3,965      | 74,0%    |
| 3      | 3,659                  | 1,176                  | 25,2%                  | 2,227       | 47,8%    | 3,082      | 66,2%    |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Gómez-Limón e Riesgo (2004).

\* Custo integral de recuperação.

Os autores concluíram que os impactos da tarifação da água demonstram claramente que os agricultores possuem diferentes padrões de comportamento relacionados a este recurso natural. De modo geral, uma tarifa sobre a água utilizada na irrigação teria, como impacto econômico, uma redução significativa no rendimento dos agricultores. Essas perdas têm duas causas. Em primeiro lugar, o pagamento de tarifas de água para o Estado e, em segundo, a retirada de culturas com maiores demandas de água (milho, açúcar beterraba ou de alfafa), que normalmente geram maiores lucros. Outro efeito seria relacionado à questão ambiental, em que haveria a redução do consumo de fertilizantes nitrogenados, devido à relação entre os planos de safra e a demanda de fertilizantes.

Um aumento no preço da água, além de reduzir o consumo de água, levaria a uma diminuição do número de empregos diretos, gerados pelo setor agrícola e a uma diminuição da rentabilidade da agricultura irrigada, o que caracterizaria um impacto social.

<sup>11</sup> Moeda oficial de 16 dos 27 países da União Européia.

<sup>12</sup> Valores convertidos em Reais em 28/08/10, através de dados do BACEN (2010).

Isso pode gerar, a médio prazo, insustentabilidade econômica, levando à retirada de uma grande percentagem de agricultores da agricultura (GÓMEZ-LIMÓN; RIESGO, 2004).

A Tabela 12 demonstra os aspectos positivos e negativos da cobrança pelo uso da água bruta dos países analisados nesta seção.

**Tabela 12** – Comparação entre os pontos positivos e negativos da cobrança pelo uso da água bruta nos países analisados.

| País           | Região/Estado                | Tipo de usuário | Pontos positivos  | Pontos negativos   | Preço médio cobrado por /m <sup>3</sup> |
|----------------|------------------------------|-----------------|---|--|---|
| África do Sul  | Província de Zeerust         | Irrigante       | Diminuição do desperdício no uso da água de cerca de 20%.           | Dificuldade em manter a rentabilidade dos agricultores mais pobres.                                | 0,032                                   |
| Jordânia       | Vale Fértil                  | Irrigante       | Otimização nos padrões de cultivo e na distribuição da água.        | Desestímulo aos agricultores e diminuição da produção.   | 0,438                                   |
| China          | Províncias de Henan, Ningxia | Irrigante       | Melhora na situação financeira das províncias                       | Aumento na emissão de licenças e da captação, acelerando o esgotamento dos recursos hídricos       | 0,0127                                  |
| Índia          | Semiárido indiano            | Irrigante       | Freio na redução dos aquíferos das regiões semiáridas               | Efeitos negativos sobre a renda de curto prazo dos agricultores mais pobres.                       | 0,068                                   |
| Canadá         | Alberta                      | Irrigante       | Aporte para a execução de programas de gestão dos recursos hídricos | Dificuldade de implantação devido aos grandes custos de <i>setup</i> dos equipamentos de irrigação | —                                       |
| Estados Unidos | Geórgia                      | Irrigante       | Uso de menos água e investimento em tecnologia de irrigação.        | Falta de informações sobre o impacto na produção e na utilização de outros insumos.                | 0,246                                   |
| Espanha        | Bacia do Vale do Douro       | Irrigante       | Redução do consumo de água.   | Diminuição do número de empregos diretos, e diminuição da rentabilidade da agricultura irrigada    | 0,089                                   |

Fonte: Dados da Pesquisa (setembro, 2010).

Entre os pontos negativos, destaca-se a dificuldade de curto prazo em não prejudicar os pequenos produtores irrigantes, inviabilizando suas atividades devido à diminuição de sua rentabilidade. A queda do número de empregos diretos e o alto volume de recursos necessários para modernizar os sistemas de irrigação, constituem outro entrave no processo de implantação da cobrança.

A seção 4.2 é apresentada a experiência do Brasil na cobrança pela água bruta. São discutidos estudos realizados em bacias hidrográficas de diversos estados brasileiros, onde o mecanismo de cobrança já existe, ou está em vias de implantação.

#### 4.2 EXPERIÊNCIA DA COBRANÇA PELA ÁGUA BRUTA NO BRASIL

O Brasil vem trabalhando no avanço da legislação e de políticas que buscam paulatinamente consolidar uma forma de valorização de seus recursos hídricos. Com o Decreto 24.643 em 10 de julho de 1934, que aprovou o Código de Águas brasileiro, iniciou-se um trabalho de mudança nos conceitos relativos ao uso e à propriedade da água.

No transcorrer das mudanças econômicas e sociais, que se deram no Brasil e no mundo, criou-se espaço para o estabelecimento de uma Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) através da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, republicada em 22 de março de 2002 juntamente com o texto da Lei federal nº 9.984 de 17 de julho de 2000, que cria a Agência Nacional de Águas - (ANA) e trata do PNRH.

O Código de Águas brasileiro, criado com a finalidade de estabelecer o regime jurídico das águas no Brasil, dispõe sobre a classificação e utilização do uso da água, fixando as respectivas limitações administrativas de interesse público e possibilitando alterações e a criação de novas normas legais.

A seguir, na Tabela 13 são relacionados os estados brasileiros e as suas respectivas legislações acerca da cobrança pelo uso da água. Entretanto, neste trabalho, são analisadas as experiências dos seguintes estados: Ceará, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Bahia, Paraíba, Pernambuco e Rio de Janeiro.

**Tabela 13** – Estados brasileiros e suas respectivas leis.

| Unidade Federativa  | Lei    | Data       |
|---------------------|--------|------------|
| Alagoas             | 5.965  | 11/11/1997 |
| Acre                | 1.500  | 15/07/2003 |
| Amazonas            | 2.712  | 28/12/2001 |
| Amapá               | 686    | 07/06/2002 |
| Bahia               | 6.855  | 12/05/1995 |
| Ceará               | 11.996 | 24/07/1992 |
| Distrito Federal    | 2.725  | 13/06/2001 |
| Espírito Santo      | 5.818  | 30/12/1998 |
| Goiás               | 13.123 | 16/07/1997 |
| Maranhão            | 8.149  | 15/06/2004 |
| Mato Grosso         | 6.945  | 05/11/1997 |
| Mato Grosso do Sul  | 2.406  | 29/01/2002 |
| Minas Gerais        | 13.199 | 29/01/1999 |
| Pará                | 6.381  | 25/07/2001 |
| Paraíba             | 6.308  | 02/07/1996 |
| Paraná              | 12.726 | 26/11/1999 |
| Pernambuco          | 11.426 | 17/01/1997 |
| Piauí               | 5.165  | 17/08/2000 |
| Rio de Janeiro      | 3.239  | 02/08/1999 |
| Rio Grande do Norte | 6.908  | 01/07/1996 |
| Rio Grande do Sul   | 10.350 | 30/12/1994 |
| Rondônia            | 255    | 25/01/2002 |
| Santa Catarina      | 9.748  | 30/11/1994 |
| São Paulo           | 7.663  | 30/12/1991 |
| Sergipe             | 3.870  | 25/09/1997 |
| Tocantins           | 1.307  | 22/03/2002 |

**Fonte:** ANA (2010).

A Lei 9433/97 define a cobrança como um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e a Lei 9984/2000 cria a Agência Nacional de Águas – ANA, atribuindo a essa Agência, a competência para implementar em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União. Na esfera estadual, os 24 Estados e o Distrito Federal já aprovaram suas Leis sobre Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Todas as leis já aprovadas incluíram a cobrança pelo uso dos recursos hídricos como instrumento de gestão.

A política de recursos hídricos do estado do Paraná foi elaborada de acordo com os parâmetros constituídos pela legislação federal. A Tabela 14 traz as principais leis, decretos e portarias que compõem o conjunto legal norteador da Política de Recursos Hídricos da União e do estado do Paraná.

**Tabela 14** – Aparato legal dos Recursos Hídricos no Brasil: Leis, Decretos e Portarias.

| União<br>Estado  | Leis, Decretos e Portarias   |
|------------------|--|
| União<br>Federal | <p><b>Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.</b> Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989.</p> <p><b>Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.</b> Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003. Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH.</p>   |
| Paraná           | <p><b>Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999.</b> Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.</p> <p><b>Decreto N.º 2.315, publicado no Diário Oficial do Estado de 18 de julho de 2000.</b> Estabelece normas e critérios para a instituição de comitês de bacia hidrográfica (PARANÁ, 2000a).</p> <p><b>Decreto n.º 2.314, publicado no Diário Oficial do Estado de 18 de julho de 2000.</b> Dispõe sobre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (PARANÁ, 2000b).</p> <p><b>Decreto n.º 2.317, de 15 de julho de 2000.</b> Regulamenta a competências da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos como órgão executivo gestor e coordenador central do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SEGRH/PR, e adota outras providências (PARANÁ, 2000c).</p> <p><b>Decreto nº 4.647, de 31 de agosto de 2001.</b> Regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FRHI/PR (PARANÁ, 2001a).</p> <p><b>Decreto nº 4.646, de 31 de agosto de 2001.</b> Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos (PARANÁ, 2001b).</p> <p><b>Decreto n º 5.361, de 26 de fevereiro de 2002.</b> Regulamenta a Cobrança pelo Direito de Uso de Recursos Hídricos. Curitiba: Assembléia Legislativa do Estado do Paraná.</p> <p><b>Lei 16.242 - 13 de Outubro de 2009.</b> Cria o Instituto das Águas do Paraná, conforme especifica e adota outras providências.</p> |

**Fonte:** Ana, 2005, apud Pizaia, Ridão e Sanches (2009).

O estabelecimento da cobrança pelo uso da água no Brasil é particularmente complexo devido às peculiaridades jurídicas referentes aos recursos hídricos, especialmente tendo em vista que há águas de domínio da União e águas de domínio dos estados. Entretanto, o estado do Ceará transformou-se, desde 1996, no primeiro estado da federação a adotar um sistema de cobrança pelo uso da água (PIZAIA, 2004).

#### 4.2.1 Bacia do Rio Jaguaribe (Ceará)

Campos (2008) pesquisou a bacia do rio Jaguaribe, composta pelos perímetros públicos de Morada Nova, Campos, Icó/Lima e Jaguaribe/Apodi. A região é de aproximadamente de 72.043 km<sup>2</sup>, englobando no total 56 municípios, o que representa 48%

da área do estado do Ceará. O rio Jaguaribe especificamente percorre cerca de 610 km desde as suas nascentes até a sua foz.

O estudo analisou a capacidade de pagamento dos usuários de água bruta da bacia, utilizando o denominado “método residual” que, de acordo com Agüero (1996), permite determinar o valor do recurso hídrico por meio de análise e desagregação de orçamentos das unidades produtivas. Levaram-se em consideração as seguintes características: a) a bacia de forma integral; b) cada perímetro situado dentro dela; c) a lavoura/pecuária, listada como atividade principal; d) a tentativa de auxiliar a atuação do estado quanto uma a uma proposta de matriz tarifária pela água bruta para a mencionada bacia.

Este método consiste em subtrair da receita bruta total, alcançada pela empresa, os insumos de produção empregados nessas atividades. Excetua-se, porém, a água, pois, sendo esta o objeto do estudo, não é inclusa sua remuneração. Indo-se nesta direção, depara-se com um resíduo que significa a capacidade de reserva que o produtor faz, tratando a água como insumo de produção. Considera-se que todas as receitas e custos derivam especificamente das atividades que utilizam a água, como insumo básico, para a prática da irrigação. A receita bruta é o valor total da empresa, no caso propriedade, durante um determinado período contábil, usualmente um ano (CAMPOS, 2008).

De acordo com o método residual, tem-se a equação 1.

$$CPT = RBT - CT \quad (1)$$

Onde: *CPT* - capacidade de pagamento total pelo fator água; *RBT* - receita bruta total das atividades que usam a água como fator de produção (no caso, culturas irrigadas); *CT* - custo total, exceto o custo do fator água. Calcula-se a capacidade de pagamento unitária, isto é, por unidade do fator água, de acordo com a equação 2:

$$CPU = \frac{CPT}{V} \quad (2)$$

Onde: *CPU* - capacidade de pagamento unitária, em (R\$/1000m<sup>3</sup>); *CPT* - capacidade de pagamento total pelo fator água, em Reais; *V* - quantidade de água consumida (em 1000m<sup>3</sup>) durante o período contábil.

A quantidade de água consumida durante o período do estudo foi levantada junto à COGERH, ponderando-se o tipo de cultura, o período anual de irrigação, a localização e a extensão cultivada e o tipo de irrigação aplicado para cada cultura. A Tabela 15 mostra o resultado das estimativas de capacidade de pagamento dos irrigantes (CAMPOS, 2008).

Segundo Campos (2008), a capacidade de pagamento total dos produtores agrícolas beneficiados pela irrigação nos perímetros públicos da bacia foi de R\$ 0,04657/m<sup>3</sup>. A melhor disposição ao pagamento é do subgrupo de irrigantes fruticultores, o qual se dispõe a pagar R\$ 0,10367/m<sup>3</sup>, o que excede em quase três vezes ao que pagam os subgrupos de grãos/pecuária (R\$ 0,0345/m<sup>3</sup> e de grãos R\$ 0,03747m<sup>3</sup>).

**Tabela 15** – Capacidade de pagamento pelo uso da água bruta por m<sup>3</sup> dos irrigantes da bacia do rio Jaguaribe.

| Agricultura irrigada | Tipos de irrigantes         |               |                  |         |
|----------------------|-----------------------------|---------------|------------------|---------|
|                      | Perímetro público*          | Fruticultores | Grãos e pecuária | Grãos   |
|                      | Valor em R\$/m <sup>3</sup> |               |                  |         |
|                      | 0,04657                     | 0,10367       | 0,0345           | 0,03747 |

**Fonte:** Elaboração a partir de Campos (2008).

\* Engloba os perímetros dos municípios de Morada Nova, Icó-Lima Campos e Jaguaribe-Apodi (DIJA).

Comparativamente, a capacidade dos irrigantes públicos de Icó-Lima e Campos para pagar pelo uso da água é menor do que os outros perímetros. O perímetro Jaguaribe-Apodi (DIJA) é o que possui a maior capacidade de pagamento e as melhores condições de infra-estrutura em relação aos demais.

A disposição dos irrigantes públicos ao pagamento é positiva, restando o confronto sob a forma desagregada por subgrupo de usuários. De qualquer forma, a desagregação indica que os irrigantes do subgrupo fruticultores possuem capacidade de pagamento quase três vezes maior que a dos demais (CAMPOS, 2008).

#### 4.2.2 Bacia do Ribeirão Marins (São Paulo)

Faganello (2007), utilizando-se de roteiros de entrevista semiestruturada e de princípios do direito ambiental Poluidor-Pagador e Usuário-Pagador, fizeram uma estimativa qualitativa em 11 propriedades rurais da microbacia do Ribeirão dos Marins,

afluente do rio Piracicaba. Segundo o autor, a pesquisa buscou consolidar o instrumento de cobrança pelo uso dos recursos hídricos na agricultura irrigada, com o intuito de estimular os irrigantes a fazer uso sustentável dos recursos hídricos. A bacia com área aproximadamente 59,73km<sup>2</sup> está localizada no município de Piracicaba, estado de São Paulo, estando 14,5% deste total inseridos na zona urbana.

O valor da tarifa a ser cobrada por m<sup>3</sup> será determinada pelos comitês de bacia. De acordo com a Lei 7663/91, esses comitês são órgãos colegiados deliberativos, formados por representantes do governo estadual, municipal e membros de entidades e organizações da sociedade civil, responsáveis por definir ações e obras de manutenção e recuperação dos recursos hídricos em cada bacia (FAGANELLO, 2007).

Segundo o estudo, o limite máximo estabelecido para a cobrança é de 0,001078 Unidades Fiscais do estado de São Paulo (UFESP). A princípio, a cobrança é dirigida para os setores de consumo urbano e indústria e ficando isentos os demais, que passariam a pagar a partir de 2010. A Tabela 16 traz o valor máximo a ser cobrado no ano de 2006 e um valor estimado para o ano de 2010, lembrando-se que o valor da UFESP em 2006 foi de R\$ 13,93 e em 2010 é de 16,42 por m<sup>3</sup>.

**Tabela 16** – Valores a serem cobrados por m<sup>3</sup> pelo uso da água bruta<sup>13</sup> na bacia do Ribeirão dos Marins em 2006 e 2010.

| Setor                | Ano                |       | Ano                |            |
|----------------------|--------------------|-------|--------------------|------------|
|                      | 2006               |       | 2010*              |            |
|                      | Unidade            | Valor | Unidade            | Valor      |
| Consumidores urbanos | R\$/m <sup>3</sup> | 0,015 | R\$/m <sup>3</sup> | R\$ 0,0177 |
| Indústrias           | R\$/m <sup>3</sup> | 0,015 | R\$/m <sup>3</sup> | R\$ 0,0177 |

Fonte: Faganello (2007) \* Valor estimado

Faganello (2007) concluiu que a implantação da cobrança pelo uso da água bruta sofre resistência por parte dos produtores, pois estes temem que a implantação da cobrança seja uma forma de oficializar uma punição autoritária por parte do Estado, transformando-se em uma taxa a mais a onerar suas atividades agrícolas. Verificou-se também que na microbacia, além da crescente degradação ambiental, os produtores rurais não possuem acesso a tecnologias eficientes de uso e de conservação do solo e da água e isso faz com que eles utilizem, de forma precária e não-sustentável, os recursos hídricos locais. Ainda

<sup>13</sup> Valor a ser cobrado por captação e extração de água.

segundo o autor, existe a necessidade de esclarecer a proposta de cobrança pelo uso da água bruta e de difundir a idéia em uma linguagem simplificada e adaptada à realidade dos mesmos.

#### 4.2.3 Bacia do Rio Paraíba do Sul (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro)

Gama, Barcellos e Carvalho (2009) realizaram um levantamento da cobrança praticada desde 2003, na bacia do Paraíba do Sul, localizada na região sudeste do Brasil. A bacia abrange os estados de São Paulo (39 municípios), Minas Gerais (88) e Rio de Janeiro (53). Em toda essa extensão, 36 dos 180 municípios estão parcialmente inseridos na bacia. Para conhecer o preço cobrado, os autores utilizaram as informações fornecidas ao IBGE pelos administradores ambientais dos municípios que formam a respectiva bacia

A partir de setembro de 2006, o CEIVAP aprovou novos mecanismos e valores de cobrança que entraram em vigor a partir de 01 de janeiro de 2007. Esses valores obedecerão a uma progressividade aprovada pelo CEIVAP, sendo cobrados 88% desses valores em 2007, 94%, em 2008 e, em 2009, o valor integral. A Tabela 17 apresenta os novos valores de cobrança para o ano de 2010.

De acordo com os usos revelados e consolidados, a cobrança aplica-se à captação, ao consumo e ao lançamento em corpos d'água de carga orgânica – demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Também são considerados os mecanismos previstos nas deliberações do Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP). O valor total cobrado somando a captação e consumo de água bruta, mais o lançamento de carga orgânica, é de 0,10 R\$ por m<sup>3</sup>.

**Tabela 17** – Valores cobrados por m<sup>3</sup> pelo uso da água bruta na bacia do Paraíba do Sul em 2010.

| Tipo de uso  | Unidade            | Valor em R\$/m <sup>3</sup> |
|--|--------------------|-----------------------------|
| Captação de água bruta                             | R\$/m <sup>3</sup> | 0,01                        |
| Consumo de água bruta                              | R\$/m <sup>3</sup> | 0,02                        |
| Lançamento de carga orgânica – DBO <sub>5,20</sub> | R\$/kg             | 0,07                        |
| Total do valor cobrado R\$/kg                      |                    | 0,10                        |

**Fonte:** Gama, Barcellos e Carvalho (2009).

O estudo enfatiza que a estrutura de cobrança ainda não conseguiu atingir o nível ótimo de financiamento, nem de estímulo para que se possa abrandar a demanda pelo recurso, como também o despejo de carga poluidora, sendo estes dois os principais pontos a serem atingidos pelo mecanismo econômico da cobrança. Dessa forma, permanece a necessidade de realizar alguns ajustes para permitir o mapeamento dos problemas existentes na origem, tais como: i) a formação de um sistema de registro de usuários mais eficiente e ii) a criação de novos mecanismos para os usuários realizarem parte dos pagamentos provenientes da cobrança. (GAMA; BARCELLOS; CARVALHO, 2009).

#### 4.2.4 Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (São Paulo e Minas Gerais)

O relatório da Agência Nacional de Águas (ANA) (2008) apontou o resultado da cobrança pelo uso de recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, conhecida com bacias (PCJ).

As bacias PCJ abrangem uma área de 15.304 km<sup>2</sup>, sendo 92,6% de sua extensão localizada no estado de São Paulo e 7,4%, no estado de Minas Gerais. Situa-se entre os meridianos 46° e 49° oeste e latitudes 22° e 23,5° sul, apresentando extensão aproximada de 300 km no sentido leste-oeste e 100 km no sentido norte-sul.

No estado de São Paulo, as bacias PCJ estendem-se por 14.178 km<sup>2</sup>, sendo 11.443 km<sup>2</sup> pertencentes à bacia do rio Piracicaba, 1.621 km<sup>2</sup>, à do rio Capivari e 1.114 km<sup>2</sup>, à do rio Jundiaí. O estado de Minas Gerais engloba as parcelas das bacias dos rios Jaguari e Atibaia, formadores do rio Piracicaba. A Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos nas Bacias PCJ foi iniciada integralmente em 2008, com 104 usuários em rios de domínio da União.

De acordo com a ANA (2008), a metodologia usada para calcular o valor da tarifa (Preço Básico Unitário) para todos os estados, pode ser visualizada na equação 3:

$$Valor_{Total} = (Valor_{cap} + Valor_{cons} + Valor_{DBO} + Valor_{PCH} + Valor_{Rural} + Valor_{TRans}) \cdot K \quad (3)$$

Onde:  $Valor_{Total}$  - pagamento anual pelo uso da água, referente a todas as demandas do usuário;  $Valor_{cap}$ ,  $Valor_{cons}$ ,  $Valor_{DBO}$ ,  $Valor_{PCH}$ ,  $Valor_{Rural}$  e  $Valor_{TRans}$  - pagamentos anuais pelo uso da água, referentes a cada uso de recursos hídricos pelo usuário. Consideram-se os seguintes aspectos: I - volume anual de água captada do corpo hídrico, exceto para

transposição, indicado; por  $Q_{cap}$ ; II - volume anual de água captada e transposta para outras bacias, indicado por  $Q_{trans}$ ; III - volume anual lançado no corpo hídrico, indicado por  $Q_{lanç}$ ; IV - volume anual de água consumida (diferença entre o volume captado e o lançado) no corpo hídrico, indicado por  $Q_{cons}$ ; V - carga orgânica lançada no corpo hídrico, indicada por  $CO_{DBO}$ . A captação, o consumo e o lançamento fazem parte da base de cálculo para quantificar o uso da água. O volume anual de água captada é medida pela equação 4.

$$Valor_{cap} = (Q_{cap} \cdot PUB_{cap} \cdot K_{capclasse}) \quad (4)$$

Para o cálculo da captação, leva-se em consideração a vazão outorgada e a vazão prevista pelo usuário. O que diferencia a vazão outorgada da vazão prevista é que na prevista, há espaço para comportar eventuais incertezas em sua previsão de demanda por parte do usuário. A diferenciação nos valores de cobrança é estabelecida pela introdução dos coeficientes  $K_{out}$  e  $K_{med}$  como é descrito na equação 5:

$$Valor_{cap} = (K_{out} \cdot Q_{capout} + K_{med} \cdot Q_{capmed}) \cdot PUB_{cap} \cdot K_{capclasse} \quad (5)$$

Onde:  $Valor_{cap}$  - pagamento anual pela captação de água;  $K_{out}$  - peso atribuído ao volume anual de captação outorgado;  $K_{med}$  - peso atribuído ao volume anual de captação medido;  $Q_{capout}$  - volume anual de água captado, segundo valores da outorga;  $Q_{capmed}$  volume anual de água medido e/ou previsto pelo usuário;  $PUB_{cap}$  - preço unitário básico para captação superficial;  $K_{capclasse}$  - coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d'água no qual se faz a captação. Os valores de  $K_{out}$  e  $K_{med}$  são definidos visando-se desestimular a criação de reservas de água. O consumo é a quantia captada de água, que não retorna ao corpo hídrico, assim, é a subtração do volume anual de água captado pelo volume anual de água despejado no corpo hídrico, equação 6.

$$Valor_{cons} = (Q_{capT} - Q_{lançT}) \cdot PUB_{cap} \cdot \left( \frac{Q_{cap}}{Q_{capT}} \right) \quad (6)$$

Onde:  $Valor_{cons}$  - pagamento anual pelo consumo de água;  $Q_{cap}$  - volume anual de água captado que será igual ao  $Q_{capmed}$  ou ao  $Q_{capout}$  - se não existir medição;  $Q_{capT}$  - volume anual de água captado total igual ao  $Q_{capmed}$  ou ao  $Q_{capout}$  se não houver medição, em

corpos d'água de domínio da União e dos estados, mais aqueles captados diretamente em redes de concessionárias dos sistemas de distribuição de água;  $Q_{lançT}$  - volume anual total de água lançado, em corpos d'água de domínio estadual, federal ou redes públicas de coleta de esgotos;  $PUB_{cons}$  - preço unitário básico para o consumo de água. O termo  $(Q_{cap}/Q_{capT})$  tem como objetivo relacionar o volume anual de água captado em corpos d'água de domínio da União e o volume anual total de água captado, admitindo-se a ponderação da cobrança pelo consumo entre a União e os estados, visto que muitos usuários possuem captações em corpos d'água de diferentes localidades, devendo o consumo ser calculado unificadamente para toda iniciativa de captação.

Já para os usuários da irrigação, foi empregada uma equação específica para o cálculo do volume de consumo, com base no fato de que, para esse setor, o cálculo do balanço hídrico fica desequilibrado pela falta de lançamentos pontuais nos corpos d'água. Isso porque o retorno da água ao corpo hídrico é de difícil mensuração e, quando ocorre, é por infiltração de forma difusa (ANA, 2008).

O estabelecimento da cobrança pelo consumo de água foi feito de acordo com a equação 7:

$$Valor_{cons} = Q_{cap} \cdot PUB_{cons} \cdot \left( \frac{Q_{cap}}{Q_{capT}} \right) \quad (7)$$

Dessa forma, o valor da cobrança pela captação e pelo consumo de água para os usuários do setor rural será realizado em conformidade com a equação 8, sendo  $K_T$ , o coeficiente que leva em consideração as boas práticas no uso e conservação da água no imóvel rural onde se faz uso desse recurso.

$$Valor_{rural} = (Valor_{cap} + Valor_{cons}) \cdot K_T \quad (8)$$

A Tabela 18 apresenta o resultado da manipulação dessas equações.

**Tabela 18** – Preços Unitários Básicos – PUBs para a cobrança por m<sup>3</sup> pelo uso da água bruta em corpos de água de domínio da União, nas Bacias PCJ em 2008.

|             | Tipo de uso                            | PUB                 | Unidade            | PUBs – R\$/m <sup>3</sup> |
|-------------|--|---------------------|--------------------|---------------------------|
| Setor rural | <b>Captação de água bruta</b>          | PUP <sub>cap</sub>  | R\$/m <sup>3</sup> | 0,01                      |
|             | <b>Consumo de água bruta</b>           | PUB <sub>cons</sub> | R\$/m <sup>3</sup> | 0,02                      |
|             | Total da cobrança = Captação + Consumo |                     |                    | 0,03                      |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados da ANA (2008).

Constatou-se que 30% dos usuários em rios de domínio da União são responsáveis por 98% do total da arrecadação nas bacias PCJ. Considerando-se o número de empreendimentos, prevalece o uso de recursos hídricos no setor industrial (56 empreendimentos), seguido pelo de saneamento (26 empreendimentos) e pela irrigação (11). Em relação ao volume de água utilizado, invertem-se as posições, pois o setor de saneamento é o que faz a maior captação (85%) e o maior lançamento de DBO (85%). Em 2007, 35 usuários das bacias PCJ realizaram retificações em seus cadastros no CNARH, alterando volumes de usos que culminaram em ajustes de uso. Destaca-se que, para o exercício 2008, não houve ajuste de uso devido à retificação de uso realizada ao longo do exercício 2007; tais alterações serão consideradas somente para o cálculo da cobrança, no ano de 2008 (ANA, 2008).

#### 4.2.5 Bacia do Rio Paraíba (Paraíba)

Campos, Guedes e Ribeiro (2007) avaliaram o conhecimento e a aceitabilidade da população da cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, referentes à cobrança pelo uso da água bruta na bacia do rio Paraíba, segunda maior do estado da Paraíba. A bacia abrange 38% do território do estado, com uma área de 20.071,83 km<sup>2</sup> e é considerada uma das mais importantes do semiárido nordestino, composta pela sub-bacia do rio Taperoá e regiões do alto curso do rio Paraíba, médio curso do rio Paraíba e baixo curso do rio Paraíba. Os autores utilizaram como metodologia, a aplicação de um questionário aleatório a 132 indivíduos da cidade de Campina Grande, localizada no Médio Curso do rio Paraíba. Também foi distribuído material destinado a prestar aos entrevistados informações a respeito da cobrança pelo uso da água bruta na respectiva bacia.

O resultado da pesquisa indicou o desconhecimento por parte de 76,52% da população da cidade, a respeito do instrumento de cobrança pelo uso da água bruta. Apesar disso, 65,91% da população entrevistada é adepta à sua aplicação com a finalidade de investimento em obras na região e como forma de induzir ao uso racional. Entre esses, os indivíduos do sexo masculino são responsáveis por 56,32% desse total. Dos indivíduos com nível superior incompleto ou que possuem instrução superior, 41,38% dos indivíduos concordam com a cobrança. Por nível de renda familiar, os que ganham de 03 até menos de 05 salários mínimos, 27,59% são favoráveis.

A Tabela 19 traz o resultado do estudo sobre a disposição dos entrevistados a aceitar o pagamento pelo uso da água bruta. De acordo com os dados, 34,48% dos indivíduos se dispõe a pagar, mas não sabem dizer o quanto, em termos percentuais, eles pagariam. Já 24,59% estariam dispostos a pagar 1% do valor de sua conta de água e esgoto, ou seja, se um indivíduo paga R\$ 30,00 por mês de água e esgoto, ele estaria disposto a incorporar em sua conta um valor de R\$ 0,30 centavos. Do mesmo modo, 17,4% dos indivíduos aceitariam incorporar em sua cota de água e esgoto, 5% do valor pago por ela. Por outro lado, 17,24% pagariam somente o suficiente para a realização de obras na bacia.

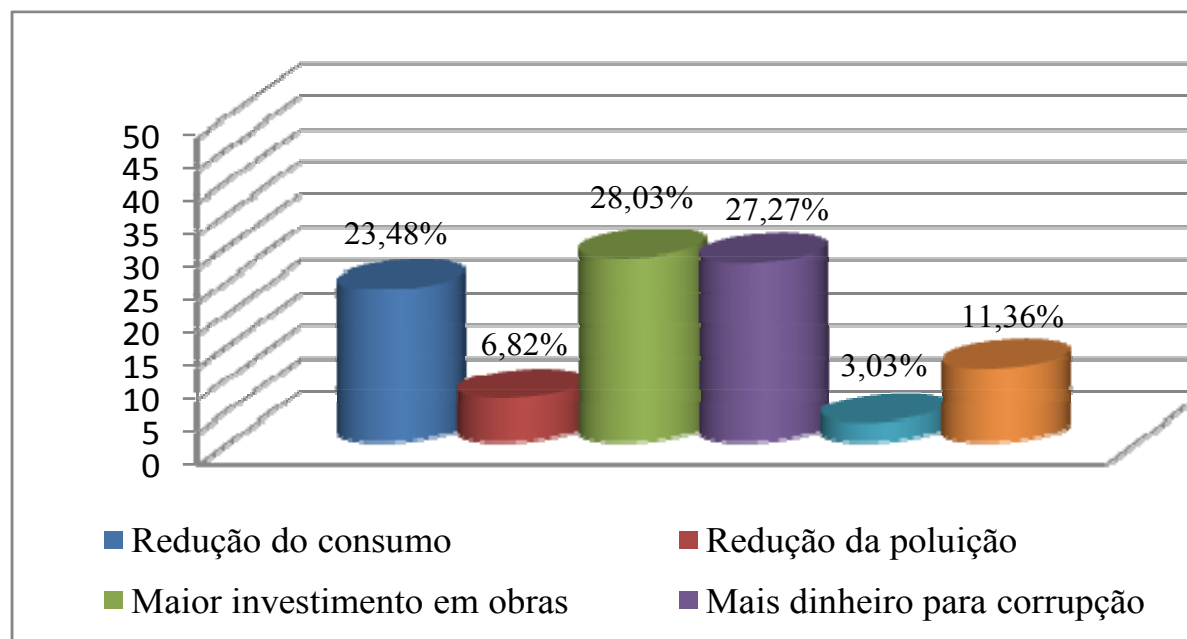
**Tabela 19** – Porcentagem dos entrevistados dispostos a pagar pelo uso da água bruta.

| <b>Valor disposto em pagar pelo uso da água bruta</b>            | <b>% da população entrevistada que é favorável a cobrança</b> |
|--|---|
| 1% do que pago em minha conta de água e esgoto                   | 24,59   |
| 2% do que pago em minha conta de água e esgoto                   | 3,45  |
| 5% do que pago em minha conta de água e esgoto                   | 17,24   |
| 10% do que pago em minha conta de água e esgoto                  | 0,00  |
| O suficiente para construir as obras definidas no plano da bacia | 17,24   |
| Estou disposto a pagar, mas não sei quanto                       | 34,48   |

**Fonte:** Campos, Guedes e Ribeiro (2007).

A Figura 4 expõe a opinião dos entrevistados com relação ao destino que o dinheiro arrecadado teria, caso existisse a cobrança na bacia do rio Paraíba. Segundo os dados, 28,03% da população acreditam que haverá uma expansão no investimento em obras na bacia hidrográfica, em consequência da cobrança, seguido de 27,27% que acham que o dinheiro seria mais uma fonte para a corrupção e 23,48% que acreditam que haveria redução do consumo (CAMPOS; GUEDES; RIBEIRO, 2007).

**Figura 4** – Opinião dos entrevistados com relação ao destino do dinheiro oriundo da possível cobrança na bacia do rio Paraíba



**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Campos, Guedes e Ribeiro (2007).

Grande parte dos entrevistados não distinguia o valor dessa cobrança com o valor pago pelo abastecimento de água e tratamento de esgotos efetuados pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

#### 4.2.6 Bacia Rio Santa Maria (Rio Grande do Sul)

A bacia do rio Santa Maria foi objeto de estudo de Forgiarini (2006). Situada na fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul, a bacia do rio Santa Maria possui uma área com cerca de 15.754 km<sup>2</sup>, e engloba seis municípios: Dom Pedrito, Lavras do Sul, Rosário do Sul, Cacequi, São Gabriel e Santana do Livramento, que totalizam uma população de aproximadamente 200.000 habitantes, cuja atividade econômica principal é o cultivo do arroz. O setor agrícola é o maior usuário de água da bacia, seguido do setor de provimento humano, da pecuária e do setor industrial.

O estudo utilizou o modelo genérico de cobrança com o intuito de sugerir a aceitação social dos instrumentos de política de gestão dos recursos hídricos, bem a prática do

uso racional deste recurso. De acordo com Forgiarini (2006), a base do modelo utilizado foi definida da seguinte maneira:

$$I = CC_{ap} + CC_{on} + CD_{il} \quad (9)$$

Onde:  $I$  - investimentos anuais que serão financiados pelos recursos da cobrança;  $CC_{ap}$  - cobrança por captação;  $CC_{on}$  - cobrança por consumo e  $CD_{il}$  a cobrança por diluição. Desenvolvendo a Equação 1, chega-se à Equação 10:

$$I = \underbrace{\sum_{i=1}^N Vol \cdot Cap_i * PPU * K_{cap}}_{CC_{ap}} + \underbrace{\sum_{i=1}^N Vol \cdot Con_i * PPU * K_{con}}_{CC_{on}} + \underbrace{\sum_{i=1}^N Vol \cdot Dil_i * PPU * K_{dil}}_{CD_{il}} \quad (10)$$

Sendo:  $Vol.Cap_i$  - volume anual captado pelo usuário  $i$  ( $m^3$ );  $Vol.Con_i$  - volume anual consumido pelo usuário  $i$  ( $m^3$ );  $Vol.Dil_i$  - volume anual utilizado para diluição da carga de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) lançada pelo usuário  $i$  ( $m^3$ );  $PPU$  - preço público unitário definido de acordo com os investimentos anuais ( $R\$/m^3$ );  $K_{cap}$  - coeficiente multiplicador do uso de captação;  $K_{con}$  - coeficiente multiplicador do uso de consumo;  $K_{dil}$  - coeficiente multiplicador do uso de diluição.

O consumo anual é verificado pela multiplicação do volume captado, pela parcela realmente consumida pelo usuário. O volume anual utilizado para diluição é determinado pela razão entre a carga do efluente e a concentração limite de DBO determinada pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 357/2005). Os coeficientes multiplicadores dos usos de captação, consumo e diluição são dados pela equação 11. Eles são idênticos; apenas o último elemento multiplicador é alterado entre os usos.

$$K_{ap,con,dil} = Kenq * Kout_{cap,con,dil} \quad (11)$$

Onde:  $Kenq$  - coeficiente das classes de enquadramento dos rios na bacia, cujo objetivo avaliar as captações, segundo as diferentes classes de enquadramento dos cursos de água;  $Kout$  - coeficiente de escassez de outorga objetiva diferenciar locais com estresse hídrico;  $Kcob_{cap,con,dil}$  - coeficiente de cobrança por captação, consumo ou diluição relacionado às particularidades de cada uso e determinado pela Equação 12.

$$Kcob_{cap,con,dil} = Ktu * Kmc * Kauto * Kefi * Kuso_{cap,con,dil} \quad (12)$$

Onde: *Ktu* - coeficiente do tipo de usuário, cujo objetivo é diferenciar os usuários sujeitos à cobrança segundo prioridades legais, sociais e econômicas da região; *kmc* - coeficiente do tipo de manancial de captação, cujo objetivo é diferenciar os mananciais com o intuito de induzir o usuário a utilizar fontes de água que não estejam com a sua disponibilidade comprometida, beneficiando aqueles usuários que investiram recursos na construção de obras de acumulação; *Kauto* - coeficiente de automonitoramento, cujo objetivo é beneficiar e induzir os usuários a investir no monitoramento dos seus usos; *Kefi* - coeficiente de eficiência no uso, cujo objetivo é verificar a eficiência dos diferentes usos que podem ser feitos - quanto maior a eficiência no uso, menor a cobrança - *Kuso<sub>cap,con,dil</sub>* - coeficiente do tipo de uso, cujo objetivo é diferenciar os usos segundo os impactos que esses usos causam nos demais usuários da bacia.

Forgiarini (2006) realizou 6 simulações do valor médio a ser cobrado por m<sup>3</sup> pelo uso da água na bacia, considerando os valores anuais dos investimentos, as demandas de cada setor usuário e os valores dos pesos das variáveis. As simulações são demonstradas na Tabela 20. De acordo com as simulações, o maior valor a ser cobrado seria da simulação 3, na qual o valor chega a R\$ 0,2781 por m<sup>3</sup> e inclui todos os setores usuários. O segundo maior valor é o da segunda simulação, com R\$ 0,0459 por m<sup>3</sup>, que inclui também todos os setores usuários. O valor da quinta simulação é de R\$ 0,0299 por m<sup>3</sup> e inclui todos os setores usuários, os pequenos agricultores e o abastecimento rural. Entretanto, para estes dois últimos, é utilizado o coeficiente do tipo de usuário (*Ktu*) no valor de 0,5.

**Tabela 20** – Tarifa máxima a ser cobrada por setor e por tipo de uso em m<sup>3</sup> na bacia do rio Santa Maria.

| Simulação | Setores   | Valor máximo da cobrança por m <sup>3</sup> |
|-----------|---|---|
| 1         | Todos os setores usuários   | 0,0459                                      |
| 2         | Todos os setores usuários   | 0,0294                                      |
| 3         | Todos os setores usuários   | 0,2781                                      |
| 4         | Todos os setores usuários   | 0,037                                       |
| 5         | Todos os setores usuários; <i>Ktu</i> * (pequenos agricultores e abastecimento rural) | 0,0299                                      |
| 6         | Setores: Agricultura, Abastecimento Urbano e Industrial.                              | 0,0304                                      |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Forgiarini (2006).

A porcentagem de arrecadação por setor e por tipo de uso é demonstrado na Tabela 21. As diversas simulações efetuadas evidenciaram que a cobrança na bacia do rio Santa Maria é factível. Entretanto, devem ser respeitados alguns pontos fixados para validação do modelo proposto no estudo, tais como: 1% sobre o custo de produção para a pecuária e agricultura; 1% sobre a taxa de água e esgoto para o setor de abastecimento rural, 2,5% sobre a taxa de água e esgoto para o setor de abastecimento urbano; e 5% para o setor industrial.

**Tabela 21** – Total arrecadado (R\$/ano) por setor usuário e por tipo de uso.

| <b>Setor</b>         | <b>Porcentagem da arrecadação</b> |
|----------------------|-----------------------------------|
| Agricultura          | 44,85%                            |
| Abastecimento Urbano | 41,35%                            |
| Abastecimento Rural  | 12,36%                            |
| Indústria            | 0,20%                             |
| Pecuária             | 1,24%                             |
| <b>Tipo de Uso</b>   | <b>Porcentagem da arrecadação</b> |
| Captação             | 27,18%                            |
| Consumo              | 21,71%                            |
| Diluição             | 51,10%                            |

**Fonte:** Elaboração a partir de dados de Forgiarini (2006).

Os resultados do trabalho ratificam que o impacto econômico da cobrança pelo uso da água foi maior que 1% do custo de produção para pelo menos 90% dos usuários cadastrados. De acordo com as simulações, o setor da agricultura é o que mais arrecadaria (44,85%), seguido do setor de abastecimento urbano com (41,35%). O estudo evidenciou que a população da bacia desconhece o sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, e aproximadamente 48% da população não souberam avaliar a sua disposição máxima a pagar. Entretanto, de um modo geral, a população se mostrou favorável à cobrança para a consecução dos objetivos preconizados nas legislações brasileiras, mas deste percentual, 23,70% não acreditam que o dinheiro arrecadado com a cobrança possa ser usado para os fins propostos, especialmente as pessoas mais velhas e os que possuem maior grau de escolaridade, são esses exatamente os menos adeptos à cobrança (FORGIARINI, 2006).

#### 4.2.7 Bacia do Rio Pardo (Rio Grande do Sul)

Arend e Silva (2007) realizaram uma pesquisa na bacia hidrográfica do rio Pardo, região central do Rio Grande do Sul, cuja área é de 3.658,34 km<sup>2</sup> e a população é estimada em 209.060 habitantes. A bacia abrange os municípios de Candelária, rio Pardo, Santa Cruz do Sul, Soledade e Venâncio Aires. Tem como principais cursos de água o rio Pardinho, rio Pequeno, arroio Andréas, arroio Francisco Alves e o rio Pardo.

Na análise foi utilizada a metodologia dos preços ótimos, baseada na teoria do segundo melhor, instrumento pelo qual o uso mais eficiente é obtido através de uma política de preços que maximiza a disparidade entre os benefícios e os custos sociais e, ao mesmo tempo, minimiza os impactos da distribuição equitativa de recursos na economia.

Para Arend e Silva (2007), a determinação do preço a ser cobrado na bacia do rio Pardo foi definida a partir da solução do seguinte conjunto de equações:

$$\left\{ \frac{(pj^* - cm_g)}{pj^*} \right\} = \frac{\alpha}{|\varepsilon_j|} \Psi_j = 1, \dots, n \quad (13)$$

$$\sum j p_j^* - c = 0 \quad (14)$$

Onde:  $p_j^*$  - preço ótimo da água a ser definido na modalidade de uso agrícola,  $CM_{gj}$  - custo marginal de gerenciamento;  $x_j$  - quantidade de água demandada do sistema hídrico após os investimentos planejados;  $|\varepsilon_j|$  - elasticidade-preço da demanda por água no uso  $j$ ;  $C$  - custo total do órgão gestor no gerenciamento da bacia;  $\alpha$  - reflete a desigualdade relativa entre benefícios e custos marginais, a ser determinada e  $j$  - modalidade de uso da água.

As  $j$  primeiras equações descritas  $p_j^* = \frac{CM_{gj} |\varepsilon_j|}{|\varepsilon_j| - \alpha}$ , relacionam uma para cada uso  $j$ , podendo ser reescritas de maneira mais indicativa, da seguinte maneira:

$$\frac{(p_j^* - CM_j)}{p_j^*} = \frac{\alpha}{|\varepsilon_j|}, \text{ para todo } j \quad (15)$$

As equações, quando escritas desse modo, estabelecem que a desigualdade no preço da água para todos os usos  $j$ , relativo ao custo marginal, é inversamente proporcional, em percentagem, à sua elasticidade preço de demanda. A equação 6, por outro lado, é a equação de restrição que limita o órgão administrador dos recursos hídricos, de sorte a não sofrer perdas ou obter ganhos financeiros na administração dos recursos hídricos da bacia.

Assim, de acordo com os autores, as equações descritas formam um conjunto de seis equações, uma para cada uso múltiplo da água, totalizando cinco, mais a equação de restrição e seis incógnitas, cinco preços e a constante de proporcionalidade  $\alpha$ , cuja solução proporciona o conjunto de preços considerados ótimos em cada uso previsto da água na bacia do rio Pardo.

A finalidade da pesquisa foi encontrar uma tarifa a ser cobrada pelo uso dos recursos hídricos nas modalidades de uso agrícola, de diluição de efluentes, de abastecimento industrial e doméstico. A Tabela 22 traz os preços ótimos encontrados para a bacia hidrográfica do rio Pardo depois de realizados os cálculos propostos para o estudo (AREND; SILVA, 2007). De acordo com os dados, a diluição de efluentes industriais é o que apresenta o maior valor a ser pago pelo usuário, a saber, 0,4023 por  $m^3$ . A captação de água para irrigação pagaria R\$ 0,0666 por  $m^3$  e para consumo R\$ 0,0427 por  $m^3$ .

**Tabela 22** – Preços encontrados para a bacia do rio Pardo.

| <b>Tipo de uso</b>                           | <b>Unidade</b> | <b>Valor ótimo da cobrança por <math>m^3</math></b> |
|--|----------------|---|
| Diluição de efluentes industriais (Poluição) | R\$/ $m^3$     | 0,4023  |
| Captação – (irrigação)                       | R\$/ $m^3$     | 0,0666  |
| Consumo – (abastecimento urbano)             | R\$/ $m^3$     | 0,0427  |

**Fonte:** Arend e Silva (2007).

Os preços ótimos são menores que os seus correlativos preços de reserva (limite inferior e superior), com exceção dos preços ótimos pelo uso da água na irrigação que neste caso, é maior que o preço de reserva dos usuários. Destaca-se que o preço de reserva aponta o valor máximo que os usuários estariam dispostos a pagar para utilizar a água do manancial. Isso denota que a prática da cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Pardo, para ser viável, ou seja, se encaixar dentro da capacidade de pagamento dos usuários, necessita restringir os preços ótimos da água para irrigação, ao respectivo preço de reserva dos irrigantes. Desse modo, como os preços ótimos pelo uso da água para irrigação

extrapolam a capacidade de pagamento desses usuários, será necessário restringir tais preços ao limite inferior aos seus referentes preços de reserva (AREND; SILVA, 2007).

#### 4.2.8 Bacia do Rio de Ondas (Bahia)

Ferraz (2008) analisou a sub-bacia do rio de Ondas, parte integrante da bacia do rio Grande situada no oeste baiano. A região da sub-bacia envolve o território de dois municípios do estado da Bahia: Luiz Eduardo Magalhães e Barreiras. Seus afluentes percorrem uma área total de 75.170 km<sup>2</sup>, com uma população estimada em 200.000 habitantes. O estudo analisou os impactos financeiros da cobrança pelo uso da água na irrigação sobre os custos de produção de oito culturas irrigadas desta sub-bacia, especificamente do café, feijão, milho, arroz, coco, algodão, pastagem-capineira e mamão. Os cálculos desses impactos foram feitos para o consumo médio de água por hectare/dia.

Para a realização da pesquisa, utilizaram-se além de informações bibliográficas, baseadas em artigos publicados em periódicos e em livros, informações documentais, baseadas em manuais, relatórios e documentos fornecidos pelos órgãos estaduais, responsáveis pelas políticas de meio ambiente e de recursos hídricos do Estado da Bahia (FERRAZ, 2008).

Como metodologia Ferraz (2008) aplicou o modelo de acordo com a deliberação CEIVAP nr. 65/2006, que discrimina o procedimento da cobrança pela captação da água usada na irrigação. A simulação da cobrança através desse modelo é descrita pela equação 16.

$$Valor_{consumo} = Q_{captação} \cdot PPU_{consumo} \cdot K_{consumo} \quad (16)$$

Onde:  $Valor_{consumo}$  - pagamento anual pelo consumo R\$/ano;  $Q_{captação}$  - volume de água anual captado em m<sup>3</sup>/ano ou quantidade outorgada (Foram utilizadas quantidades outorgadas por cultura);  $PPU_{consumo}$  - preço público unitário para consumo de água R\$/m<sup>3</sup> (na simulação, utilizaram-se os valores de R\$ 0,0100, R\$ 0,0300 e R\$ 0,0500);  $K_{consumo}$  - coeficiente que leva em conta a parte da água utilizada na irrigação, que não retorna à bacia (igual a 0,04 para o arroz e 0,5 para as demais culturas irrigadas).

Desconsiderando-se o valor da cobrança referente à poluição, foi multiplicada a demanda total de água de cada cultura pelos valores sugeridos pela instrução normativa para a cobrança do uso da água no estado da Bahia. Levaram-se em consideração o potencial de arrecadação para as culturas selecionadas e os preços simulados de R\$ 0,0100/m<sup>3</sup>, R\$ 0,0300/m<sup>3</sup> e R\$ 0,0500/m<sup>3</sup>. Com isso obteve-se o impacto da cobrança pelo uso da água na agricultura irrigada. A Tabela 23 traz os valores arrecadados. Esses valores poderiam financiar a realização de obras de melhoria e de ampliação no sistema de abastecimento prevista no Atlas Nordeste Abastecimento Urbano de Água. A deliberação CEIVAP nr. 15/2002, de 04 de novembro de 2002 sugere que o impacto econômico da cobrança pelo uso da água no setor de irrigação tem de ficar no limite de 0,5% dos custos de produção. Entretanto, das 8 culturas analisadas, apenas a pastagem, com nível de preço de R\$ 0,0500, supera o limite superior sugerido de 0,5% dos custos de produção por hectare, ficando em 0,57%, as demais simulações situaram-se abaixo de 0,5% (FERRAZ, 2008).

**Tabela 23** – Resultado de simulações para a cobrança no rio de Ondas.

|                      | <b>Valor dos preços simulados em Reais por m<sup>3</sup></b> |                      |                      |
|----------------------|--|----------------------|----------------------|
|                      | 0,010/m <sup>3</sup>   | 0,030/m <sup>3</sup> | 0,050/m <sup>3</sup> |
| Agricultura irrigada | <b>Valores arrecadados em Milhares de Reais</b>              |                      |                      |
|                      | 2.564.432,56   | 7.693.297,65         | 12.822.187,76        |

**Fonte:** Elaboração partir de dados de Ferraz (2008).

Constatou-se que a agricultura irrigada é o principal demandante dos recursos hídricos da sub-bacia, com aproximadamente 98,26% do total. As simulações feitas para as principais culturas agrícolas indicaram que a cobrança na sub-bacia do rio de Ondas, com o modelo CEIVAP, é possível desde que os impactos econômicos prescritos como critérios de validação deste modelo sejam respeitados (FERRAZ, 2008).

#### 4.2.9 Bacia do Rio Pirapama (Pernambuco)

Silva e Ribeiro (2006) estudaram a bacia do rio Pirapama, localizada no extremo sul da região metropolitana do Recife (RMR). Esta bacia drena uma superfície de aproximadamente 600 km<sup>2</sup> e é formada por vários afluentes, onde se destacam, por suas

dimensões, o rio Gurjaú e os riachos dos Macacos, Cajabuçu e Arandu, ambos na margem esquerda; e os riachos Santa Amélia, Utinga de Cima e Camaçari, na margem direita. Entretanto, a bacia é caracterizada por ser receptora de fontes poluidoras; recebem carga de esgotos domésticos de 1820 kg DBO/dia, além de esgoto do setor agroindustrial.

Utilizando-se do Sistema de Apoio à Decisão para Controle Integrado de Poluição (SAD-CIP) desenvolvido pelo Banco Mundial, Silva e Ribeiro (2006) apresentaram os cenários de melhoria da qualidade da água para a bacia do rio Pirapama, através da criação de um instrumento de cobrança pelo lançamento de efluentes derivada da determinação dos custos marginais de medida para diminuir a poluição da referida bacia. Este sistema de cobrança é definido com base no custo marginal de remoção da carga de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). A função da DBO é medir a quantidade de oxigênio necessária para que os microorganismos se biodegradem a matéria orgânica.

Para Silva e Ribeiro (2006), a utilização do SAD-CIP é adequada na condição de planejamento, apesar das limitações como, por exemplo, o fato de não ser considerado o lançamento das águas residuárias diariamente. Entretanto, o modelo é capaz de realizar o levantamento dos custos globais de investimento e fornecer uma ideia geral da poluição hídrica de uma bacia hidrográfica.

O SAD-CIP possibilitou estabelecer vários valores a serem cobrados e o que se revelou mais adequado foi o de US\$ 320,00/ton de DBO. O setor agroindustrial mostrou-se capaz de remover o mesmo percentual de carga poluidora (96,5%), pagando, assim, um valor inferior. Com os resultados das simulações, constatou-se que a opção mais apropriada pela questão tanto ambiental como econômica é o tratamento conjunto de todas as águas residuárias da área (agroindústrias e esgotos domésticos). Com base na metodologia de Custo Marginal, o setor doméstico deverá pagar ao setor agroindustrial pelo tratamento de sua poluição. Isso porque do ponto de vista econômico e quanto maior for a quantidade de carga poluidora a ser removida, menor o custo unitário do sistema (SILVA; RIBEIRO, 2006)

Contudo, espera-se com a implantação da cobrança, obter um efluente com qualidade aceitável, cujo lançamento no corpo receptor não prejudique a qualidade deste e, portanto, não modifique a classe do seu enquadramento. Desse modo, o SAD-CIP forneceria ao administrador de políticas hídricas um planejamento de gastos anuais com um sistema de tratamento de águas residuárias e o tipo de tratamento adequado para remoção da carga poluente de cada indústria, isoladamente. Os valores dos custos marginais fornecidos pelo sistema são de extrema importância para constituir um esquema de cobrança pelo lançamento de efluentes, capaz de atender a finalidade econômica (SILVA; RIBEIRO, 2006).

#### 4.2.10 Bacia do Rio São Francisco (Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e Distrito Federal)

De acordo com a ANA (2010), a cobrança pelo uso da água na bacia do rio São Francisco - BHSF começa a partir de julho de 2010. A BHSF compreende uma área de 636.920 km<sup>2</sup>, abrangendo 8% da área total do país. Engloba territórios de sete unidades da Federação: Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas. Na BHSF, o maior usuário de água para captação é o setor de irrigação (68%), seguido pelo setor de saneamento (18%) e pelo setor industrial (9%).

Os usos que serão considerados para a cobrança são aqueles constantes no Cadastro Nacional de Usos de Recursos Hídricos - CNARH, que foram confirmados ou alterados pelos usuários, durante o processo de regularização de usos concluído em 2010, estando eles sujeitos à outorga do direito de uso de recursos hídricos. Isto é, serão cobrados os usos de captação de água, consumo e lançamento de efluentes, desde que a captação do usuário seja superior a 4 litros por segundo (14,4 metros cúbicos por hora) (ANA, 2010).

Estão sujeitos à cobrança os indivíduos ou empresas que fazem uso de água e estão localizados em rios de domínio da União como o São Francisco, Preto, Itaguari, Urucuaia e Carinhanha, bem como em açudes decursivos de obras da União e todos os prestadores de serviços de saneamento urbano, as indústrias, as mineradoras, os irrigantes, os aquicultores e demais pessoas, que captam água ou lançam efluentes nos rios, reservatórios e lagos de domínio da União na BHSF. Também são considerados os indivíduos que usam recursos hídricos em rios de domínio dos estados de Alagoas, Sergipe, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal, os quais estão sujeitos as respectivas Políticas Estaduais de Recursos Hídricos (ANA, 2010).

Os valores a serem cobrados foram os propostos pelo CBHSF e são apresentados na Tabela 24. De acordo com os dados, o valor total da cobrança, incluindo-se captação, consumo e lançamento de carga orgânica é de R\$ 0,10/m<sup>3</sup>.

**Tabela 24** – Valores a serem cobrados na BHSF em 2010.

| Tipo Uso                             | Unidade            | Valor |
|--------------------------------------|--------------------|-------|
| Captação de água bruta               | R\$/m <sup>3</sup> | 0,01  |
| Consumo de água bruta                | R\$/m <sup>3</sup> | 0,02  |
| Lançamento de carga orgânica DBO5,20 | R\$/Kg             | 0,07  |
| Total                                | R\$/Kg             | 0,10  |

Fonte: ANA (2010).

Os recursos financeiros serão arrecadados pela ANA e repassados integralmente à bacia do São Francisco, onde serão aplicados em ações de recuperação da bacia pela Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo - AGB Peixe Vivo. (ANA, 2010).

#### 4.2.11 Síntese do Capítulo

De acordo a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e o Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA), no estado do Paraná, existem diferenças expressivas entre o valor que deve ser cobrado em rio de domínio da União e o que deve ser cobrado em corpos d'água de domínio do estado. Tais diferenças referem-se ao setor econômico rural que, no Paraná, foi dispensado desse pagamento, o que contrasta com o que se observa nos rios de domínio da União e mesmo em corpos d'água dos estados vizinhos, como São Paulo e Santa Catarina (CNI/COEMA, 2002).

Segundo o Decreto estadual nº 5.361, a cobrança pelo uso da água será aplicada a todas as águas de domínio estadual e estendida às águas de domínio da União que drenam o território paranaense, de forma gradual e atendendo-se a prioridades, como no caso das bacias hidrográficas onde as disponibilidades hídricas se encontrem intensamente comprometidas em consequência de diversos tipos de usos (PARANÁ, 2002).

O CNI/COEMA (2002) estabelecerá formas de bonificação e incentivo a usuários que lançarem água ao corpo receptor com qualidade superior àquela da captação e desenvolverem práticas conservacionistas de uso e manejo do solo e da água e práticas de proteção a mananciais subterrâneos e superficiais.

A cobrança pelo uso da água deve ter como princípio a mudança de conduta dos usuários, isto é, o uso consciente desse recurso natural e não apenas o interesse imediatista de arrecadar para tentar inverter a degradação causada no meio ambiente. Com isso, espera-se que a água seja controlada em padrões de qualidade e empregada em quantidade apropriada devendo ser esta a finalidade principal da instituição da cobrança pelo seu uso (THAME et al., 2000).

Percebe-se, ao longo da discussão sobre cobrança pelo uso da água, que, tanto no Brasil, como nos países analisados, há preocupações em torno da crescente escassez desse recurso, o que motiva os formuladores de políticas a buscar alternativas para reduzir seu

uso excessivo e ineficiente. Essas alternativas se fazem prioritárias através da implantação de uma tarifa ótima, sendo ela cobrada de diversas formas e de acordo com as condições de pagamento dos usuários, ou seja, uma tarifa que não inviabilize a produção agrícola, uma vez que geralmente se trata da agricultura irrigada.

A implantação da cobrança, em vários casos estudados, tem como principais objetivos evitar o desperdício de água, diminuir o despejo de efluentes nos mananciais e fazer investimentos de recuperação ambiental com os recursos arrecadados. A cobrança pelo uso da água bruta é uma responsabilidade econômica, passando a ser acatada pelos usuários que queiram ter acesso ao uso dos recursos hídricos de determinado manancial. A experiência internacional, embasada em países que possuem sistemas implantados e consolidados fortalece a experiência e a instituição da cobrança pelo uso da água no Brasil.

No próximo capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo, visando à estimação de um preço a ser cobrado pelo uso da água bruta.

## **5 METODOLOGIA**

Nessa seção, são descritos a área de estudo, os aspectos do clima, a base de dados, o cálculo da amostra e o procedimento para o cálculo do impacto sobre o faturamento bruto mensal. São descritos também os dois modelos utilizados para a realização dos cálculos. O primeiro modelo descreve a metodologia aplicada para o cálculo da cobrança pela captação de água bruta e o segundo descreve a metodologia aplicada para conhecer os coeficientes de elasticidade das variáveis quantitativas.

### **5.1 ÁREA DE ESTUDO**

O estudo é desenvolvido no norte do estado do Paraná, especificamente com horticultores abastecidos pela bacia hidrográfica do rio Tibagi (BHT), filiados à Associação Norte Paranaense de Horticultores (APRONOR), localizada dentro das instalações do CEASA e CEALON – Londrina – PR. A BHT abrange uma área de drenagem de 24.713 km<sup>2</sup> e sua

localização da pode ser vista no Anexo A. Seus limites geográficos são 22° 30' e 25° 30' de latitude sul e meridianos 49° 30' e 51° 30' de longitude oeste e podem ser visualizados no Anexo B. Suas nascentes encontram-se nos Campos Gerais, a oeste da Escarpa Devoniana, entre os municípios de Palmeira e Ponta Grossa, na Serra das Almas, acerca de 1060 m de altitude e perfazendo queda total de 785 m, percorrendo distância de 603 km (COPEL, 1997).

A bacia apresenta também grande diversidade de tipos de solos, que variam de acordo com as regiões, que envolvem a bacia sedimentar do Paraná. A agricultura é bastante intensiva com cultivos de soja, milho, trigo e café, favorecidos pela terra roxa. A distribuição das bacias hidrográficas do Paraná é apresentada no Anexo C.

A Tabela 25 traz os 53 municípios pertencentes à BHT, sendo possível verificar, em termos percentuais, o quanto da área de cada município esta inserida dentro da bacia. Ao se avaliar a área dos municípios pertencentes à BHT, nota-se que quatro destes 53 municípios, ou seja, Campo Largo, Faxinal, Figueira e São João do Triunfo, apresentam uma área inferior a 0,5% da área da BHT. Entretanto, para este estudo trabalhou-se com 24 municípios<sup>14</sup> e 5 distritos<sup>15</sup> pertencentes à região norte paranaense.

---

<sup>14</sup> Araçongas, Bandeirantes, Bela Vista do Paraíso, Califórnia, Cambé, Congoinhas, Cornélio Procópio, Faxinal, Ibaiti, Ibiporã, Jataizinho, Londrina, Marilândia do Sul, Mauá da Serra, Nova Santa Bárbara, Ortigueira, Primeiro de Maio, Rosário do Ivaí, São Jerônimo da Serra, São Sebastião da Amoreira, Sertãoópolis, Santo Antonio do Paraíso, Tamarana e Uraí.

<sup>15</sup> Espírito Santo, Irerê, Lerroville, Guaravera e Warta.

**Tabela 25** – Número de municípios na BHT e sua participação em %.

| <b>Nº Município</b>            | <b>% área na BHT</b> | <b>Nº Município</b>                 | <b>% área na BHT</b> |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|
| <b>1</b> Apucarana             | 35,09                | <b>28</b> Nova América da Colina    | 100                  |
| <b>2</b> Arapongas             | 49,03                | <b>29</b> Nova Fátima               | 34,7                 |
| <b>3</b> Assai                 | 100                  | <b>30</b> Nova Santa Bárbara        | 100                  |
| <b>4</b> Bela Vista do Paraíso | 9,66                 | <b>31</b> Ortigueira                | 69,07                |
| <b>5</b> Califórnia            | 66,7                 | <b>32</b> Palmeira                  | 81,67                |
| <b>6</b> Cambé                 | 28,83                | <b>33</b> Piraí do Sul              | 68,5                 |
| <b>7</b> Campo Largo*          | 0,02                 | <b>34</b> Ponta Grossa              | 80,62                |
| <b>8</b> Carambeí              | 100                  | <b>35</b> Porto Amazonas            | 11,92                |
| <b>9</b> Castro                | 63,42                | <b>36</b> Primeiro de Maio          | 46,16                |
| <b>10</b> Congonhinhas         | 33,85                | <b>37</b> Rancho Alegre             | 100                  |
| <b>11</b> Cornélio Procópio    | 43,37                | <b>38</b> Reserva                   | 28,8                 |
| <b>12</b> Curiúva              | 60,22                | <b>39</b> Rolândia                  | 16,58                |
| <b>13</b> Faxinal*             | 0,02                 | <b>40</b> Santa Cecília do Pavão    | 100                  |
| <b>14</b> Fernandes Pinheiro   | 99,3                 | <b>41</b> Santo Antonio do Paraíso  | 100                  |
| <b>15</b> Figueira*            | 0,01                 | <b>42</b> São Jerônimo da Serra     | 100                  |
| <b>16</b> Guamiranga           | 20,92                | <b>43</b> São João do Triunfo *     | 0,44                 |
| <b>17</b> Ibitiporã            | 100                  | <b>44</b> São Sebastião da Amoreira | 100                  |
| <b>18</b> Imbaú                | 100                  | <b>45</b> Sapopema                  | 68,87                |
| <b>19</b> Imbituva             | 99,6                 | <b>46</b> Sertaneja                 | 52,57                |
| <b>20</b> Ipiranga             | 100                  | <b>47</b> Sertanópolis              | 99,56                |
| <b>21</b> Irati                | 22,46                | <b>48</b> Tamarana                  | 100                  |
| <b>22</b> Ivaí                 | 30,5                 | <b>49</b> Teixeira Soares           | 100                  |
| <b>23</b> Jataizinho           | 100                  | <b>50</b> Telêmaco Borba            | 100                  |
| <b>24</b> Leópolis             | 20,33                | <b>51</b> Tibagi                    | 100                  |
| <b>25 Londrina</b>             | <b>99,99</b>         | <b>52</b> Uraí                      | 100                  |
| <b>26</b> Marilândia do Sul    | 43,4                 | <b>53</b> Ventania                  | 38,27                |
| <b>27</b> Mauá da Serra        | 82,02                |                                     |                      |

Fonte: SEMA (2004)

Nota: \* Municípios com pequena área na bacia hidrográfica do rio Tibagi.

## 5.2 BASE DE DADOS

De acordo com os dados fornecidos pela APRONOR (2010), existem 200 horticultores em atividade dentro desta associação, os quais foram considerados como a população a ser pesquisada. Neste trabalho, foi realizado um total de 118 entrevistas válidas, baseadas na aplicação de um questionário padrão aos horticultores do CEASA e CEALON, escolhidos aleatoriamente entre 30/04/2010 e 31/07/2010.

Levou-se em consideração um erro amostral de 6%. As equações 31 e 32 que foram utilizadas para o cálculo da amostra neste estudo, baseiam-se em (MORETTIN; BUSSAB, 2004).

## 5.3 CÁLCULO DA AMOSTRA

$$n_0 = \frac{Z^2 \cdot P \cdot (1 - P)}{D^2} \quad (31)$$

$$n_0 = \frac{0,9604}{0,0036} = 266,77$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} = \frac{266,77}{1 + \frac{266,77}{200}} \quad (32)$$

$$n = \frac{266,77}{2,33} \cong 114$$

Em que:

$n_0$  = numero inicial (dimensionado)

Z = nível de confiança

P = probabilidade

D = margem de erro (de 1% a 10%)

n = tamanho da amostra

N = tamanho da população

#### 5.4 PRIMEIRO MODELO – CÁLCULO DA DISPOSIÇÃO A PAGAR (DAP)

É denominado Método de Valoração Contingente (MVC) e estimativas das funções oferta e demanda, sendo baseado em Carrera-Fernandes e Menezes (2000) e Pizaia (2004), que empregaram esta metodologia em trabalhos anteriores. Utiliza-se o software Stata (Stata: Data Analysis and Statistical Software). Através do método MVC calcula-se a máxima disposição a pagar pelo uso da água bruta ( $y$ ), onde esta é especificada da seguinte forma:

$$y_i = x_i' \beta + \varepsilon \quad (17)$$

Onde  $x'$  é o vetor (transposto) de variáveis independentes explicativas da disposição a pagar,  $\beta$  é o vetor de parâmetros a ser estimado, e  $\varepsilon$  o distúrbio, o qual é admitido ser independente e normalmente distribuído, com média igual a zero e variância  $\sigma^2$ .

O modelo econométrico utilizado para analisar a escolha dos consumidores de água rural será o modelo de estimação logit. A variável dependente nesse modelo é a variável binária que detecta a escolha particular da propriedade em pagar determinado preço para obter mananciais limpos, que garantam a quantidade e a qualidade de fornecimento de água e que proporcionem a continuidade da exploração do bem.

No modelo logit, a variável dependente,  $y_i$ , é definida como a resposta atual (sim ou não) de uma propriedade  $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) ao pagamento pelo uso da água bruta, onde  $n$  é o número de horticultores da amostra. Ou seja,  $y_i$  é uma variável qualitativa binária que assume o valor unitário quando o horticultor  $i$  dá uma resposta favorável ao pagamento pelo uso da água, e o valor zero quando o horticultor  $i$  responde desfavoravelmente ao pagamento. Supõe-se que a resposta de cada domicílio seja explicada por um vetor de variáveis independentes  $x_i$ , de dimensão  $(k \times 1)$ , onde  $k$  é o número de variáveis independentes.

Esse modelo é utilizado porque desde que  $y_i$  é uma variável qualitativa, o modelo de mínimos quadrados ordinários<sup>16</sup> produz estimativas ineficientes e previsões imprecisas. O procedimento usual para eliminar esses problemas é estimar a probabilidade de uma resposta positiva, através da função de distribuição logística:

$$\pi_i = \Pr(y_i = 1) = \frac{e^{(\alpha + x_i' \beta)}}{1 + e^{\alpha + x_i' \beta}} \quad (18)$$

<sup>16</sup> Opta-se em não trabalhar com MQO, pois para o cálculo de probabilidade ele não é indicado.

$$1 - \pi_i = \Pr(y_i = 0) = 1/[1 + e^{\alpha + x_i' \beta}] \quad (19)$$

Onde  $\beta$  é um vetor de parâmetros de dimensão  $(k \times 1)$ , a ser estimado. Essa função de distribuição está restrita ao intervalo  $(0,1)$ , é crescente em  $x_i' \beta$ , e igual a 0,5, quando  $x_i' \beta = 0$ . Sua forma gráfica é similar a uma função de distribuição cumulativa. Essa função de distribuição logística pode ser facilmente linearizada. Para tanto, rearranja-se a equação (19) e aplica-se o logaritmo neperiano a ambos os lados dessa equação, donde resulta:

$$\ln[\pi_i/(1 - \pi_i)] = x_i' \beta \quad (20)$$

Isso significa que o logaritmo neperiano da razão de probabilidades ou logit, como é mais conhecida, é uma função linear de  $x_i' \beta$ . Estabelecendo-se uma relação entre as probabilidades reais e aquelas observáveis, através da amostra, do tipo:

$$p_i = \pi_i + \varepsilon \quad (21)$$

Então:

$$p_i - \text{binomial} [\pi_i, \pi_i(1 - \pi_i)/n] \quad (22)$$

Objetivando-se obter uma relação entre os logites observáveis e os logites reais, estabelece-se a seguinte hipótese:

$$f(p_i) = \ln[p_i/(1 - p_i)] \quad (23)$$

Aplicando-se uma expansão de Taylor (1ª ordem), nas proximidades de  $\pi_i$ , obtém-se o modelo procurado:

$$\ln[p_i/(1 - p_i)] = x_i' \beta + \mu_i \quad (24)$$

Onde  $\mu_i = \varepsilon_i / [\pi_i(1 - \pi_i)]$ , de modo que  $E(\mu_i) = 0$  e  $\text{var}(\mu_i) = 1 / [n\pi_i(1 - \pi_i)]$ .

A equação (25) foi estimada por máxima verossimilhança, objetivando definir os parâmetros da função cumulativa de distribuição de probabilidades, a partir das condições de máximo (ou seja, igualando suas derivadas a zero).

Para avaliar a contribuição das variáveis explicativas ao modelo, calculou-se a razão de verossimilhança (RV), definida da seguinte forma:

$$RV = -2(\ln V_c - \ln V) \sim \chi^2_{k-1} \quad (25)$$

Onde  $V_c$  é o valor da função de verossimilhança na hipótese de que o vetor de coeficientes é restrito a zero, ou seja,  $\beta = 0$  ( $\beta_1 = 0, \dots, \beta_k \neq 0$ ); e  $V$  é o valor dessa função com todas as variáveis consideradas, sem restrição, ou seja,  $\beta \neq 0$ . Calculou-se também o pseudo  $R^2$  como uma medida de ajustamento do modelo, definido por:

$$\rho^2 = 1 - (\ln V / \ln V_c) \quad (26)$$

Esta está situada no intervalo [0,1], sendo igual a um quando o modelo se ajusta perfeitamente, e a zero quando o modelo não se ajusta absolutamente. No entanto, entre os valores 0 e 1, o pseudo  $R^2$  não tem um significado intuitivo como teria o  $R^2$  para o modelo dos mínimos quadrados ordinários. Ou seja, o  $\rho^2$  mede a percentagem de incerteza dos dados que é explicada pelos resultados empíricos. Avança-se na discussão metodológica ao acrescentarem-se diversas questões<sup>17</sup> ao modelo original, as quais são descritas a seguir:

As variáveis analisadas são:

Dap - variável binária da disposição em pagar pelo uso da água bruta, sendo atribuído o valor 1 para os horticultores que estão dispostos a pagar pelo uso da água bruta e 0 para os horticultores que não estão dispostos a pagar.

“prod<sub>i</sub>” - variável binária que demonstra o tipo de produto produzido pelo horticultor em sua propriedade com o uso da irrigação. Atribuiu-se o valor 0 para os produtores de verduras e hortaliças e 1 para produtores de frutas;

<sup>17</sup> Grande parte das variáveis utilizadas no estudo originou-se da obra de Campos (2007) e Pizaia (2004).

“área<sub>i</sub>” - esta variável representa o tamanho da propriedade em ha<sup>18</sup>;

“irrigado<sub>i</sub>” - variável que indica o tamanho da área irrigada dentro das propriedades – espera-se, à priori, que este coeficiente seja negativo. De acordo com Pindyck e Rubinfeld (2002), isso ocorre devido à reação de sensibilidade do consumidor (produtor), uma vez que o preço de um insumo que varia para mais ou para menos, mantendo-se o faturamento constante, levará a uma variação relativa na quantidade demandada. Assim, como a água se constitui um dos seus principais insumos de produção, quanto maior a área, maior será a utilização deste, o que pode gerar uma disposição contrária ao pagamento;

“func<sub>i</sub>” - variável que revela o número de funcionários existentes na propriedade, incluindo-se pessoas da família. A maioria das propriedades utiliza mão-de-obra familiar e, ocasionalmente, conta com o trabalho de terceiros, os quais são chamados de “porcenteiros”;

“insum” - variável que demonstra o quanto o horticultor gasta por mês com adubos, fertilizantes, herbicidas, etc;

“regam<sub>i</sub>” - variável que representa a quantidade de vezes que o produtor irriga as plantas durante o mês;

“tempo<sub>i</sub>” - variável que demonstra o tempo expresso em minutos por mês que o produtor irriga a cultura.

“fatur” - variável que revela o faturamento bruto mensal da propriedade – espera-se um viés nesta variável, pois, segundo Rocha (2003), ocorrem notoriamente problemas de subestimação intencional por parte do informante, cuja intensidade varia de acordo com o total e a natureza do rendimento revelado;

“consm” - variável que indica o quanto a atividade de irrigação consome por mês em m<sup>3</sup> de água – espera-se antecipadamente que este coeficiente seja negativo, pois, de acordo com Ribeiro, Pereira e Lanna (1999), mesmo uma tarifa pequena poderá inviabilizar a atividade e provocar uma disposição contrária ao pagamento.

Para captar a perspectiva a respeito da escassez dos recursos hídricos, foi perguntado ao horticultor se ele acredita que em sua região haverá problemas com a falta de água. A partir disso, criaram-se 4 variáveis binárias, estabelecendo-se a resposta:

“Já está com problemas” como variável controle;

A binária “falta<sub>10</sub>” - é a resposta dos horticultores que acreditam que a sua região enfrentará problemas no futuro próximo (10 anos);

---

<sup>18</sup> Medida de área, onde 1 hectare = 10.000 m<sup>2</sup>.

A binária “falta<sub>25</sub>” - é a resposta dos horticultores que acreditam que a sua região enfrentará problemas no futuro distante (25 anos);

A binária “falta<sub>MA</sub>” - é a resposta dos horticultores que acreditam que a sua região não enfrentará problemas, pois existe muita água nos mananciais da bacia; e

A binária “falta<sub>NS</sub>” - são os horticultores que não souberam opinar.

Para conhecer a opinião do horticultor sobre qual o rumo que sua atividade tomaria, caso o rio que abastece a sua propriedade estivesse poluído, foram construídas 3 variáveis binárias, estabelecendo-se a resposta:

“Continua com a atividade agrícola (mesmo buscando água fora)” como variável controle;

A binária pol<sub>MA</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que mudariam de atividade;

A binária “pol<sub>VP</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que venderiam a propriedade;

A binária “pol<sub>CA</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que passariam a criar animais.

Para obter informação sobre a opinião dos horticultores a respeito de quais setores deveriam receber primeiro os investimentos oriundos da cobrança, caso ela existisse, construíram-se 5 variáveis binárias, estabelecendo-se a resposta:

“Setor de irrigação” como variável controle;

A binária “invest<sub>AG</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que o setor de “água e esgoto” deveria ser o primeiro a receber os investimentos;

A binária “invest<sub>IS</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que o setor de “irrigação e saneamento” deveria ser o primeiro a receber os investimentos;;

A binária “invest<sub>CL</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que o setor de “coleta de lixo” deveria ser o primeiro a receber os investimentos;

A binária “invest<sub>CB</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que o setor de “construção de barragens” deveria ser o primeiro a receber os investimentos;

A binária “invest<sub>TP</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que o setor de “transposição de vazão” deveria ser o primeiro a receber os investimentos;

Para se conhecer a opinião do horticultor em relação ao principal efeito que a cobrança pelo uso da água provocaria, construíram-se 5 variáveis binárias, estabelecendo-se a resposta:

“Redução do consumo” como variável controle;

A binária “efeito<sub>RP</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que a cobrança provocará redução da poluição;

A binária “efeito<sub>MIO</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que a cobrança provocará um maior investimento em obras;

A binária “efeito<sub>MRUI</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que a cobrança aumentaria o volume de recursos a serem utilizados de forma ilícita;

A binária “efeito<sub>NPN</sub>” - é a resposta dos horticultores que disseram que a cobrança não terá nenhum efeito positivo ou negativo;

A binária “efeito<sub>NS</sub>” - é a resposta dos horticultores que não souberam opinar; e “ $\mu_i$ ” é o erro, o qual é considerado independente, normalmente distribuído, com média igual a zero e variância constante.

A partir do modelo geral, apresentado na equação 24, e das descrições das variáveis feitas até aqui, apresenta-se o modelo utilizado neste trabalho.

$$DAP = \ln\left[\frac{p_i}{1-p_i}\right] = \beta_1 + \beta_2 \text{irrigado}_i + \beta_3 \text{fatur}_i + \beta_4 \text{func}_i + \beta_5 \text{insum} + \beta_6 \text{consm} + \beta_7 \text{falta}_{10} + \beta_8 \text{falta}_{25} + \beta_9 \text{falta}_{MA} + \beta_{10} \text{falta}_{NS} + \beta_{11} \text{pol}_{MA} + \beta_{12} \text{pol}_{VP} + \beta_{13} \text{pol}_{CA} + \beta_{14} \text{invest}_{AG} + \beta_{15} \text{invest}_{IS} + \beta_{16} \text{invest}_{CL} + \beta_{17} \text{invest}_{CB} + \beta_{18} \text{invest}_{TP} + \mu_i \quad (27)$$

A variável dependente “DAP” é a disposição a pagar, a qual revela a opção individual de cada produtor agrícola por pagar pelo uso da água bruta e “ $\beta$ ” são os parâmetros a serem estimados;  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

A escolha de trabalhar com essas variáveis se deu por conta da possibilidade de haver relação de causalidade entre as variáveis explicativas, tornado-se estas estatisticamente insignificantes. Do mesmo modo, a utilização das variáveis binárias falta<sub>10</sub>, “falta<sub>25</sub>, falta<sub>MA</sub>, falta<sub>NS</sub>, pol<sub>MA</sub>, pol<sub>VP</sub>, pol<sub>CA</sub>, invest<sub>AG</sub>, invest<sub>IS</sub>, invest<sub>CL</sub>, invest<sub>CB</sub> e invest<sub>TP</sub> foi motivada pela qualidade instrumental que o uso da variável binária proporciona, uma vez que essas, possuem um recurso classificatório de dados que possibilita dividir a amostra em vários subgrupos com base em seus atributos, permitindo tacitamente rodar regressões individuais para cada subgrupo.

O resultado do primeiro modelo fornece a variável irrigado, que revela o tamanho da área da propriedade em que se faz uso da irrigação. O coeficiente dessa variável e manipulação dos resultados do questionário aplicado aos 118 horticultores permite captar a sensibilidade da horticultura irrigada em relação à cobrança pelo uso da água.

### 5.5 SEGUNDO MODELO – CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ELASTICIDADE

Para conhecer os coeficientes que revelam as elasticidades estimadas dos horticultores favoráveis à cobrança, utilizou-se o modelo duplo log, baseado em Gujarati (2000), conforme a equação 28

$$\ln Y_i = \alpha + \beta_{2i} \ln X_i + \mu_i \quad (28)$$

Em que  $\ln = \log$  natural (isto é,  $\log$  à base  $e$ , em que  $e = 2,718$ ) e  $\alpha = \ln \beta_1$ .

Este modelo é linear nos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta_2$ , linear nos logaritmos das variáveis  $Y$  e  $X$ . Se as hipóteses do modelo clássico de regressão linear são satisfeitas, os parâmetros da equação 28 podem ser estimados por MQO, fazendo com que:

$$Y_i^* = \alpha + \beta_{2i} X_i^* + \mu_i \quad (29)$$

Em que  $Y_i^* = \ln Y_i$  e  $X_i^* = \ln X_i$ . Os estimadores MQO  $\hat{\alpha}$  e  $\hat{\beta}_2$  obtidos serão os melhores estimadores lineares não viesados de  $\alpha$  e  $\beta_2$ , respectivamente. Os coeficientes  $\beta_i$  medem a elasticidade de  $Y$  com relação a  $X$ , ou seja, a variação percentual em  $Y$  para uma dada variação percentual em  $X$ .

A fim de criar um índice de produtividade, as variáveis quantitativas *func*, *insum*, *consm* e *fatur* foram divididas pelo tamanho da área irrigada da propriedade. Dessa forma, tem-se o faturamento, o consumo, o gasto com fertilizantes e adubos e o número de funcionários por hectare irrigado. A partir dessas considerações, o modelo utilizado para o cálculo da elasticidade neste trabalho é demonstrado na equação 30.

$$\ln Y_i^* = \alpha + \beta_2 \ln \text{func}^* / \text{irrig} + \beta_3 \ln \text{insum}^* / \text{irrig} + \beta_4 \ln \text{consm}^* / \text{irrig} + \beta_5 \ln \text{fatur}^* / \text{irrig} \quad (30)$$

Em que:

$\ln Y_i^* =$  valor por  $m^3$  atribuído pelo horticultor ao pagamento pelo uso da água.

$\ln \text{func}^* / \text{irrig} =$  quantidade de funcionários por hectare irrigado.

$\ln insum/irrig$  = gasto mensal com insumos e fertilizantes por hectare irrigado.

$\ln consm/irrig$  = consumo mensal de água em m<sup>3</sup> por hectare irrigado.

$\ln fatur/irrig$  = faturamento mensal por hectare irrigado.

De acordo com os modelos apresentados, a equação 28 busca determinar o valor que os horticultores estariam dispostos a pagar (DAP) para desfrutarem de uma determinada quantidade de água, com aumento da qualidade ofertada e, a equação 31 busca explicar a elasticidade das variáveis qualitativas através de seus respectivos coeficientes.

## 5.6 PROCEDIMENTO PARA O CÁLCULO DO IMPACTO NO FATURAMENTO BRUTO MENSAL DO HORTICULTOR

De acordo com a pesquisa, o faturamento dos horticultores foi classificado em três classes: Horticultores que faturam até R\$ 30.000,00 anuais, foram classificados como horticultores com baixo faturamento, sendo a média mensal de faturamento dessa classe R\$ 1.524,87. Horticultores com faturamento entre R\$ 31.000,00 a R\$ 70.000,00 anuais, foram classificados como horticultores com médio faturamento, com média mensal de faturamento de RS 3.818,96. Por fim, horticultores com faturamento maior que R\$ 71.000,00, foram classificados como horticultores com alto faturamento, com média mensal de faturamento de RS 16.875,00. As classes de faturamento baixo, médio e alto possuem 67, 29 e 22 horticultores respectivamente, totalizando os 118 entrevistados.

A partir da classificação, procedeu-se da seguinte maneira para o cálculo do impacto nos custos mensais dos horticultores: Multiplicou-se consumo médio mensal de cada classe de faturamento, pelo preço do m<sup>3</sup> (0,0478) estimado no presente trabalho, verificando assim, o impacto da possível cobrança.

Na próxima seção é feita a análise e a discussão dos resultados encontrados neste trabalho.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA NA PRODUÇÃO IRRIGADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI**

### **6.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS**

Das 118 propriedades analisadas 94,92% são especializadas na produção de verduras e hortaliças (maiores consumidores de água) e apenas 5,08% produzem frutas. Constatou-se um tamanho médio de 19,26 há, entretanto, em muitos casos, o uso da irrigação é feito somente em partes da propriedade.

Dos 118 horticultores entrevistados, 26,27% são favoráveis à cobrança pelo uso da água, contra 73,73% que são contrários a qualquer tipo de pagamento. A maioria das propriedades utiliza mão-de-obra familiar e, somente em algumas épocas do ano contam com o trabalho de terceiros. Destaca-se que após a realização de inúmeras simulações, optou-se em manter no modelo geral a variável fatur, que indica o faturamento bruto da propriedade por mês em mil R\$, pois, apesar de não se mostrar significativa no modelo geral, individualmente ela é significativa a 5%. O mesmo critério foi adotado para a variável irrigado, pois no modelo geral não se mostrou significativa, porém individualmente é significativa a 10%.

O consumo médio de cada propriedade é de 197.618 m<sup>3</sup> de água por mês e em média, as plantas são irrigadas 31,69 vezes ao mês, sendo que 55,93% dos produtores irrigam 1 vez ao dia. O método de aspersão é o método de irrigação predominantemente utilizado, com 64,4%, seguido do método de gotejamento com 20,3% e do método misto (gotejamento e aspersão) com 10,2% e apenas 4,2% fazem uso da irrigação manual (mangueira).

O estudo revelou através da aplicação do questionário que 56,78% dos horticultores faturam até R\$ 30.000,00 anuais, 24,58% faturam entre R\$ 31.000,00 e R\$ 70.000,00 anuais e 18,64% faturam mais que 71.000,00.

Na opinião de 39,83% dos produtores, o dinheiro arrecadado com a possível cobrança não atingirá os benefícios propostos, 27,96% acreditam que haveria redução do consumo, 12,71% acham que iria reduzir a poluição e 9,32% disseram que a cobrança não provocaria nenhum efeito positivo ou negativo. Dos entrevistados, 26,28% estariam dispostos a adotar medidas para evitar que falte água e 73,72% não estariam.

A partir dos resultados do primeiro modelo, têm-se a sumarização das variáveis e as características gerais da amostra, apresentadas no Quadro 1. O desvio-padrão, o mínimo e o máximo são calculados para todas as variáveis da avaliação contingente da disposição a pagar pelo uso da água bruta.

**Quadro 1** – Sumário das variáveis.

| Variável        | Notação                   | Especificação  | média    | Desv. padrão | Mín.   | Máx.     |
|-----------------|---------------------------|--|----------|--------------|--------|----------|
| Disp. a pagar   | <i>DP</i>                 | Variável binária 1 pagar; 0 não pagar  | 0,2627   | 0,4419       | 0      | 1        |
| Área irrigada   | <i>irrigado</i>           | Tam. da propriedade em que se faz uso da irrigação em ha.  | 4,9754   | 8,0974       | 0,5    | 52,8     |
| Faturamento     | <i>fatur</i>              | Faturamento bruto da propried. por mês em mil R\$  | 4,9506   | 7,5387       | 0,8333 | 41,667   |
| Quant. de func. | <i>func</i>               | Quant. de funcionários, incluindo a família  | 4,7288   | 4,4466       | 1      | 25       |
| Insumo          | <i>insum</i>              | Gastos por mês c/insumos/fertilizantes na horticultura em mil R\$                                  | 1,4741   | 3,307        | 0,0083 | 25       |
| Consumo         | <i>consm</i>              | Cons. em m <sup>3</sup> de água/mês  | 1,98E+05 | 9,42E+05     | 0      | 9,87E+06 |
| Falta de água   | <i>falt<sub>10</sub></i>  | Variável binária - 0 já está com problemas de falta de água e 1 - terá problemas em 10 anos        | 0,1949   | 0,3978       | 0      | 1        |
| Falta de água   | <i>falta<sub>25</sub></i> | Variável binária - 0 já está com problemas de falta de água e 1 - terá problemas em 25 anos        | 0,09322  | 0,29198      | 0      | 1        |
| Falta de água   | <i>falta<sub>MA</sub></i> | Variável binária - 0 já está com problemas de falta de água e 1 - não, pois há muita água nos rios | 0,54237  | 0,50033      | 0      | 1        |
| Falta de água   | <i>falta<sub>NS</sub></i> | Variável binária - 0 já está com problemas de falta de água e 1 - não souberam responder           | 0,042373 | 0,2023       | 0      | 1        |
| Poluição        | <i>pol<sub>MA</sub></i>   | Variável binária - 0 continua com a atividade agrícola e 1 - mudariam de atividade                 | 0,5678   | 0,4974       | 0      | 1        |
| Poluição        | <i>pol<sub>VP</sub></i>   | Variável binária - 0 continua com a atividade agrícola e 1 - venderiam a propriedade               | 0,1101   | 0,3144       | 0      | 1        |
| Poluição        | <i>pol<sub>CA</sub></i>   | Variável binária - 0 continua com a atividade  | 0,04237  | 0,2023       | 0      | 1        |

|              |                            |  |        |        |   |   |
|--------------|----------------------------|--|--------|--------|---|---|
|              |                            | agrícola e 1 - passariam a criar animais   |        |        |   |   |
| Investimento | <i>invest<sub>AG</sub></i> | Variável binária - 0 setor de irrigação deveria receber invest. e 1 - setor de água e esgoto           | 0,1949 | 0,3978 | 0 | 1 |
| Investimento | <i>invest<sub>IR</sub></i> | Variável binária - 0 setor de irrigação deveria receber invest. e 1 - setor de irrigação e saneamento  | 0,1186 | 0,3247 | 0 | 1 |
| Investimento | <i>invest<sub>CL</sub></i> | Variável binária - 0 setor de irrigação deveria receber invest. e 1 - setor de coleta de lixo          | 0,1355 | 0,3438 | 0 | 1 |
| Investimento | <i>invest<sub>CB</sub></i> | Variável binária - 0 setor de irrigação deveria receber invest. e 1 - setor de construção de barragens | 0,1440 | 0,3526 | 0 | 1 |
| Investimento | <i>invest<sub>TP</sub></i> | Variável binária - 0 setor de irrigação deveria receber invest. e 1 - setor de transposição de vazão   | 0,0169 | 0,1296 | 0 | 1 |

**Fonte:** Elaboração do autor através de dados da pesquisa (2010).

Na Tabela 26, analisa-se a disposição do horticultor norte paranaense em pagar pelo uso da água bruta. No ajuste do modelo *logit* foram realizadas 8 interações. Na análise do  $R^2$  (*R-squared*), verificou-se que a regressão explica 31,28% da variação da probabilidade do usuário pagar pela água. No entanto, o baixo resultado do  $R^2$  era esperado, em vista da existência de grande variação em dados *cross-section*.

A variável *fatur* indica o faturamento bruto da propriedade por mês em mil R\$ e não se mostrou significativa no modelo geral, porém optou-se por mantê-la no modelo, pois individualmente ela é significativa a 5%. O resultado da variável *fatur* demonstra-se contraditório, uma vez que possui um sinal (-0,0651). Esperava-se um resultado positivo para este coeficiente, pois, sendo o faturamento um componente da renda e a água um insumo de produção, era de se esperar que com um faturamento mais elevado, a disposição a pagar seria positiva. O mesmo critério foi adotado para a variável *irrigado*, que revela o tamanho da área da propriedade em que se faz uso da irrigação em ha. No modelo geral, esta variável não se mostrou significativa, porém, individualmente é significativa a 10%. O resultado negativo de seu coeficiente (-0,0154) era esperado, pois quanto maior a área irrigada, maior é o uso de água e maior será os custos do horticultor, gerando-se assim uma aversão ao pagamento a uma possível tarifa.

A variável *func* revela a quantidade de funcionários, incluindo-se membros da família que trabalham na horticultura irrigada da propriedade. Possui um coeficiente positivo de (0,2273) e significativo a 5%. Isso indica que as propriedades que utilizam mão de obra de terceiros em conjunto com a familiar, possuem maior disponibilidade ao pagamento pelo uso da água do que as propriedades que não utilizam. Esse fato pode ter influenciado positivamente pela maior infraestrutura destinada à atividade por parte dessas propriedades, visto que, com isso aumenta-se a produtividade e o faturamento.

O coeficiente da variável *insum* que demonstra os gastos por mês com insumos e fertilizantes, na propriedade dedicada à horticultura, em mil R\$ é positivo e significativo a 10%, indicando que os produtores que fazem uso deste insumo tendem a ser mais receptivos ao pagamento pelo uso da água do que produtores que não o fazem. A explicação pode estar no maior poder financeiro da propriedade, uma vez que o uso de insumos e fertilizantes requer um maior aporte de recursos por parte do produtor.

A variável *consm* que revela o consumo em  $m^3$  mensal de água não se demonstrou significativa no modelo geral e individualmente, assim como as variáveis binárias *falta<sub>10</sub>*, *falta<sub>25</sub>*, *falta<sub>MA</sub>* e *falta<sub>NS</sub>* que versam sobre a opinião do horticultor a respeito da possível falta de água em sua região.

**Tabela 26** – Estimativas do modelo *logit* - Variável dependente: decisão a pagar pelo uso da água (DAP).

| <b>Variáveis explicativas</b> | <b>Logit Estimador</b> |
|-------------------------------|------------------------|
| <i>const</i>                  | -1,7113<br>(0,1584)    |
| <i>irrigado</i>               | -0,0154<br>(0,8229)    |
| <i>fatur</i>                  | -0,0651<br>(0,5306)    |
| <i>func</i>                   | 0,2273<br>(0,0449) **  |
| <i>insum</i>                  | 0,3697<br>(0,0995) *   |
| <i>consm</i>                  | 0,0000<br>(0,4365)     |
| <i>falta<sub>10</sub></i>     | -1,4062<br>(0,1748)    |
| <i>falta<sub>25</sub></i>     | 0,5520<br>(0,5963)     |
| <i>falta<sub>MA</sub></i>     | -0,5864<br>(0,4821)    |
| <i>falta<sub>NS</sub></i>     | -0,8642<br>(0,5682)    |
| <i>pol<sub>MA</sub></i>       | 0,0296<br>(0,9697)     |
| <i>pol<sub>VP</sub></i>       | 2,0369<br>(0,0595) *   |
| <i>pol<sub>CA</sub></i>       | 4,9819<br>(0,0028) *** |
| <i>invest<sub>AG</sub></i>    | -1,8418<br>(0,0913) *  |
| <i>invest<sub>IS</sub></i>    | 0,8049<br>(0,2989)     |
| <i>invest<sub>CI</sub></i>    | -0,4236<br>(0,6508)    |
| <i>invest<sub>CB</sub></i>    | -0,8351<br>(0,3639)    |
| <i>invest<sub>TP</sub></i>    | 1,0738<br>(0,5431)     |

|                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| R <sup>2</sup> (R-squared) | 31,28%                        |
| Número de interações       | 8                             |
| Número de observações      | 118                           |
| DAP estimada               | R\$ 0,0478 por m <sup>3</sup> |

**Fonte:** Elaboração do autor através de dados da pesquisa (2010).

\*\*\* Significativo a 1% - \*\* Significativo a 5% - \* Significativo a 10%

Os dados da pesquisa revelam que 54,23% dos horticultores acreditam que não terão problemas por falta de água, pois, segundo eles, existe muita água nos mananciais de sua região. Entre os entrevistados, há 19,49% que acreditam que a região enfrentará problemas de escassez nos próximos de 10 anos, e 9,32% que enfrentarão problemas nos próximos 25 anos, ou seja, a maioria não acredita que sofrerão os impactos de uma falta de água no curto prazo. Isso pode ajudar a explicar a pouca influência que estas variáveis possuem na decisão do horticultor em pagar pelo seu uso.

No diagnóstico das variáveis binárias  $pol_{MA}$ ,  $pol_{VP}$  e  $pol_{CA}$ , que tratam das ações que os horticultores tomariam, caso os rios que abastecem sua propriedade estivessem poluídos, tem-se que: se mostrou significativa a 1% a variável binária  $pol_{CA}$ , indicando que, caso se mantenham constante os demais fatores, os horticultores que optaram pela criação de animais como nova atividade são mais propensos a aceitar uma tarifa pelo uso da água. Do mesmo modo é significativa a 10% a variável  $pol_{VP}$ , a qual revela que os horticultores que optaram por vender a propriedade, mantendo constante os demais fatores, também são propensos a aceitar um pagamento pelo uso da água.

No exame das variáveis binárias  $invest_{AG}$ ,  $invest_{IS}$ ,  $invest_{CI}$ ,  $invest_{CB}$  e  $invest_{TP}$  que abordam a questão de qual setor deveria receber primeiro o investimento oriundo dos recursos arrecadados com a possível cobrança, a variável que se mostrou significativa foi a variável  $invest_{AG}$ , com significância de 10%. Isso indica que, mantendo os demais fatores constantes, os horticultores que apontaram o setor de água e esgoto é o que deveria receber primeiro os investimentos, são os mais favoráveis a reagir positivamente à cobrança pelo uso da água.

Observou-se que dos 118 horticultores entrevistados, 87 (73,73%) são contrários à cobrança e 31 (26,27%) são favoráveis. Essa aversão ao pagamento demonstrada pelo resultado da disposição a pagar (DAP) encontrado no modelo *logit*, é de R\$ 0,0478 por m<sup>3</sup>.

A partir dos resultados do segundo modelo, tem-se na Tabela 27, a apresentação das variáveis quantitativas e seus respectivos coeficientes, os quais revelam a elasticidade estimada através do modelo duplo *log*. De acordo com os dados, a variável que se mostrou significativa com nível de significância de 10%, foi a variável *lnconsm/irrig*, que revela o índice de produtividade do consumo mensal de água por hectare irrigado, indicando que a cada 1% de aumento no consumo, a disposição ao pagamento pelo uso da água diminui em 0,2626%.

As variáveis *lnfunc/irrig*, que revela o índice de produtividade do número de funcionário por hectare irrigado, *lninsum/irrig*, que revela o índice de produtividade dos gastos mensais com insumos por hectare irrigado e *lnfatur/irrig*, que revela o índice de produtividade do faturamento mensal por hectare irrigado não se mostraram significativas.

**Tabela 27** – Elasticidades das variáveis quantitativas.

| Variáveis                  | coeficiente | erro padrão | p-valor  |
|----------------------------|-------------|-------------|----------|
| <i>const</i>               | 0,1226      | 1,1900      | 0,9188   |
| <i>lnfunc/irrig</i>        | 0,1283      | 0,2570      | 0,6221   |
| <i>lninsum/irrig</i>       | 0,1888      | 0,3679      | 0,6124   |
| <i>lnconsm/irrig</i>       | -0,2626     | 0,1418      | 0,0759 * |
| <i>lnfatur/irrig</i>       | -0,3069     | 0,3939      | 0,4432   |
| R <sup>2</sup> (R-squared) | 12,12%      |             |          |
| Teste de Breusch-Pagan     | 0,8522      |             |          |
| Fator VIF                  | 1,28        |             |          |

**Fonte:** Elaboração do autor através de dados da pesquisa (2010).

\* Significativo a 10%

Como é desejável que a variância dos resíduos *eij* gerados pela estimação de um modelo seja constante, aplicou-se o teste de heteroscedasticidade de Breusch-Pagan para saber se os dados são homogêneos ou heterogêneos. De acordo com o teste aceita-se a hipótese nula de que a variância é constante, pois o valor *p* do teste é superior a 0,05, ou seja, o modelo não possui problemas de heteroscedasticidade. Também foi aplicado teste de Fator de Inflação de Variância (VIF), para verificar a existência de multicolinearidade.

O resultado foi de 1,21 para todas as variáveis, ficando abaixo de 10, indicando ausência de multicolinearidade. Dessa forma, as variáveis explicativas (*irrigado*, *fatur*, *func*, *insum*, *consm*, *falta*<sub>10</sub>, *falta*<sub>25</sub>, *falta*<sub>MA</sub>, *falta*<sub>NS</sub>, *pol*<sub>MA</sub>, *pol*<sub>VP</sub>, *pol*<sub>CA</sub>, *invest*<sub>AG</sub>,

$invest_{IS}$ ,  $invest_{CB}$ ,  $invest_{CB}$  e  $invest_{TP}$ ) conservam uma relação de ortogonalidade entre si, não interferindo na precisão dos estimadores dos coeficientes de regressão.

## 6.2 IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA SOBRE O FATURAMENTO BRUTO DO HORTICULTOR

O impacto da cobrança pelo uso da água é um indicador auxiliar na análise socioeconômica de empreendimentos e costuma ser adotado para o cálculo da capacidade de pagamento dos usuários. Em geral, esse indicador não pode superar o montante de 3% a 5% do faturamento (SIGPROM/RMC, 1999).

A falta de conhecimento sobre as relações de impactos entre atividade econômica e perda de qualidade ambiental, não permitem uma determinação precisa dos danos ambientais para cada tipo de poluição. (MOTTA, 1998b).

Esta seção verifica o impacto da cobrança pelo uso da água bruta sobre o faturamento bruto mensal do horticultor através das simulações descritas na Tabela 28.

De acordo com as três simulações, a cobrança de R\$ 0,0478 por m<sup>3</sup> sobre o consumo mensal de água bruta dos horticultores teriam os seguintes impactos:

A classe de baixo faturamento teria um impacto de R\$ 55,96, representando 3,67% de aumento nos custos mensais do horticultor.

A classe de médio faturamento teria um impacto de R\$ 49,92 mensais, representando 1,31% de aumento nos custos do horticultor.

A classe de alto faturamento teria um impacto de R\$ 270,43 mensais, representando 1,60% de aumento nos custos do horticultor.

A três simulações estão dentro do limite considerado adequado para o setor, que é de 3% a 5% do faturamento bruto mensal de uma empresa rural, que em sua maioria é de constituição familiar. Entretanto, o resultado da primeira simulação corrobora com as questões debatidas na análise da experiência internacional, pois ao sujeitar o grupo de agricultores com o menor faturamento a uma carga tributária relativamente maior que os demais, geram-se os mesmos problemas mencionados, tais como: efeitos negativos sobre a renda de curto prazo dos agricultores mais pobres, desestímulo e diminuição da produção e dificuldade em manter a rentabilidade dessa classe de horticultores.

**Tabela 28** – Impacto da cobrança pelo uso da água bruta sobre o faturamento bruto mensal do horticultor (R\$).

| Simulações por classe de faturamento | Faturamento médio mensal por classe em R\$ | Consumo médio mensal da propriedade (em m <sup>3</sup> )* por classe de faturamento | Valor da (DPA) em R\$ | Valor da cobrança mensal por propriedade (em R\$) | Nº de irrigantes por classe de faturamento | Impacto da cobrança pelo uso da água sobre o faturamento mensal (em %) por classe |
|--------------------------------------|--|---|-----------------------|---|--|---|
| 1º - baixo                           | 1.524,87                                   | 117.074,32  | 0,0478                | R\$ 55,96   | 67   | 3,67%   |
| 2º - médio                           | 3.818,96                                   | 104.431,28  | 0,0478                | R\$ 49,92   | 29   | 1,31%   |
| 3º - alto                            | 16,875,00                                  | 565.744,18  | 0,0478                | R\$ 270,43  | 22   | 1,60%   |

**Fonte:** Dados da Pesquisa (Setembro, 2010).

\* 1 m<sup>3</sup> equivale a 1000 litros de água.

A Tabela 29 demonstra o percentual de horticultores de cada classe de faturamento que são favoráveis à cobrança. Dos 118 horticultores entrevistados, 31 são favoráveis. Desses, 16 (23,88%) pertencem a classe de baixo faturamento, 6 (20,69%) pertencem a classe de médio faturamento e 9 (40,91%) pertencem a classe de alto faturamento.

Os horticultores com o maior faturamento estão percentualmente mais dispostos a pagar pelo uso da água do que os demais. Verificou-se também que a classe classificada como baixo faturamento, percentualmente é mais receptiva ao pagamento de uma tarifa do que a classe de médio faturamento.

**Tabela 29** – Percentual de horticultores favoráveis à cobrança por classe de faturamento.

| Classes de faturamento | Faturamento médio mensal por classe | Nº total de horticultores por classe | Nº de horticultores Dispostos a pagar por classe | % dos dispostos a pagar por classe |
|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| Baixo                  | R\$ 1.524,87                        | 67                                   | 16   | 23,88%                             |
| Médio                  | RS 3.818,96                         | 29                                   | 6  | 20,69%                             |
| Alto                   | RS 16.875,00                        | 22                                   | 9  | 40,91%                             |
| <b>Total</b>           |                                     | <b>118</b>                           | <b>31</b>  | -                                  |

**Fonte:** Dados da Pesquisa (Setembro, 2010).

Outra questão que é discutida é a de quem irá absorver o impacto da cobrança. De acordo com a pesquisa, 29,03% dos produtores dispostos a pagar, disseram que absorveriam o impacto da possível cobrança, 41,94% repassariam parcialmente e 29,03% disseram que repassariam totalmente o aumento dos custos ao consumidor final. Segundo eles, o preço praticado nesse tipo de atividade já é bem competitivo, sendo quase inviável o repasse total ao consumidor final. Assim, levando-se em consideração que o consumo e o faturamento médio dos 118 horticultores pesquisados é de 197.618 m<sup>3</sup> e R\$ 4.950,565 por mês respectivamente, o impacto no custo médio destes seria em torno de R\$ 94,47 mensais, caso se mantiverem os atuais padrões de consumo.

A Tabela 30 traz um comparativo do preço médio cobrado ou estimado em R\$ por m<sup>3</sup> pelo consumo de água bruta em algumas regiões/bacias nos países e estados brasileiros analisados nesse estudo.

**Tabela 30** – Preço médio estimado em R\$ por m<sup>3</sup> pelo uso da água bruta nos países e estados brasileiros analisados.

| Países  |   |                          |                                |                                |                                   |   |
|---|---|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| Província de Zeerust<br>África do Sul                                     | Vale do rio Jordão<br>Jordânia              | Província Henan<br>China | Província Nigxia<br>China      | Microbacia de Kothapally Índia | Bacia do estado da Geórgia<br>EUA |   |
| <b>Valor médio por m<sup>3</sup> em R\$</b>                               |   |                          |                                |                                |                                   |   |
| 0,032   | 0,43  | 0,02                     | 0,0053                         | 0,068                          | 0,246                             |   |
| Bacias analisadas no Brasil   |   |                          |                                |                                |                                   |   |
| Bacia do rio Jaguaribe<br>CE  | Bacia do rio Paraíba do Sul<br>SP - MG - RJ | Bacia PCJ<br>SP - MG     | Bacia do rio Santa Maria<br>RS | Bacia do rio Pardo<br>RS       | Bacia do rio das Ondas<br>BA      | Bacia do rio São Francisco<br>BA - MG - PE - AL<br>- SE - GO - DF |
| <b>Valor médio por m<sup>3</sup> em R\$ para captação</b>                 |   |                          |                                |                                |                                   |   |
| 0,055   | 0,033                                       | 0,03                     | 0,03                           | 0,066                          | 0,03                              | 0,033   |
| <b>Valor estimado por m<sup>3</sup> em R\$ para a bacia do rio Tibagi</b> |   |                          |                                |                                |                                   |   |
| 0,0478  |   |                          |                                |                                |                                   |   |

**Fonte:** Dados da Pesquisa (setembro, 2010).

Das regiões/bacias mostradas na Tabela 30, a bacia do rio Jordão, na Jordânia é a que cobra um maior valor, tarifando seus irrigantes em cerca de R\$ 0,43 por m<sup>3</sup>, sendo quase 10 vezes maior que o preço estimado no presente estudo. Em seguida vem o

estado da Geórgia, nos Estados Unidos, cobrando R\$ 0,246 por m<sup>3</sup>. Os menores valores por m<sup>3</sup> entre os países analisados são da província de Zeerust, África do Sul e Henan, província da China. O preço de 0,02/m<sup>3</sup> pago pelos irrigantes de Henan é três vezes menor que preço estimado por Arend e Silva (2007) para os irrigantes da bacia do rio Pardo 0,066/m<sup>3</sup>.

Na bacia do rio Pardo, o preço ótimo estimado para o setor de irrigação, (0,066/m<sup>3</sup>) é o dobro do valor estimado para a bacia do rio Santa Maria, superando o preço de reserva dos irrigante.

De acordo com a Tabela 30, a finalidade dos valores cobrados ou estimados nas bacias brasileiras é para captação de água bruta. No caso da bacia do rio Jaguaribe, o setor de fruticultura possui uma capacidade de pagamento de quase três vezes mais do que os setores de irrigação de perímetro público, grãos e pecuária e grãos.

A tarifa de R\$ 0,0478/m<sup>3</sup> encontrada no presente trabalho, se enquadra em um valor intermediário ao cobrado em quase todos os estados brasileiros analisados. Os valores mais elevados, pertencem à bacia do rio Pardo no estado do Rio Grande do Sul, que cobra R\$ 0,066 por m<sup>3</sup> e à bacia do rio Jaguaribe, no Ceará, que cobra R\$ 0,055 por m<sup>3</sup>.

Na próxima seção são feitas as considerações finais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão ambiental expõe a retórica do discurso do desenvolvimento sustentável. A discussão a respeito da escassez dos recursos hídricos faz parte da agenda dos governos e das políticas ambientais há algum tempo.

Os argumentos a respeito da posse e valoração dos recursos hídricos requer a tutela por parte do Estado, configurando-se como essencial na construção do fundamento teórico da criação do mercado da água. Dessa forma, as definições de mecanismos de precificação e de gestão dos recursos hídricos além de estarem intimamente relacionados à teoria econômica, no que tange a formação de preços, passaram a se firmar sobre leis federais e estaduais.

Assim, apesar de a Lei estadual 12.726/99 instituir a cobrança pelo uso da água bruta no Paraná e isentar as captações destinadas à produção agropecuária, dada a importância da questão, o presente estudo foi realizado com o intuito de conhecer a disposição ao pagamento caso a cobrança fosse instituída.

A precificação dos recursos hídricos e de suas formas de uso é baseada na valoração econômica da água, a qual busca estabelecer a equidade entre o valor a ser cobrado e a aplicação dos recursos arrecadados, objetivando cobrir os custos de preservação e manutenção do sistema hídrico.

De acordo com Pereira (1996) existem quatro usos de água que podem ser cobrados: 1) uso da água disponível no ambiente (água bruta) como fator de produção ou bem de consumo final; 2) uso de serviços de captação, regularização, transporte, tratamento e distribuição de água; 3) uso de serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (serviço de esgotamento) e 4) uso da água disponível no ambiente como receptor de resíduos.

Na agricultura, embora o uso da irrigação propicie benefícios incontestáveis, tais como o aumento da produtividade e, conseqüentemente, maior lucro ao produtor, também pode causar impactos adversos ao meio ambiente e à qualidade do solo e da água, como por exemplo: erosão, salinização, saturação e eutrofização, os quais são provenientes de sistemas de irrigação mal manejados. Dessa forma, os benefícios sócio-econômicos somente serão positivos se os projetos de irrigação tiverem sustentabilidade econômica e sustentabilidade ambiental, ou seja, se forem economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis.

No que se refere à criação do mercado da água, a implantação de seus fundamentos constitui meios para alcançar os objetivos pertinentes à preservação ambiental. Esses fundamentos podem ser utilizados paralelamente ou em complemento com outras ferramentas, tais como, regulamentações legais, acordos com indústrias, políticas públicas etc. Ademais, os mecanismos do mercado da água que possuem caráter econômico, além de se traduzirem em transferência financeira dos agentes privados para o governo, influenciam o comportamento dos agentes econômicos, modificando suas ações de forma favorável ao meio ambiente. A necessidade da preservação ambiental é evidente e o desafio é, entre outros, o de harmonizar os instrumentos de política ambiental e a competitividade entre os agentes econômicos, de modo que não haja comprometimento dos recursos hídricos no futuro.

Na análise da experiência internacional relacionada à cobrança pelo uso da água, foram identificadas algumas semelhanças com a experiência brasileira, como a crescente preocupação com a escassez de recursos hídricos e a busca pela formulação de leis que reduzam a ineficiência e o uso excessivo de água.

Verificou-se também, que os custos de *setup*<sup>19</sup> dos equipamentos de irrigação são altos, tanto nos países analisados, como no Brasil, onde o método de aspersão convencional é o mais usado, devido à facilidade de manejo e custo relativamente menor. Nesse estudo, verificou-se que dos 118 horticultores pesquisados na bacia do rio Tibagi, 64,4% utilizam o método de aspersão convencional.

No tocante à abordagem quantitativa do presente trabalho, para realização dos cálculos aplicou-se o Método de Valoração Contingente para identificar a disposição a pagar (DAP) pelo uso da água bruta dos horticultores pertencentes à bacia hidrográfica do rio Tibagi. O resultado da estimativa, com o uso do modelo *logit* chegou ao valor estimado da disposição em pagar de R\$ 0,0478 por m<sup>3</sup>.

Para esses horticultores dispostos a pagar pelo uso da água, foi realizado também o cálculo da elasticidade por variável quantitativa. O resultado demonstrou que o coeficiente da variável *Inconsm/irrig* se mostrou significativo a 10%. Essa variável mostra consumo de água por área irrigada e seu coeficiente apresentou um valor negativo de (-0,2626). Isso revela que a cada 1% de aumento no consumo, a disposição em pagar pelo uso da água diminui em 0,2626%.

Apesar de as três simulações realizadas ficarem dentro do limite considerado adequado para o setor, que é de 3% a 5% do faturamento bruto mensal de uma

---

<sup>19</sup> Tempo compreendido entre a paralisação da atividade de um equipamento, a troca de seu ferramental e a volta de sua produção.

empresa rural, o impacto da cobrança de uma tarifa de R\$ 0,0478 por m<sup>3</sup> sobre o consumo mensal de água teria os seguintes impactos: Para a classe de faturamento baixo, um impacto de R\$ 55,96 mensais, representando 3,67% de aumento nos custos do horticultor. Para a classe de faturamento médio, um impacto de R\$ 49,92 mensais, representando 1,31% de aumento nos custos. Para a classe de faturamento alto, um impacto de R\$ 270,43 mensais, representando um aumento de 1,60% de aumento nos custos.

Constatou-se que caso existisse a cobrança, a classe de baixo faturamento seria a mais onerada, respondendo com um impacto de 3,67% em seus custos. Contudo, destaca-se que, essa classe é percentualmente mais receptiva ao pagamento de uma tarifa do que a classe de médio faturamento, pois dos 67 horticultores pertencentes a classe de baixo faturamento, 23,88% são favoráveis a cobrança. Dos 29 horticultores da classe médio faturamento, 20,69% são favoráveis. A maior disponibilidade ao pagamento pertence à classe de alto faturamento, pois dos 22 horticultores, 40,91% são dispostos a pagar pelo uso da água.

O valor estimado para a DAP de R\$ 0,0478 por m<sup>3</sup> apresenta um valor intermediário entre os valores cobrados ou estimados em outros estados brasileiros analisados. Os resultados demonstram forte resistência dos horticultores em relação à aplicação da possível cobrança. Constatou-se também, durante as entrevistas, que na concepção dos horticultores, a água é um bem do qual eles já são proprietários, pois a captação feita em rios e represas que estão dentro de suas propriedades confere a eles esse direito. Sendo assim, na opinião deles, o governo não deve cobrar por um bem do qual eles já se consideram donos. Além disso, para 39,83% dos horticultores o destino do dinheiro arrecadado com a possível cobrança não proporcionaria os benefícios prometidos, o que ajuda explicar a forte resistência ao pagamento.

Além da baixa disposição em pagar obtida nesse trabalho, a hipótese levantada de que a horticultura irrigada é sensível a cobrança pelo uso da água, foi confirmada através de dois aspectos: o primeiro é o resultado do cálculo da variável *irrigado*, que revela o tamanho da área da propriedade em que se faz uso da irrigação. O coeficiente dessa variável demonstrou um resultado negativo de (-0,0154), indicando forte oposição dos horticultores ao pagamento, pois quanto maior a área irrigada, maior será o impacto no seus custos. O segundo aspecto que confirma essa afirmação é o resultado do questionário aplicado aos horticultores: de um total de 118 entrevistados, apenas 26,27% se mostraram favoráveis à cobrança e 73,73% se mostraram contrários a qualquer pagamento. Segundo eles, a competitividade no setor é grande e a cobrança poderia inviabilizar suas atividades, cuja rentabilidade é pequena.

O comparativo realizado na seção 4 entre os pontos positivos e negativos da cobrança pelo uso da água bruta nos países analisados (África do Sul, Jordânia, China, Índia, Canadá, Estados Unidos/México e Espanha) permite reforçar a hipótese levantada nesse trabalho de que a agricultura irrigada é sensível a cobrança pelo uso da água, pois verificou-se que os impactos positivos da cobrança pelo uso da água bruta, na maioria dos países analisados, convergem para a diminuição do uso água, seja pela implantação de melhores sistemas de irrigação, melhorando a eficiência, seja pela diminuição do consumo, resultante do aumento dos custos de captação dos irrigantes.

O trabalho apresentou algumas limitações, como, por exemplo: do número total de produtores associados à APRONOR, muitos não estão mais ativos, o que diminuiu o número de indivíduos da amostra. Outro problema pode ter sido provocado por um possível viés na especificação do modelo apresentado, visto que se buscou incorporar novas variáveis ao modelo matemático criando-se variáveis binárias com o intuito de melhor captar as respostas dos horticultores, pois, em muitos casos, as informações não eram facilmente extraídas. Esse viés pode ter provocado um baixo nível de significância das variáveis, dificultando a análise.

Acredita-se que este trabalho representa uma contribuição à discussão em torno da gestão e da cobrança pelo uso dos recursos hídricos da bacia do rio Tibagi, podendo oferecer subsídios técnicos e analíticos de suporte aos processos de cobrança pelo uso da água bruta no setor agrícola produtivo paranaense, os quais estão sendo desenvolvidos no estado. Entretanto, cabe ressaltar a necessidade aperfeiçoar a abordagem aqui aplicada, avançando na discussão em trabalhos futuros, a fim de se buscar sustentabilidade ambiental e alternativas de cobrança que estejam em conformidade com a realidade dos produtores.

## REFERÊNCIAS

ABAD, E. P. G. **Proposta de fixação de preço da água para irrigação na agricultura, utilizando a metodologia da programação matemática positiva**. 2007. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2007.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio São Francisco**. 2010. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/cobrancauso/BaciaSF.asp>>. Acesso em 22 set. 2010.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos do Brasil**. 2009. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/download.aspx>. Acesso em 14 jan. 2010.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Cobrança pelo uso de recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Relatório da agência nacional de águas. 2008. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/CobrancaUso/\\_docs/Relat\\_GECOB\\_PCJ\\_2\\_008\\_e-book.pdf](http://www.ana.gov.br/CobrancaUso/_docs/Relat_GECOB_PCJ_2_008_e-book.pdf)>. Acesso em 10 dez. 2009.

ANA - Agência Nacional de Águas. A ANA e a agricultura sustentável. In Seminário Desafios à expansão da agropecuária brasileira. 2006, Brasília. **Anais...** Brasília, 2006. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/institucional/aspar/docs/P2\\_ANA\\_JoseMachado.pdf](http://www.ana.gov.br/institucional/aspar/docs/P2_ANA_JoseMachado.pdf)>. Acesso 15 jan. 2011.

ANDRADE, C. de L. T de. **Seleção do sistema de irrigação**. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, dez de 2001.

AREND, S. C.; SILVA, J. da . Cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Pardo. **Estudos do CEPE** (UNISC), v. 25, p. 36-56, 2007.

ASSOCIAÇÃO NORTE PARANAENSE de HORTICULTORES (APRONOR), 2010.

ATACADO DE FRUTAS VERDURAS de LONDRINA (CEALON), 2010.

BACEN. Banco Central do Brasil. Brasília, 2010. **CONVERSOR DE MOEDAS** [do]. Disponível em< <http://www4.bcb.gov.br/?txconversao> >. Acesso em 28 ago. 2010.

BARTH, F.T. **Aspectos institucionais do rerenciamento de Recursos hídricos**, In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2.ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

BARROS, M. T. L.; Borges, C. B. N.; Mendes, L. A.; Alves, G. H. T. A cobrança pelo uso da água e o perfil típico do usuário da água: uma abordagem preliminar. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SUDESTE, 1., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2006.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 596 p.

BJORNLUND, H ; NICOL, L.; KLEIN, K. K. Challenges in implementing economic instruments to manage irrigation water on farms in southern Alberta. **Agricultural Water Management**, v. 9 2, p131–141, aug. 2007.

BORGES J, J. C. F. **Agricultura irrigada: benefícios e impactos**. 2007. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra.

BRASIL. Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, jul. 2000. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9984.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm)> Acesso em: 13 fev. 2006. Acesso em: 25 agos. 2010.

\_\_\_\_\_. Lei Federal nº 9.433, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm). Acesso em 26 ago. 2010.

\_\_\_\_\_. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. 27. ed. São Paulo: Saraiva, 1991.

\_\_\_\_\_. Decreto Nº 89.496, de 29 de março de 1984, que regulamenta a Lei 6.662/79, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília Seção 1. p. 4502, mar. 1984.

\_\_\_\_\_. Lei 6.662, de 25 de junho de 1979. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, jun. 1979. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6662.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6662.htm). Acesso em 06 dez. 2010.

BYRNS, R. T.; STONE, G. W. **Microeconomics**. Harper Collins College Publishers. Nova Iorque/EUA. 1992. 452 p.

CALDERONI, S. Economia ambiental. In: \_\_\_\_\_. **Curso de gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

CAMPOS, R. T. Análise da capacidade de pagamento para água bruta dos produtores da irrigação pública na bacia do Jaguaribe, Ceará, Brasil. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DO CEARÁ EM DEBATE, 4., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: IPECE, 2008. v. 1. p.01-16.

CAMPOS, M. DE B. J. **Cobrança pelo uso da água**: análise dos impactos na pecuária e agroindústria leiteira e avaliação da aceitabilidade. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

CAMPOS, M. de B. J.; GUEDES, J. F.; RIBEIRO, M. M. R. Avaliação do conhecimento e da aceitabilidade da cobrança pelo uso da água bruta na bacia do rio Paraíba: caso de estudo - Cidade de campina grande, PB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2007.

CAMPOS, J. N. B. **Mercado de Águas em Áreas Limitadas**: uma Experiência e Uma Proposta In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1999.

CÁNEPA, E. M.; PEREIRA, J. S.; LANNA, A. E. A política de recursos hídricos e o princípio usuário pagador. RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 4, n. 1, Jan/Mar, 1999. p.103-117.

CAROLO, FABIANA. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**: instrumento para o desenvolvimento sustentável? Estudo das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CARRERA-FERNANDEZ, J; GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Coleção Pré-textos, Salvador: Edufba, 2002.

CARRERA-FERNANDEZ, J; MENEZES, W. F. A avaliação contingente e a estimativa da função de demanda por água potável. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 31, n.1, Jan-Mar, 2000, p. 8 – 34.

CARVALHO, A. M.; LEE, F.; AGUIAR, M. do A. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Anhangüera** v.6 n.1 jan./dez. p.57-74 2005. Disponível em: <[http://www.anhanguera.edu.br/home/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=94&Itemid=241](http://www.anhanguera.edu.br/home/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=94&Itemid=241)> Acesso em: 25 de ago. 2009.

CHRISTOFIDIS, D. Impactos Socioeconômicos da Agricultura irrigada. In: SEMINÁRIO NACIONAL: Agricultura Irrigada e Desenvolvimento Sustentável. 2009. São Paulo. **Anais... ESALQ/USP**, 2009.

CHRISTOFIDIS, D. Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. 2006. **ITEM**, Brasília, n.69/70, p. 87-97.

CHRISTOFIDIS, Demetrios. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos in THEODORO, SUZI HUFF (Org.) **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

CNI - Confederação Nacional da Indústria/COEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente: FINDES/CONSUMA. In: SEMINÁRIO O VALOR ECONÔMICO DA ÁGUA: IMPACTOS SOBRE O SETOR INDUSTRIAL NACIONAL. **Anais...** Vitória, 09 de julho de 2002.

Disponível em:

<<http://www.cni.org.br/portal/data/pages/FF808081239C151201239F3211D766CE.htm>>

Acesso em: 25 de ago. 2009.

COASE, Ronald. The problem of social cost. **The Journal of Law and Economics**, v.3, n.1, p.1- 44, Oct. 1960.

COELHO, E. F; FILHO, M. A; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Revista Bahia Agrícola**, Salvador, v.7, n.1, set. 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005** – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. 2005.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Revisão da Divisão de Queda do Trecho Médio do Rio Tibagi**. Curitiba, 1997.

DADASER-CELIK, F.; BREZONIK, P. L.; STEFAN, H. G. Agricultural and environmental changes after irrigation management transfer in the Develi Basin, Turkey. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 22, n 1, 47-66p. set. 2007.

**Deliberação CEIVAP n. 65/2006**, de 28 de setembro de 2006. CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul). Disponível em <[www.ana.gov.br/gestaorecursoshidricos/cobrancauso](http://www.ana.gov.br/gestaorecursoshidricos/cobrancauso)> Acesso em 01 ago. 2010.

**Deliberação CEIVAP n. 15/2002**, de 04 de novembro de 2002. Disponível em <[www.comitepcj.sp.gov.br](http://www.comitepcj.sp.gov.br)> Acesso em 02 de ago. 2010.

DOMINGUES, A. F.; SANTOS, D. G. dos. Considerações sobre a formação de preços. In: THAME, Antônio Carlos de Mendes (Org.) **A cobrança pelo uso da água na agricultura**. São Paulo: IQUAL, 2004.

DOPPLER, W.; SALMAN, A. Z.; KARABLIEH, E. K.; WOLFF, HEINZ-PETER. The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of the Jordan Valley. **Agricultural Water Management Journal**, v. 55, 171–182p. dec. 2001.

FAGANELLO, C. R. **Fundamentação da cobrança pelo uso da água na agricultura irrigada, na microbacia do Ribeirão dos Marins, PiracicabaS/P**. 2007. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FAO – Food and Agriculture Organization. **Água y cultivos, logrando el uso óptimo del agua em la agricultura**. Roma, Itália, 2002.

FARIAS, T. Q. **Outorga de direito de uso dos recursos hídricos no ordenamento jurídico brasileiro**. 2008. Disponível em: <[http://www.esmarn.org.br/ojs/index.php/revista\\_teste/article/viewFile/37/27](http://www.esmarn.org.br/ojs/index.php/revista_teste/article/viewFile/37/27)>. Acesso em 12 set. 2010.

FERGUSON, C. E. **Teoria microeconômica**. 14 ed., Rio de Janeiro, Ed. Forense Universitária, 1990.

FERRAZ, C. A. L. **A cobrança pelo uso e poluição da água: o caso da sub-bacia do rio de ondas no oeste da Bahia**. 2008. Dissertação (Mestrado Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

FORGIARINI, F. R. **Modelagem da cobrança pelo uso da água bruta para aplicação em escala real na bacia do rio Santa Maria**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

GAMA, R. G.; BARCELLOS, F.C.; de CARVALHO, P. G. M. Aplicação de Recursos Obtidos com a Cobrança pelo Uso da Água Bruta: um Olhar para a Bacia do Paraíba do Sul. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 7., 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza. UNIFOR, 2007.

GARRIDO, R. **Considerações sobre a formação de preços para a cobrança pelo uso da água no Brasil**. Thame, A. C. M. (Org.). Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Habitação (SRHSH) Governo do estado da Bahia, 2001.

GLASER, B. G. **Examples of Grounded Theory: A Reader**. Mill Valley, CA: Sociology Press, 1993.

GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; RIESGO, L. Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. **Agricultural Economics**, v 31, p. 47–66, 2004.

GONZALEZ-ALVAREZ, Y. KEELER, A. G. MULLEN, J. D. Farm-level irrigation and the marginal cost of water use: Evidence from Georgia. **Journal of Environmental Management**, v. 80, 311–317 p. mar. 2006.

GRANZIERA. Maria Luiza Machado. A cobrança pelo uso da água. **Revista EJ**. Centro de Estudos Judiciários. Brasília n.12, p. 71-74, set/dez. 2000.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 3 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

GURGEL; V. A. **Cobrança pelo uso da Água: experiência internacional e nacional**. Trabalho apresentados na disciplina Instrumentos Econômicos e o Meio Ambiente, cursada no doutorado do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília– CDS/UnB no 1º semestre de 2001.

JORDAN VALLEY AUTHORITY. **Review of Jordan Valley Authority Irrigation Facilities**. Ministry of Water and Irrigation, Amman, Jordan, 1997.

KEMPER, K. E. **O custo da água gratuita: alocação e uso dos recursos hídricos no Vale do Curu, Ceará, Nordeste Brasileiro**. Linkoping University, 1997. 236 p.

KÖPPEN, W.: **Das geographischa System der Klimate**, in: Handbuch der limatologie. Edited by: KÖPPEN, W. and Geiger, G., I. C. Gebr, Borntraeger, 1936. p. 1–44.

LAL, R. ; MILLER, P. P. **Soil quality and its management in humid sub-tropical and tropical environments**. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONFERENCE, 16. 1993, Massey, New Zealand. Proceedings. Massey 1993.

LANNA, A. E. Conclusões e recomendações derivadas da Semana de Estudos sobre Gestão de Recursos Hídricos. In: SEMANA INTERNACIONAL DE ESTUDOS SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1999. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, ABRH/IWRA. 1999.

LANNA, A. E. L. Cobrança e Mercados de Água como Instrumentos de Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Semiárido do Nordeste Brasileiro. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2., **Anais...** Fortaleza, 1994.

LEAL, S. G. R. **O impacto da cobrança pelo uso de recursos hídricos na irrigação**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. Disponível em: <[www.ana.gov.br/usuarios/agropecuaria](http://www.ana.gov.br/usuarios/agropecuaria)>. Acesso em: 10 out. 2010.

LIMA, M. A.; VALARINI, P. Desenvolvimento de modelo conceitual metodológico de análise de impacto ambiental em áreas de agricultura irrigada In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas 1996, p. 427-446.

LOPES; C. M.; MOURA, J. G. de. Mudanças cambiais na primeira fase do plano real. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, ANPEC, 26., **Anais...** 2001. 19 p. Disponível em: <<http://www.race.nuca.ie.ufrj.br/sep/eventos/enc2002/m5-lobes.doc>>. Acesso em: 20 out. 2009.

MARTIN-BENITO, J. M. T. **El riego por aspersion y su tecnologia**. Madrid: Multi – Prensa, 1995.

MARTINEZ Jr., F. **Princípio usuário pagador e desenvolvimento sustentável**. A cobrança pelo uso da água. THAME, A. C. M. São Paulo: IQUAL, Instituto de Qualificação LTDA, p. 115-124, 2000.

MARTINS, Simone. **Análise da implementação da política nacional de irrigação no norte de Minas Gerais**: o caso do projeto Jaíba. 2008. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVEIRA I. M. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. P. 63-66. In Medri, E. B.; Shibatta. O. A.; Pimenta. J. A. (Ed.) **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, 2002.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. de O. **Estatística básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2004. 526 p.

MOTA, J. A. **O valor da natureza**: economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

MOTTA, R. S. da. **Utilização de critérios econômicos para a valorização da água no Brasil**. Texto para Discussão 556, IPEA/DIPES, abr./1998a. 85 p.

MOTTA, R. S. da. **Manual de valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: IPEA/MMA/IBAMA, 1998b.

MOTTA, R. S. da; MENDES, F. E. **Instrumentos econômicos na gestão ambiental**: aspectos teóricos e de implementação. Economia Brasileira em Perspectiva – 1996. Rio de Janeiro: IPEA/DIPES, 1996.

MUELLER, C. C. A economia ambiental neoclássica. In: \_\_\_\_\_. **Manual de economia do meio ambiente**. Brasília, DF: UnB/Núcleo de Estudos e de Políticas de Desenvolvimento Agrícola e de Meio Ambiente, 2000a. cap. 5-10.

\_\_\_\_\_. Grandes linhas de aplicação da economia ambiental neoclássica. In: \_\_\_\_\_. **Manual de economia do meio ambiente**. Brasília, DF: UnB/Núcleo de Estudos e de Políticas de Desenvolvimento Agrícola e de Meio Ambiente, 2000b. cap. 5.

MUNCK, C. R. **Uso dos recursos hídricos**: O caso da cobrança na bacia do rio Paraíba do Sul. 2006.

MUSETTI, A. R. **Da proteção jurídico ambiental dos recursos hídricos**. Editora de Direito, São Paulo, 2001.

NOGUEIRA, J. M.; FARIA R. C. Métodos de Precificação da água e uma Análise dos Mananciais Hídricos do Parque Nacional de Brasília. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v 35, n 2, p. 189-217, 2004.

OLIVEIRA, M. A de. **Modelagem de banco de dados georreferenciados para o monitoramento da qualidade da água do rio Tibagi – Paraná**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá – Maringá, 2008

PARANÁ. Decreto Estadual do Paraná n ° 5.361, de 26 de fevereiro de 2002. Regulamenta a Cobrança pelo Direito de Uso de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. Curitiba: Assembléia Legislativa do Estado do Paraná. Disponível em: <URL:[http://www.rededasaguas.org.br/forum/lobato\\_cobranca.pdf](http://www.rededasaguas.org.br/forum/lobato_cobranca.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2010.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999. Lei do Sistema Estadual de Recursos Hídricos: Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Paraná. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba: Assembléia Legislativa do estado do Paraná, 26 nov. 1999. 14p.

\_\_\_\_\_. Lei 16.242 - 13 de Outubro de 2009. Cria o Instituto das Águas do Paraná, conforme especifica e adota outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba: Assembléia Legislativa do estado do Paraná. 13 Out. 2009. 3p.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, Agricultura Irrigada e Meio Ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.4, n.3, p.465-473, 2000. Campina Grande, PB, DEAG/UFPB.

PEREIRA, J. S. **Análise de critérios de outorga e de cobrança pelo uso da água na bacia do Rio dos Sinos**. 1996. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

PINDYCK, R.; RUBINFELD, D. **Microeconomia**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

PIZAIA, M, G; RIDÃO, M. A; SANCHES, R. P. A cobrança pelo uso da água bruta rural. In: SOBER, CONGRESSO: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 47., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2009.

PIZAIA, M. G **A Regulação do uso da água bruta: identificação da tarifa econômica ótima**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

REICHARDT, K. A **Água em sistemas agrícolas**, São Paulo: Manole, 1990. 188 p.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Pesquisa** – STHidro/UFSM-UFCG/FINEP/CT-Hidro. 2008.

RIBEIRO, M. M. R. **Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água: Simulação de um caso**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2000 – IPH. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. ; PEREIRA, J. S. Elasticidade-preço da demanda e a cobrança pelo uso da água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1999.

RIOS, B. M., QUIROZ, J. **The market for water rights in Chile: major issues**. The Washington, D.C.: World Bank, 1995 (World Bank Technical Paper, 285).

ROCHA; S. A investigação da renda nas pesquisas domiciliares. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 12, n. 2 (21), p. 205-224, jul./dez. 2003.

ROSA, A. V. **Agricultura e meio ambiente**. São Paulo: Atual, 1998. 95 p.

ROSEGRANT, M. W.; BINSWANGER, H. P. Markets in Tradable Water Rights: Potential for Efficiency Gains in Developing Country Water Resource Allocation. **World Development**, v 22, p1613-1625, nov. 1994.

SAMPAIO, E.; SALCEDO, I. H. Diretrizes para o manejo sustentado dos solos brasileiros: região semiárido – In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1997.

SANTOS, D. G. dos. **A Cobrança pelo Uso da Água**. 2000. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

SANTOS, M. de O. R. M. **O Impacto da cobrança pelo uso da água no comportamento do usuário**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SANTOS, M. R. M.; KELMAN, J. A experiência europeia e brasileira na cobrança pelo uso da água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2003. 1 CD ROM.

SÃO PAULO. Lei 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo: Assembléia Legislativa do estado de São Paulo, 30 dez. 1991. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads/leispn7663-91.pdf>. Acesso em: 26 maio 2010.

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná. **Base Municipal Oficial**, 2004.

SHIFERAW, B.; REDDY, V. R.; WANI, S. P. Watershed externalities, shifting cropping patterns and groundwater depletion in Indian semi-arid villages: The effect of alternative water pricing policies. **Ecological Economics Journal**. v. 67 (2008) 327–340p. jun. 2008.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W.A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e ambientes protegidos. In: SIMPÓSIO MANEJO DA IRRIGAÇÃO, UFLA, Depto. de Engenharia, Poços de Caldas, 1998. p. 311-348.

SILVA, S. C.; RIBEIRO, M. M. R. Enquadramento dos corpos d'água e cobrança pelo uso da água na bacia do rio Pirapama - PE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.11, n. 4, p. 371-379, out/dez 2006.

SILVA, E.R da. **O curso da água na história**: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos. 1998. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro

SIGPROM/RMC - Sistema integrado de gestão e proteção dos mananciais. **Estudos de cobrança pelo direito de uso situações de racionamento e incentivos para controle da poluição**. Curitiba, 1999a. 101 p.

SOUTH AFRICA. **National Water Act 36 OF 1998**. Regulates the protection, use, development, conservation, management and control of water resources in South Africa.

SPEELMAN, S.; BUYASSE, J.; FAROLFI, S.; FRIJA, A.; D'HAESE, M.; D'HAESE, L. Estimating the impacts of water pricing on smallholder irrigators in North West Province, South Africa. **Agricultural Water Management Journal**, v. 96, 1560–1566p. jun. 2009.

STIPP, N. A. F. **Sociedade, natureza e meio ambiente no norte do Paraná**: A porção inferior da bacia hidrográfica do rio Tibagi. 1. ed. Londrina. UEL, 2000.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 2007. Disponível em:  
<http://www.suderhsa.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=80>> Acesso em: 04 nov. 2010.

TAVARES, V. E. Q. **Sistemas de irrigação e manejo de água na produção de sementes**. 2007. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas 2007.

TESLEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. Campinas: UNICAMP, FEAGRI, 2002. 45 P.

THAME, A. C. M.; BALTAR, A. A.; FILHO, A. A.; PIO, A. C. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo: IQUAL, Instituto de Qualificação e Editoração LTDA, 2000. 256 p.

THOMAS, P. T. **Proposta de uma metodologia de cobrança pelo uso da água vinculada à escassez**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

TIETEMBERG, T. H. Administrando a Transição para um Desenvolvimento Sustentável: O Papel dos Incentivos Econômicos. In: MAY, P.H.; MOTTA, R.S., (Orgs.) **Valorando a Natureza: Análise Econômica para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda. Cap. 6, 1994. p. 93-109.

TIETENBERG, T. **Environmental and Natural Resources Economics**. New York: Harper Collins College Publisher, 1996.

VARIAN, Hal. **Microeconomia básica**. 4. ed. rio de Janeiro: Campus, 2001.

VASCONCELLOS, M. A. S.; OLIVEIRA, R.G. **Manual de microeconomia**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WARD, F. A.; MICHELSEN, A. The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications. **Water Policy**, v. 4, 423–446p. set. 2002.

WEITZMAN, M. L. On diversity. **Quarterly Journal of Economics**, v.107, p.363-406, 1992.

YANG, H.; ZHANG, X.; ZEHNDER, A. J. B. Water scarcity, pricing mechanism and institutional reform in northern China irrigated agriculture. **Agricultural Water Management**, v. 61, p143–161, nov. 2003.

YOUNG, R. A. Measuring economics benefits for water investments and polices. **Word Bank Technical Paper**. n 338. The Word Bank, Washington D.C., USA.

ZEGARRA, E. **Mercado de águas e desarrollo agrário**: Explorando limites. Santiago, 2002.

## **APÊNDICE**

APÊNDICE A – Questionário para Avaliação da Disponibilidade a Pagar pelo uso da Água Captada.

|  |
|--|
| <b>DATA:</b> _____<br>_____  |
| <b>ENDEREÇO:</b> _____<br>_____                                      |
| <b>NOME DO PROPRIETÁRIO:</b> (Dono da propriedade)<br>_____<br>_____ |
| <b>INFORMANTE</b><br>_____   |
| <b>PESQUISADOR:</b><br>_____   |

**Pesquisador:** Quando a questão não se aplicar à situação do informante, marque a quadrícula com as letras **NA** e quando o informante não souber responder, marque a quadrícula com as letras **NR**.

**1. O que você produz em sua propriedade?**

- 1) - ( ) hortaliças, quais. \_\_\_\_\_  
 2) - ( ) frutas, quais. \_\_\_\_\_  
 3) - ( ) outros

**2. Qual o tamanho da Propriedade?**

- 1) - ( ) menor que 1 ha<sup>20</sup>      ou      1) - ( ) menor que ½ Alqueire<sup>21</sup>  
 2) - ( ) de 1 à 2 ha      ou      2) - ( ) aproximadamente 1 Alqueire  
 3) - ( ) de 3 à 6 ha      ou      3) - ( ) aproximadamente 2,5 Alqueires  
 4) - ( ) de 7 à 10 ha      ou      4) - ( ) aproximadamente 4 Alqueires

<sup>20</sup> Obs.: área irrigada (em ha): (hectare: 1 ha = 10.000m<sup>2</sup> (medida padrão internacional).

<sup>21</sup> No Paraná, utiliza-se o alqueire paulista, com área correspondente a 24.200. m<sup>2</sup>.

- 5) - ( ) de 11 à 20 ha                    ou                    5) - ( ) aproximadamente 8 Alqueires  
 6) - ( ) maior que 21 ha                ou                    6) - ( ) mais que 10 Alqueires

### 3. Qual o tamanho da área plantada com uso de irrigação?

- 1) - ( ) Até 1 ha                    ou  
 1) - ( ) menor que ½ Alqueire
- 2) - ( ) de 1 à 2 ha                    ou                    2) - ( ) aproximadamente 1 Alqueire  
 3) - ( ) de 3 à 6 ha                    ou                    3) - ( ) aproximadamente 2,5 Alqueires  
 4) - ( ) de 7 à 10 ha                  ou                    4) - ( ) aproximadamente 4 Alqueires  
 5) - ( ) de 11 à 20 ha                  ou                    5) - ( ) aproximadamente 8 Alqueires  
 6) - ( ) maior que 21 ha                ou                    6) - ( ) mais que 10 Alqueires

### 4. Quantos funcionários a sua propriedade emprega?

- 1) - ( ) nenhum  
 2) - ( ) de 1 a 5  
 3) - ( ) de 6 a 10  
 4) - ( ) de 11 a 15  
 5) - ( ) de 16 a 20  
 5) - ( ) mais de 20

### 5. Quanto Sr (a) gasta por ano em insumos (Adubos, Fertilizantes, Herbicidas etc..)?

- 1) - ( ) Até R\$ 5.000,00  
 2) - ( ) de R\$ 6.000,00 a R\$ 10.000,00  
 3) - ( ) de R\$ 11.000,00 a R\$ 15.000,00  
 4) - ( ) de R\$ 16.000,00 a R\$ 20.000,00  
 5) - ( ) Mais de R\$ 21.000,00

### 6. Possui equipamentos e/ou sistemas de captação da água: Ex: bomba?

- 1) - ( ) Sim                    ( ) qual é a capacidade da bomba – (consumo) \_\_\_\_\_  
 2) - ( ) Não

### 7. Quantas vezes irrigam por semana?

- 1) - ( ) 7 vezes

- 2) - ( ) 17,5 vezes
  - 3) - ( ) 24,5 vezes
  - 4) - ( ) 31,5 vezes
  - 5) - ( ) 2 vezes
  - 6) - ( ) 3 vezes
  - 7) - ( ) 4 vezes
  - 8) - ( ) 1 vez
- 

**8. Por quanto tempo?**

- 1) - ( ) de 10 a 20 minutos
  - 2) - ( ) de 20 a 30 minutos
  - 3) - ( ) de 30 a 40 minutos
  - 4) - ( ) mais de 40 minutos
- 

**9. Você acredita que a região enfrentará problemas com a falta de água? (CAMPOS, 2007).**

- 1) - ( ) Já está com problemas
  - 2) - ( ) Vai enfrentar problemas no futuro próximo (10 anos)
  - 3) - ( ) Vai enfrentar problemas no futuro distante (25 anos)
  - 4) - ( ) Não, pois existe muita água nos mananciais da bacia
  - 5) - ( ) Não sei
- 

**10. Se o rio que abastece sua propriedade estiver poluído, que rumo tomará sua atividade?**

- 1) - ( ) Continua com a atividade agrícola (mesmo buscando água fora)
  - 2) - ( ) Mudança de atividade
  - 3) - ( ) Venda da propriedade
  - 4) - ( ) Criação de animais
- 

**11. Qual o nível de faturamento bruto por ano da sua propriedade?**

- 1) - ( ) Até R\$ 20.000,00
- 2) - ( ) de R\$ 21.000,00 a R\$ 30.000,00
- 3) - ( ) de R\$ 31.000,00 a R\$ 50.000,00
- 4) - ( ) de R\$ 51.000,00 a R\$ 70.000,00

5) - ( ) de R\$ 71.000,00 a R\$ 90.000,00

6) - ( ) Mais de R\$ 100.000,00

---

**12 - Você é favorável a uma cobrança pelo uso da água, com a intenção de evitar o desperdício e para fazer investimento em obras de preservação ambiental na região?**

(1) - ( ) Sim

(2) - ( ) Não

---

**13. Quanto estaria disposto a pagar, mensalmente, por m<sup>3</sup>, para manter ou melhorar a qualidade e a quantidade da água captada nos rios e poços?**

0) - ( ) não pagar

1) - ( ) entre R\$ 0,01 e R\$ 0,10

2) - ( ) entre R\$ 0,10 e R\$ 0,40

3) - ( ) entre R\$ 0,40 e R\$ 0,70

4) - ( ) entre R\$ 0,70 e R\$ 1,00

5) - ( ) entre R\$ 1,00 e R\$ 2,00

6) - ( ) mais do que R\$ 2,00

---

**14. Em caso afirmativo, o que o Sr (a) faria?**

1) - ( ) Repassar totalmente no preço final

2) - ( ) Repassar parcialmente

3) - ( ) Absorver

4) - ( ) Outro

---

**15. Quais setores abaixo você acha que devem receber primeiro os investimentos, caso existisse uma cobrança pela água?**

1) - ( ) Irrigação

2) - ( ) água e esgoto

3) - ( ) Irrigação e Saneamento

4) - ( ) lixo

5) - ( ) Construção de barragens

6) - ( ) Transposição de vazões

---

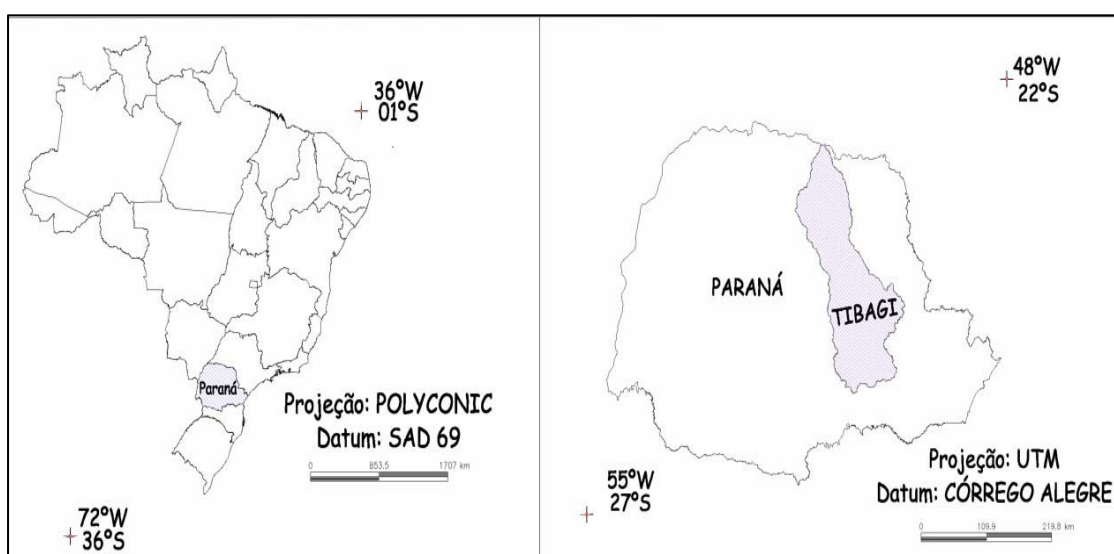
**16 – Em sua opinião, qual seria o principal efeito da cobrança?**

- 1) - ( ) Redução do consumo
  - 2) - ( ) Redução da poluição
  - 3) - ( ) Maior investimento em obras
  - 4) - ( ) Mais recursos para utilização ilícita
  - 5) - ( ) Nenhum efeito positivo ou negativo
  - 6) - ( ) Não sei
-

**ANEXOS**

## ANEXO A – Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi.

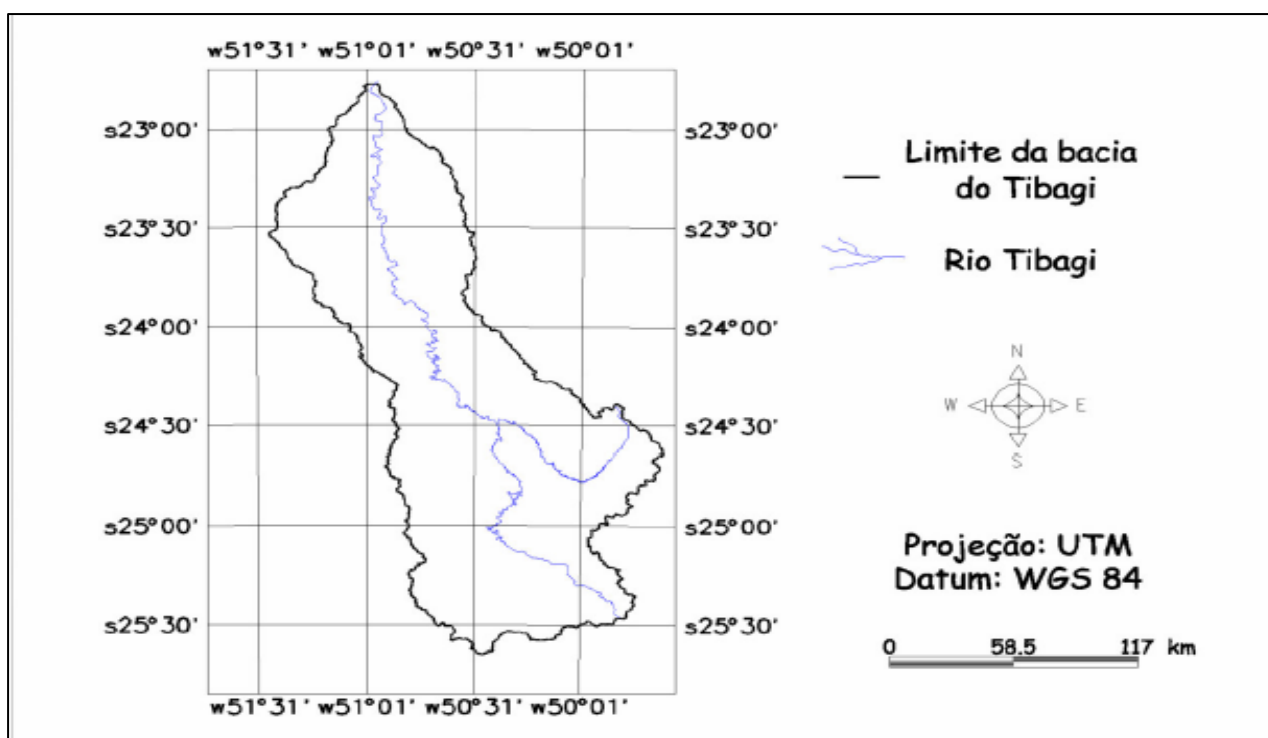
A extensão média BHT é de cerca de 320 km, com largura média de 78 km, situando-se entre rochas sedimentares e basálticas (STIPP, 2000). Compreende direta e indiretamente 53 municípios, sendo que somente 49 serão utilizados na divisão das sub-bacias devido ao fato de Campo Largo, Faxinal, Figueira e São João do Triunfo possuir uma pequena área dentro da BHT.



Fonte: Oliveira (2008).

## ANEXO B – Contorno da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi.

A bacia ocupa área de 24.937,38 km<sup>2</sup>, equivalendo aproximadamente a 13% da área total do estado do Paraná. Possui forma retangular, desenvolvendo-se do sentido sudeste ao norte, e está situada entre os paralelos 22°46' a 25°40' S e 49°38', a 51°28' W. Baliza-se ao sul com a bacia do rio Iguaçu e ao norte com a bacia do rio Paranapanema, a oeste com a bacia do rio Ivaí e a leste com as bacias dos rios Ribeira, Jaguariaíva e Cinzas, de acordo com a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA, 2007)



Fonte: Oliveira (2008).

