

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

GABRIELA BRASIL MENDES

**AVALIAÇÃO DA COBRANÇA COMO MECANISMO ECONÔMICO
ALOCATIVO NA GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: O CASO
DA BACIA DO RIO PIRAPAMA**

**RECIFE
2007**

GABRIELA BRASIL MENDES

**AVALIAÇÃO DA COBRANÇA COMO MECANISMO
ECONÔMICO ALOCATIVO NA GESTÃO DE BACIAS
HIDROGRÁFICAS: O CASO DA BACIA DO RIO PIRAPAMA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós
Graduação em Economia da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito à obtenção de título
de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Yony Sampaio
Co-Orientadora: Prof. Márcia Maria Guedes
Alcoforado Moraes

RECIFE

2007

Mendes, Gabriela Brasil

Avaliação da cobrança como mecanismo econômico alocativo na gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia do rio Pirapama / Gabriela Brasil Mendes. - Recife : O Autor, 2007.

106 folhas : fig. , tab.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2007.

Inclui bibliografia.

1. Infra-estrutura(Economia) - Pernambuco. 2. Cobrança de impostos. 3. Bacias hidrográficas - Administração. 4. Recursos naturais – aspectos econômicos – Pernambuco. 5. Recursos hídricos. I. Título.

330.522
330

CDU (1997)
CDD (22.ed.)

UFPE
CSA2007-089

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

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

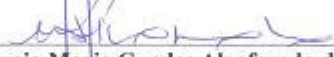
GABRIELA BRASIL MENDES

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a Candidata Gabriela Brasil Mendes **APROVADA**.

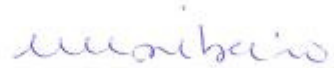
Recife, 14/09/2007.



Prof. Dr. Yony de Sá Barreto Sampaio
Orientador



Profª Dra. Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes
Co-Orientadora/Examinadora Interna



Profª Dra. Márcia Maria Rios Ribeiro
Examinadora Externa/UFCG/PB

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força e garra para nunca desistir, o que possibilitou a conclusão do trabalho e a certeza de que tenho capacidade e que este é o primeiro de muitos que virão.

Agradeço a toda minha família, meu irmão Leonardo, meus primos, Julili, Pedro, Mituca e Michele que, apesar de terem desejado muitas vezes que eu passasse os feriados em viagens com a família, sempre entenderam o quanto importante é para mim a realização deste trabalho; e em especial à minha mãe, Auxiliadora Brasil, pela força, por sempre acreditar na minha competência e sempre me incentivar a ir cada vez mais longe.

Agradeço a minha orientadora, Professora Márcia Maria Guedes Alcoforado Moraes e a minha Co-Orientadora, Professora Márcia Ribeiro, pela paciência, pelos conselhos e principalmente pelo tempo dedicado à orientação.

Ao pessoal do projeto SADE, Bruno, Carlinhos, Ioná e Sérgio, por toda ajuda no uso do programa SADE GB-Hidro para a simulação das cobranças.

Aos meus alunos maravilhosos do estágio docência, que me motivaram ainda mais a querer ser mestre, a lecionar e a desejar contribuir com a difusão do conhecimento nesse país.

Agradeço a todos os que fazem o Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco – PIMES/UFPE, em especial: Adriana, Cristiane, Karlos, Keuler, Gisléia, Natasha, Janaína e Sônia. Agradeço também a Patrícia, Lúcia, e Elisângela secretárias do PIMES-UFPE, pela paciência e pelas informações repassadas.

Às minhas amigas de infância: Amanda, Mandy, Aurora e Juliana, que nos momentos mais difíceis do curso sempre tinham uma palavra motivadora que me fazia seguir em frente.

A Sérgio Magalhães e a Patrícia Barros, por toda compreensão e confiança depositada.

A Valfrido Luiz agradeço pela amizade, pelos conhecimentos compartilhados, pelo apoio incondicional e pelos momentos de alegria e descontração.

A minha sogra Magaly, por ter sempre me recebido de braços abertos em sua casa e de ter me emprestado seu computador por longos cinco meses e a Alfredo Falcone, namorado, noivo e futuro marido, pela paciência, pelo suporte à informática e pelos vários dias ao meu lado na frente do computador me incentivando.

Finalmente, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

RESUMO

A crescente preocupação com o meio-ambiente e com a quantidade e qualidade das águas fez surgir vários trabalhos em diversas áreas distintas interessados no problema. Uma linha de estudos existente é a da instituição da cobrança na água bruta, conforme prevê a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei 9433-97, como forma de levar os usuários a evitarem desperdícios, como fonte de arrecadação para novos investimentos no setor, ou ambos. Este trabalho apresenta uma avaliação de duas formas de cobrança distintas escolhidas na literatura – uma com o objetivo de aumentar a eficiência (cobrança pelo valor de referência ponderado) no uso da água e a outra com o objetivo de viabilizar investimentos futuros para a bacia (cobrança pelo custo médio) – no que se refere a sua efetividade no alcance dos objetivos a que se propõe em situações de escassez hídricas. Para isso, utiliza-se um modelo econômico-hidrológico integrado para apoio a gestão de recursos hídricos, desenvolvido e aplicado através de um Sistema de Apoio a Decisão Espacial (SADE-GBHidro), na bacia do rio Pirapama no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, com recursos do CT-HIDRO/ FINEP. O modelo identifica a alocação ótima de água entre os usos, sob diversos critérios, restrita pelas limitações físicas, o que permite simular a aplicação de vários mecanismos econômicos e/ou alocativos, bem como obter uma meta socialmente ótima. Esta seria a meta de um decisor onisciente que diante de situações de escassez alocaria água visando a um máximo de bem-estar para toda a sociedade. A simulação da aplicação das formas de cobrança escolhidas seria feita através da minimização dos desvios no atendimento, uma vez que os órgãos gestores assim procedem depois de estabelecidos os preços. O mecanismo alocativo de outorga é simulado também através da minimização dos desvios no atendimento, sem a inclusão dos preços. Os resultados mostraram que a cobrança pelo custo médio não consegue atingir seu objetivo de viabilização de investimentos futuros, além de diminuir de forma considerável o benefício dos usuários, já a cobrança pelo valor de referência ponderado favorece os mais eficientes, além de apresentar uma redução de benefícios relativamente baixa. Apesar de a arrecadação ser bem inferior, em relação à cobrança pelo custo médio, observou-se que em algumas simulações da cobrança pelo preço de referência ponderado, as perdas diante de uma redução de disponibilidade hídrica são menores, inclusive se comparadas à simulação sem cobrança (outorgas administrativas). Assim, em casos de escassez hídrica, a introdução dessas formas de cobrança leva a sociedade como um todo a uma situação melhor, pois além das perdas serem menores, ainda há um

montante arrecadado que deverá retornar à sociedade na forma de investimentos na área de recursos hídricos.

Palavras-chave: Outorga, Cobrança, Alocação ótima de água, modelo econômico-hidrológico integrado.

ABSTRACT

The increasing concern about the environment and with the water quantity and quality generated some works in some distinct areas interested in the problem. An existing line of studies is focused on the institution of the charging for the raw water uses, as it foresees the National Water Resources Policy which is established in the Federal Law 9433-97, as form to take the users will avoid wastes of it, as source of collection for new investments in the sector, or both. This work presents an evaluation of two chosen distinct forms of collection in literature - one with the objective to increase the efficiency (collection for the weighed value of reference) in the use of the water and to another one with the objective to make possible future investments for the basin (collection for the marginal cost) - with respect to its effectiveness in reach the objectives the one that is proposed in situations of water scarcity. For this, an integrated economic-hydrologic model for management of water resources suport, developed and applied, through a Spatial Decision Support System (SDSS-GBHidro), in the basin of the Pirapama river in the State of Pernambuco, Northeast of Brazil, with resources of CT-HIDRO/FINEP. The model identifies the excellent water allocation between the uses under various criteria restricted for the physical restrictions, what allows the simulation of the application of various economic mechanisms of allocation, and gets an excellent social optimum. The optimal allocation would represent the decision of an omniscient decision-maker, who has the objective of maximizing the whole society's welfare. The simulation of the application of the chosen recovery forms would be done by minimizing the deviations in the service, since this is the way the manager institutes proceed after set prices. The economic mechanism assignment is also simulated by the minimization of the deviations in the service, without the inclusion of prices. The results had shown that the charging with the marginal cost does not reach its objective of viably of future investments in addiction diminishing the benefit of the users, whereas the charging with for the weighed value of reference, fosters the most efficient, in addiction presenting a relatively low reduction of benefit. Despite the low collection, in comparison to marginal cost charging, it was observed that in some simulations of collection by pondered reference price, the losses in front of a reduction of water availability in 60% are lesser, even if compared with the simulation without collection (administrative assignments). Thus, in water scarcity cases, the introduction of these forms of collection takes the society as a hole to a better situation, because beyond the lesser losses, it

brings a collected sum that should return to the society as investments in the water resources area.

Key-words: Water rights, Collection for the use of the water, Optimal water allocation, River basin model.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - TELAS DE CRIAÇÃO DO MODELO NO SADE-GBHIDRO	43
FIGURA 3.1 - FUNÇÃO DE DEMANDA INVERSA REPRESENTATIVA DE UM USUÁRIO DE ÁGUA	49
FIGURA 3.2 - FUNÇÃO DE DEMANDA DE USUÁRIOS COM PERDAS DIFERENTES	55
FIGURA 4.1 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO PIRAPAMA	56
FIGURA 4.2 - REDE DE NÓS E LINKS REPRESENTATIVA DA BACIA DO PIRAPAMA	58
FIGURA 5.1 - CURVA DE DEMANDA PCH CIP	61
FIGURA 5.2 - USUÁRIOS E PONTOS DE MEDIÇÃO DA BACIA DO PIRAPAMA	66
FIGURA 6.1 - FUNÇÃO DEMANDA E EXCEDENTE DO CONSUMIDOR	78
FIGURA 6.2 - NOVO PONTO DE OPERAÇÃO APÓS DESLOCAMENTO DA FUNÇÃO DEMANDA	82

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 - INVESTIMENTOS PROGRAMADOS E CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPAMA (EM R\$) ANO DE 2004	45
TABELA 3.2 - CUSTO ANUAL DE OPERAÇÃO DO ÓRGÃO GESTOR NA BACIA DO PIRAPAMA ATUALIZADOS PARA O ANO DE 2004	45
TABELA 3.3 - CUSTOS DE INVESTIMENTO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (O. M.), CUSTOS DO ÓRGÃO GESTOR E CUSTOS TOTAIS.	46
TABELA 3.4 - DEMANDAS REQUERIDAS PELOS USUÁRIOS DA BACIA	46
TABELA 3.5 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA	47
TABELA 5.1 - ARRECADAÇÃO POR SETOR USUÁRIO NO CASO DO PREÇO PELO CUSTO MÉDIO NO VALOR DE R\$ 18,97/1000 M ³ PARA O ANO DE 2004	60
TABELA 5.2 - ARRECADAÇÃO POR SETOR USUÁRIO NO CASO DO PREÇO PELO CUSTO MÉDIO NO VALOR DE R\$ 26,96/1000 M ³ PARA O ANO DE 2004	62
TABELA 5.3 - FAIXAS DO IUD E CORRESPONDENTES VALORES PAR AO CDH	64
TABELA 5.4 - CÁLCULO IUD SITUAÇÃO 1	67
TABELA 5.5 - CONTINUAÇÃO CÁLCULO IUD SITUAÇÃO 1	67
TABELA 5.6 - DEMANDA POR USUÁRIO (M ³ /S)	68
TABELA 5.7 - IUD'S SITUAÇÃO 1	68
TABELA 5.8 - CDH SITUAÇÃO 1	69
TABELA 5.9 - IUD'S SITUAÇÃO 2	70
TABELA 5.10 - CDH SITUAÇÃO 2	71
TABELA 5.11 - BENEFÍCIOS MARGINAIS LÍQUIDOS MÉDIOS	72
TABELA 5.12 - COEFICIENTE DE EFICIÊNCIA	72
TABELA 5.13 - SIMULAÇÕES	73
TABELA 5.14 - PREÇOS PONDERADOS (REAIS/1000M ³) A PARTIR DO PREÇO DE REFERÊNCIA DE R\$ 18,97/1000 M ³	74
TABELA 5.15 - ARRECADAÇÃO EM 2004 PARA O PREÇO PONDERADO COM PREÇO DE REFERÊNCIA DE R\$ 18,97/1000 M ³	75
TABELA 5.16 - PREÇO PONDERADO (R\$/1000 M ³) A PARTIR DO PREÇO DE REFERÊNCIA R\$ 2,83/1000 M ³	76
TABELA 5.17 - ARRECADAÇÃO EM 2004 PARA O PREÇO PONDERADO COM PREÇO DE REFERÊNCIA DE R\$ 2,83/1000 M ³	76
TABELA 6.1 - CUSTOS DE OBTENÇÃO DA ÁGUA BRUTA	78
TABELA 6.2 - BENEFÍCIOS LÍQUIDOS E PERDAS POTENCIAIS NO CURTO PRAZO POR USUÁRIO EM MILHÕES DE REAIS NO ANO	79
TABELA 6.3 - PERDAS POTENCIAIS EM MILHÕES DE REAIS NO ANO	81

TABELA 6.4 - PERDAS EM MILHÕES DE REAIS NO ANO COM UMA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE 60% E COBRANÇA PELO CUSTO MÉDIO DE ACORDO COM OS DIVERSOS CRITÉRIOS DE OTIMIZAÇÃO	83
TABELA 6.5 - ARRECADAÇÃO ANUAL EM MILHÕES DE REAIS SOB REDUÇÃO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA	84
TABELA 6.6 - BENEFÍCIOS LÍQUIDOS POTENCIAIS NO CURTO PRAZO POR USUÁRIO EM MILHÕES DE REAIS NO ANO	85
TABELA 6.7 - PERDAS POTENCIAIS NO CURTO PRAZO POR USUÁRIO EM MILHÕES DE REAIS NO ANO	86
TABELA 6.8 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DOS BENEFÍCIOS LÍQUIDOS POTENCIAIS NO ANO	86
TABELA 6.9 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DO CUSTO DE OBTENÇÃO DA ÁGUA PARA SIMULAÇÕES 3, 4 E 9	87
TABELA 6.10 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA ALOCAÇÃO DE ÁGUA PARA SIMULAÇÕES 3, 4 E 9	87
TABELA 6.11 - BENEFÍCIOS LÍQUIDOS POTENCIAIS NO CURTO PRAZO POR USUÁRIO EM MILHÕES DE REAIS COM DIFERENCIAÇÃO DE ACORDO COM A ESTAÇÃO DO ANO (SECA OU CHUVOSA)	88
TABELA 6.12 - PERDAS POTENCIAIS NO CURTO PRAZO POR USUÁRIO EM MILHÕES DE REAIS COM DIFERENCIAÇÃO DE ACORDO COM A ESTAÇÃO DO ANO (SECA OU CHUVOSA)	89
TABELA 6.13 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DOS BENEFÍCIOS LÍQUIDOS POTENCIAIS COM DIFERENCIAÇÃO DE ACORDO COM A ESTAÇÃO DO ANO (SECA OU CHUVOSA)	89
TABELA 6.14 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DO CUSTO DE OBTENÇÃO DA ÁGUA PARA SIMULAÇÕES 2, 6, 8 E 11	90
TABELA 6.15 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DO CUSTO DE OBTENÇÃO DA ÁGUA PARA SIMULAÇÕES 1, 5, 7 E 10	91
TABELA 6.16 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA ALOCAÇÃO DE ÁGUA PARA SIMULAÇÕES 2, 6, 8 E 11	91
TABELA 6.17 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA ALOCAÇÃO DE ÁGUA PARA SIMULAÇÕES 1, 5, 7 E 10	91
TABELA 6.18 - VARIAÇÃO NO EXCEDENTE DO CONSUMIDOR PARA COBRANÇA COM BASE NO PREÇO DE REFERÊNCIA PONDERADO EM MILHÕES DE REAIS NO ANO.	92
TABELA 6.19 - PERDAS DECORRENTES DOS RESULTADOS DO MODELO ECONÔMICO-HIDROLÓGICO INTEGRADO EM CADA UMA DAS SIMULAÇÕES DE COBRANÇA SOB OS TRÊS CRITÉRIOS DE OTIMIZAÇÃO COM REDUÇÃO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE 60% EM MILHARES DE REAIS NO ANO	94
TABELA 6.20 - PERDAS TOTAIS PARA OS CRITÉRIOS 2 E 3 COMPARATIVAMENTE A MAXIMIZAÇÃO DOS BENEFÍCIOS SEM COBRANÇA COM REDUTOR DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE 60%.	96
TABELA 6.21- ARRECADAÇÃO EM MILHÕES DE REAIS NO ANO PARA O CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO BENEFÍCIO LÍQUIDOS COM UMA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE 60%.	98

TABELA 6.22 - ARRECADAÇÃO EM MILHÕES DE REAIS NO ANO PARA O CRITÉRIO DE MINIMIZAÇÃO DOS DESVIOS NO ATENDIMENTO À DEMANDA REQUERIDA SEM PRIORIDADE COM UMA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE 60%.	98
TABELA 6.23 - ARRECADAÇÃO EM MILHÕES DE REAIS NO ANO PARA O CRITÉRIO DE MINIMIZAÇÃO DOS DESVIOS NO ATENDIMENTO À DEMANDA REQUERIDA COM PRIORIDADE COM UMA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE 60%.	99

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO	15
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS.....	22
2.2	ALOCUÇÃO DE RECURSOS ESCASSOS	27
2.3	FORMAS DE COBRANÇA	31
2.3.1	Cobrança com objetivo econômico	32
2.3.2	Cobrança com objetivo arrecadatário	35
2.3.3	Metodologia alternativa para Cobrança – Teoria do Second Best	37
2.4	MODELO ECONÔMICO-HIDROLÓGICO INTEGRADO	40
2.5	O SISTEMA DE APOIO A DECISÃO ESPACIAL PARA GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS (SADE-GBHIDRO)	42
3	METODOLOGIA.....	44
3.1	ATUALIZAÇÃO E COLETA DE DADOS	44
3.1.1	Cobrança pelo Custo Médio	44
3.1.2	Preço de Referência Ponderado	46
3.2	MODELO ECONÔMICO-HIDROLÓGICO INTEGRADO	48
3.3	METODOLOGIAS DE COBRANÇA ADOTADAS.....	51
3.3.1	Cobrança pelo Custo Médio	51
3.3.2	Ponderação do Valor de Referência da Cobrança	52
3.4	COMPARAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE COBRANÇA FRENTE A UMA SITUAÇÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA	55

4	CASO ESTUDADO: BACIA DO RIO PIRAPAMA	56
5	CÁLCULO DOS PREÇOS DE COBRANÇA	60
5.1	PREÇO PELO CUSTO MÉDIO	60
5.2	PREÇO POR PONDERAÇÃO DO VALOR DE REFERÊNCIA DA COBRANÇA	62
5.2.1	Coefficiente de Sazonalidade (CS).....	62
5.2.2	Coefficiente de Disponibilidade Hídrica (CDH)	63
5.2.3	Coefficiente de Eficiência (CE).....	72
5.2.4	Preço Ponderado de Cobrança.....	73
6	SIMULAÇÃO, AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DAS MODALIDADES DE COBRANÇA PARA O CASO EM ESTUDO	77
6.1	COBRANÇA PELO CUSTO MÉDIO.....	77
6.1.1	Análise da Curva de demanda.....	77
6.1.2	Análise da simulação com escassez da disponibilidade hídrica (utilizando a modelagem econômico0hidrológica integrada)	82
6.2	COBRANÇA PELO PREÇO DE REFERÊNCIA PONDERADO	84
6.2.1	Análise da Curva de Demanda.....	84
6.2.2	Análise da simulação com escassez da disponibilidade hídrica (utilizando a modelagem econômico0hidrológica integrada)	93
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

1 INTRODUÇÃO

Durante anos, a água foi encarada como um recurso abundante, o que originou uma cultura de gastos elevados e falta de preocupação com a qualidade e a quantidade das águas das gerações futuras. Contudo, por se tratar de um recurso exaurível, a água merece um tratamento especial no tocante a padrões de qualidade e possíveis problemas de escassez. Um ponto positivo, no entanto, é que apesar de ser um recurso exaurível, a água também é um recurso renovável, sendo assim, políticas que visem à educação dos usuários para que utilizem a água de forma racional e sem desperdícios não só contribuem para a manutenção dos aquíferos em seus padrões atuais, como podem propiciar melhorias destes padrões. A água deve, portanto, começar a ser encarada sob a ótica da sustentabilidade.¹

O problema da escassez de recursos hídricos pode ser encarado por duas óticas distintas: o enfoque na expansão de oferta – a partir de novas fontes do recurso; e na gestão de demanda que busca a poupança dos usos existentes para aumentar os benefícios dos usos e para melhorar a qualidade da água e dos solos (MCKINNEY et al, 1999 apud MORAES et al, 2006).

Existem, atualmente, vários estudos multidisciplinares² - a multidisciplinaridade é importante, tendo em vista que é recomendável a integração de várias componentes, tais como: econômica, ambiental, social e hidrológica - com a finalidade de encontrar a melhor forma de resolver a questão e atender a todas as demandas por água, dada uma determinada quantidade de água disponível. A escassez de água exige que se formulem políticas para garantir uma alocação intersetorial eficiente do recurso, ao mesmo tempo em que se reverta a degradação do mesmo (MORAES et al, 2006).

Alguns autores utilizaram a maximização do benefício social para resolver o problema da alocação, ou seja, definir a quantidade que cada usuário deve consumir de forma que o benefício de todos seja maximizado. Esta idéia foi aplicada por Rosegrant et al (2000), na bacia do rio Maipo, por Ringler (2001), na bacia do rio Mekong e posteriormente por Moraes et al (2006), na bacia do rio Pirapama.

¹ O conceito de sustentabilidade sugere que, com base no momento atual, construa-se a ponte para um cenário de futuro desejável e pactuado entre os diversos setores da sociedade. (Agenda 21)

² ver Rosegrant & Biswanger (1994) e Rosegrant et al (2000).

Após aplicação desta idéia, surge um novo problema: como assegurar que os agentes envolvidos se comportarão de modo a atingir a meta social ótima? A literatura apresenta basicamente três processos de alocação de água: alocação administrativa, ou outorga controlada; cobrança; e mercados de água (MORAES et al, 2006). Necessita-se, portanto, de um instrumento que possibilite comparar não só os diferentes processos utilizados para alocação, como também, as diversas metodologias de cálculo destes processos entre si. Este instrumento deve ser capaz de avaliar não só os impactos para o órgão gestor e para os usuários, como também as consequências econômicas e ambientais da utilização desses processos para a bacia como um todo.

A modelagem econômico-hidrológica integrada pode ser usada nessa comparação dos mecanismos alocativos, pois permite que sejam simulados diferentes processos dentro de uma mesma plataforma, a partir das mesmas restrições hídricas, fornecendo informações de diversas variáveis que são de interesse do órgão gestor. Além disso, há a possibilidade de usar a modelagem para obter um ótimo social, que pode ser usado como referência.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é comparar a alocação e os benefícios associados resultantes de duas formas de cobrança, entre si e com outros mecanismos alocativos (outorga), bem como com a alocação ótima da água, obtida a partir da maximização dos benefícios sociais³ entre os múltiplos setores usuários na bacia do rio Pirapama. Para isso foram escolhidas duas formas de cobrança com base em seu objetivo, que pode ser arrecadatório (financeiro) ou econômico⁴.

Forgiarini (2006) coloca que ainda não existe um consenso acerca do referencial metodológico a ser utilizado para a implementação da cobrança pelo uso da água em sistemas de bacias hidrográficas no país, evidenciando a importância da realização de trabalhos na área de avaliação de metodologias de cobrança distintas.

Para realizar a análise frente às duas formas de cobrança escolhidas, será utilizada a modelagem econômico-hidrológica integrada desenvolvida na UFPE com recursos do CT-

³ Moraes et al (2006) explica que esta aplicação usa os mesmos fundamentos teóricos da modelagem desenvolvida no *International Food Policy Research Institute* (ROSEGRANT et al, 2000) e já foi utilizada em algumas bacias do mundo, a saber: Maipo, no Chile e Mekong, no Sudeste Asiático.

⁴ Ver capítulo 3

HIDRO/FINEP que permite simular as formas de cobrança, o mecanismo de outorga e o ótimo social.

O ótimo obtido maximizando o benefício social, sujeito às restrições, em sua maior parte, hidrológicas, estabelece um alvo regulador - uma alocação ótima - para cada uso que tem as características de ser uma alocação mais eficiente. Deve-se ressaltar que o referido ótimo é o máximo de bem-estar numa situação não-paretiana, o que não assegura a questão da equidade, de forma que os que saem ganhando devem compensar os que saem perdendo (MORAES et al, 2006).

As duas formas de cobrança serão simuladas através da modelagem econômico-hidrológica integrada, incluindo-se nos custos médios os valores cobrados, mantendo-se as restrições físicas e alterando-se a função-objetivo de forma a minimizar os desvios no atendimento em relação à demanda requerida pelos usuários da bacia. A outorga administrativa é simulada simplesmente alocando-se de forma a minimizar os desvios no atendimento, considerando apenas os custos de obtenção, ou seja, sem incluir os preços a cobrar. Dessa maneira, poderão se fazer comparações entre os resultados obtidos simulando os diversos mecanismos e a meta social.

1.2 Estrutura da dissertação

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, conforme detalhado a seguir.

Este primeiro capítulo contém a introdução, onde constam também o objetivo e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, encontra-se uma revisão da literatura, incluindo a fundamentação teórica do trabalho, os aspectos legais e institucionais ligados ao tema, as teorias desenvolvidas a respeito dos recursos escassos, uma discussão sobre as formas de cobrança encontradas na literatura, a descrição da modelagem econômico-hidrológica integrada que será utilizada no trabalho e uma explanação sobre o Sistema de apoio à Decisão Espacial – SADE-GBHidro.

No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia para realização do trabalho, abrangendo a atualização e coleta dos dados, o modelo econômico-hidrológico integrado, as metodologias de cobrança que foram escolhidas para serem utilizadas neste trabalho juntamente com os motivos que levaram a esta escolha e uma explicação a cerca de como o SADE-GBHidro será utilizado na comparação das metodologias escolhidas.

O quarto capítulo mostra o estudo de caso, com uma breve apresentação da bacia do rio Pirapama.

O quinto capítulo aborda o cálculo dos preços de cobrança. Neste capítulo, as metodologias de cobrança escolhidas foram aplicadas à bacia do rio Pirapama, obtendo-se vários preços para cobrança da água bruta que podem ser subdivididos em dois grupos: preço pelo custo médio e ponderação do valor de referência da cobrança.

O sexto capítulo trata introdução dos preços calculados no capítulo anterior na modelagem econômico-hidrológica integrada viabilizando a avaliação do impacto da cobrança na retração do consumo dos usuários e fornecendo os resultados do trabalho frente a uma situação de escassez hídrica. Ainda neste capítulo são feitas as análises e comentários de cada uma das metodologias adotadas.

As considerações finais do trabalho e as recomendações para os trabalhos futuros serão feitas no sétimo e último capítulo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O problema da escassez de recursos hídricos pode ser encarado de duas formas: a expansão de oferta – única estratégia usada no Brasil até cerca do ano 2000 (RIBEIRO, 2000) ou através da gestão de demanda, que visa a uma utilização de mecanismos que promovam o uso racional e eficiente da água.

A expansão da oferta se enquadra dentro da chamada gestão de oferta que enfatiza o desenvolvimento e a exploração de novas fontes de água. Já a idéia da gestão de demanda é que uma grande parte da água que deva atender novas demandas provenha de água poupada de usos existentes (MCKINNEY et al, 1999 apud MORAES et al, 2006), ou seja, a utilização sem desperdício e racional da água em alguns usos propiciaria sobras de água para serem utilizadas em outros usos. A identificação precisa dos usos entre setores econômicos é um aspecto relevante na questão da alocação ótima dos recursos hídricos.

Bezerra et al (2001) coloca que um dos pontos fundamentais a cerca do uso múltiplo da água é a sua utilização eficiente sob o ponto de vista econômico, uma vez que os agentes que controlam este uso podem tomar decisões de natureza privada que resultarão em perda de bem-estar para as populações locais.

Pinheiro & Shirota (2000) afirmam que as políticas de gerenciamento do uso da água dão prioridades ao custo de suprimento e ao consumo global de água nos projetos, sendo toda orientação voltada para o lado da oferta. Assim, estudos sobre a demanda mostrariam relações entre quantidades e preços que os usuários estariam dispostos a pagar pela água, os quais poderiam ser bem diferentes dos preços que possibilitariam a recuperação dos custos de suprimento.

O bem água possui características que o diferencia de outros bens na economia. Entre estas características está a presença de externalidades, que podem ser de consumo ou de produção. Segundo Varian (2000), há externalidades de produção na medida em que as possibilidades de produção de uma empresa são influenciadas pelas escolhas de outra empresa ou consumidor. Já a externalidade de consumo existe quando os consumidores interferem diretamente na produção ou consumo do outro agente.

No caso da água bruta de um rio, se um agente (seja uma empresa, ou consumidor) decidir utilizar determinada quantidade de água sem levar em consideração os outros agentes

que ainda pretendem utilizá-la, ele estará interferindo não só na quantidade de água que chegará ao outro agente, como na qualidade.

Em um corpo de água doce (como por exemplo, um rio ou um lago) coexistem bactérias e matéria orgânica de todas as naturezas, as bactérias se alimentam de matéria orgânica através de uma reação bioquímica que necessita de oxigênio para sua realização.⁵ Quanto menos água, menos oxigênio, o que irá impactar diretamente no processo de autodepuração⁶ do corpo d'água.

Von Sperling (1996) relata que a introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido e que este decréscimo constitui um dos principais problemas de poluição das águas.

A diminuição na quantidade de água de um rio irá prejudicar a absorção da matéria orgânica que é lançada, pois ela é processada pelas bactérias existentes nos rios, que necessitam de oxigênio na água. Caso a área de absorção desta matéria orgânica seja reduzida, as bactérias se multiplicarão em demasia e disputarão entre si todo o oxigênio disponível. Assim, o oxigênio tende a acabar, as bactérias a morrerem e o nível de matéria orgânica se eleva, tornando o rio poluído. Logo, a retirada desordenada de água por parte de um agente no começo de um rio prejudica, além da quantidade, a qualidade da água que chegará aos outros agentes ao longo do rio, caracterizando, portanto, a presença de externalidades.

Além da presença de externalidades, a água também pode ser considerada um bem público, ou seja, um bem que é fornecido na mesma quantidade para todos os consumidores envolvidos. No caso da água bruta, a quantidade consumida por cada agente vai depender da capacidade de retirada de água do usuário, contudo a oferta de água é a mesma para todos os agentes envolvidos, o que caracteriza um bem público.

Diante destas particularidades da água bruta, observa-se que este não é um bem qualquer, onde as próprias forças de mercado fariam com que houvesse uma quantidade de consumo e um preço de equilíbrio. Assim, são necessários estudos de mecanismos de alocação de forma a eliminar as falhas de mercado citadas e viabilizar um estado social desejável que leve ao bem-estar de todos.

⁵ Esta explicação está contida em www.sabesp.com.br

⁶ Autodepuração é o fenômeno do restabelecimento do equilíbrio no meio aquático por mecanismos naturais após alterações decorrentes de despejos de efluentes

De acordo com Souza & Júnior (2006), a inexistência de mercados e conseqüentemente de preços para a água são consideradas fontes de ineficiências, já que tornam sua utilização excessiva e não permitem a instituição de medidas que tenham como finalidade a internalização das externalidades geradas e a sua utilização eficiente.

O modelo econômico-hidrológico desenvolvido por Moraes et al (2006) para a Bacia do Rio Pirapama é capaz de avaliar os mecanismos voltados a eliminar essas falhas de mercado. O modelo consegue determinar a quantidade de água que deve ser retirada por cada usuário a fim de se alcançar o benefício social ótimo, respeitando-se todas as restrições físicas e institucionais. Além disso, consegue simular a atuação de diversos mecanismos econômicos na alocação de água. Dessa forma, pode-se comparar cada um deles entre si e em relação à meta social ótima.

Ao tomar a decisão sobre o quanto consumir, cada usuário da bacia não leva em consideração os impactos que esta sua decisão provocará aos demais usuários deste sistema hídrico. Sendo assim, o órgão gestor⁷ de recursos hídricos deveria intervir na alocação desses recursos, de forma a garantir que a quantidade consumida por cada usuário seja a mais próxima possível daquela que maximiza os benefícios coletivos.

Segundo Carrera-Fernandez (2000), essa intervenção do órgão gestor deve ser a utilização de algum mecanismo econômico ou alocativo de água (outorga, cobrança ou mercados de água) que deve possibilitar a internalização dos custos sociais à decisão do usuário individual e suprir o financiamento de projetos de investimento, os custos de operação e a manutenção do próprio sistema hídrico.

A outorga é um instrumento jurídico pelo qual o poder público, entendido como o órgão que possui a devida competência legal, confere ao administrado a possibilidade de usar privativamente um recurso que é público (GRANZIERA, 1993 apud RIBEIRO, 2000).

Carrera-Fernandez (2000) aponta a cobrança como um dos instrumentos mais importantes na gestão dos recursos hídricos. Segundo ele, a cobrança pelo uso da água é utilizada com a finalidade de racionalizar o uso, atuar como mecanismo eficiente na

⁷ Carrera-Fernandez (2000) utiliza o termo órgão gestor referindo-se a entidade que tem a finalidade de decidir sobre os assuntos da bacia. De acordo com a Lei Federal 9.433/97 é competência do Comitê da Bacia Hidrográfica arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos (ver item 2.1 – Aspectos Legais). Sendo assim, sempre que o texto se referir a órgão gestor da bacia, pode-se entender Comitê da Bacia Hidrográfica.

redistribuição dos custos sociais de forma mais equitativa, disciplinar a localização dos usuários, promover o desenvolvimento regional integrado e incentivar a melhoria da qualidade dos efluentes lançados nos mananciais.

Na adoção de mercados de água são as forças de oferta e demanda que definem a alocação dos recursos hídricos de forma eficiente entre os múltiplos usuários. O mercado funciona a partir da existência da unicidade da outorga do direito de uso da água (como forma de garanti-lo aos usuários) e da garantia de possibilidade de transferência do mesmo entre os vários usuários do recurso.

Dentre os processos de alocação de água, a cobrança será a mais enfatizada neste trabalho. O instrumento de cobrança é considerado essencial para criar condições de equilíbrio entre as disponibilidades e as demandas, proporcionando a harmonia entre os usuários competidores, redistribuição dos custos sociais e a formação dos fundos financeiros para as obras, programas e intervenções do setor (MMA, 2005)

Vários estudos já foram realizados visando a uma obtenção da forma de calcular um preço justo para água⁸, mas o enfoque sempre é dado ao cálculo em si e às conseqüências para os usuários e os gestores governamentais em termos de impactos nos custos e na arrecadação. Contudo, não há uma forma de se avaliar a contribuição de mecanismos de cobrança no atendimento do objetivo econômico, ou seja, levar os usuários a racionalizar o uso deste bem. A modelagem que identifica a meta social ótima é capaz de identificar um ótimo para a sociedade, viabilizando uma base de comparação dentre as formas de cálculo para o preço da água.

As metodologias para o cálculo do valor a ser cobrado pela água buscam basicamente dois objetivos: a eficiência econômica e a viabilização financeira dos programas previstos para a bacia. De acordo com Carrera-Fernandez (2000), são objetivos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos:

- gerenciar a demanda;
- redistribuir de forma mais justa os custos sociais;
- melhorar a qualidade dos efluentes industriais e esgotamentos sanitários lançados nos corpos d'água;

⁸ Por exemplo: Carrera-Fernandez (2000), Ribeiro (2000), Thomas (2002), Forgiarini (2006), Macêdo (2006), e Silva (2006).

- promover a formação de fundos para financiar ações públicas através de projetos, obras, programas e outros trabalhos necessários ao setor; e
- incorporar ao planejamento global as dimensões social e ambiental.

2.1 Aspectos Legais e Institucionais

No âmbito do meio ambiente, a Lei Federal 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente, cria o Conselho Nacional do Meio Ambiente e institui o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental.

O objetivo da Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA é a preservação, a melhoria e recuperação da qualidade ambiental, devendo o desenvolvimento econômico-social estar compatibilizado com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico. O Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA é composto pelos órgãos e entidades responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, dentre estes órgãos está o CONAMA que é o Conselho Nacional do Meio Ambiente que tem a função de auxiliar o Presidente da República na formulação de diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente.

Um ponto a se destacar dentro da política Nacional de Meio Ambiente é o art. 4º parágrafo VII, da lei federal citada, segundo o qual:

A Política Nacional de Meio Ambiente visará à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

Como a água bruta é um recurso ambiental, pode-se interpretar o trecho da Política Nacional de Meio Ambiente transcrito acima como uma autorização a alguma forma de compensação pelo uso da água, como por exemplo, a implantação de uma cobrança por este uso.

A constituição de 1988 dedica o capítulo VI a causa ambiental. O artigo 225 do referido capítulo determina:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, determina, entre outros, os seguintes fundamentos:

- a água é um bem de domínio público;
- a água é um recurso natural limitado dotado de valor econômico;
- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos;
- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

O Estado concede o direito de uso da água e não sua propriedade. A outorga implica no simples direito de uso das águas, sendo a cobrança pelo seu uso um poderoso instrumento de gestão onde é aplicado o princípio de poluidor pagador⁹, que possibilita a conscientização do usuário, assim, este fundamento é um indutor do uso racional e serve de base para a instituição da cobrança pelo uso da água bruta.

A lei 9.433/97 estabelece como objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A lei 9.433/97 estabelece como sendo (art. 5) instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

⁹ Na verdade no Brasil a cobrança pela água se baseia nos princípios de poluidor-pagador e usuário-pagador. O descarte de efluentes em rios e mananciais constitui uso do recurso hídrico, a poluição só é caracterizada quando a carga lançada está fora dos padrões estabelecidos pela resolução nº 357/05 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).

- I. os Planos de Recursos Hídricos;
- II. o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III. a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV. a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V. a compensação a Municípios;
- VI. o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

A política é ajustada por um modelo institucional descentralizado voltado para a participação da sociedade civil através dos Comitês de Bacias Hidrográficas e nos Conselhos de Recursos Hídricos (SILVA, 2006).

Portanto, dentre estes instrumentos de gestão, a outorga controlada ou administrativa e a cobrança seriam os mecanismos – voltados a corrigir distorções de alocação devido à externalidades – admitidos pela lei (MORAES et al, 2006).

Conforme a Lei Federal 9.433/97 os Comitês de Bacias Hidrográficas são compostos por representantes:

- da União;
- dos Estados e do Distrito Federal cujos territórios se situem, ainda que parcialmente, em suas respectivas áreas de atuação;
- dos Municípios situados, no todo ou em parte, em sua área de atuação;
- dos usuários das águas de sua área de atuação;
- das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia.

De acordo com a Lei Federal 9.433/97, compete aos Comitês de Bacias Hidrográficas:

- promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes;
- arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos;
- aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia;
- acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;

- propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes;
- estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos e sugerir valores a serem cobrados;
- estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

O capítulo II da lei 9.433/97 trata do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, cuja composição, constante do art. 34 é: representantes dos Ministérios e Secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso dos recursos hídricos; representantes indicados pelos conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; representantes dos usuários dos recursos hídricos; representantes das organizações civis de recursos hídricos. A competência do Conselho está relatada no art. 35, capítulo II, e merece destaque o parágrafo X, segundo o qual é competência do conselho estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para cobrança por seu uso.

No ano de 2000 foi sancionada a lei federal 9.984 (*Lei da ANA*), a qual estabelece a criação da Agência Nacional de Águas que tem por finalidade a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Tem como principais atribuições: outorgar o direito de uso dos recursos hídricos e implementar a cobrança pelo uso da água em rios de domínio da União.

A Resolução nº 48 de 21 de março de 2005 descreve em seu artigo 2º os objetivos da cobrança pelo uso de recursos hídricos, a saber:

- reconhecer a água como bem público limitado, dotado de valor econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- incentivar a racionalização do uso da água e a sua conservação, recuperação e manejo sustentável;
- obter recursos financeiros para o financiamento de estudos, projetos, programas, obras e intervenções, contemplados nos Planos de Recursos Hídricos, promovendo benefícios diretos e indiretos à sociedade; entre outros.

A resolução estabelece também as condicionantes para a cobrança, são elas:

- a proposição das acumulações, derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes pelo respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica e sua aprovação pelo respectivo Conselho de Recursos Hídricos;
- o processo de regularização de usos de recursos hídricos sujeitos à outorga na respectiva bacia, incluindo o cadastramento dos usuários da bacia hidrográfica;
- o programa de investimentos definido no respectivo Plano de Recursos Hídricos devidamente aprovado;
- a aprovação pelo competente Conselho de Recursos Hídricos, da proposta de cobrança, tecnicamente fundamentada, encaminhada pelo respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica;
- a implantação da respectiva Agência de Bacia Hidrográfica ou da entidade delegatária do exercício de suas funções.

A resolução ainda estabelece os aspectos relativos à fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos. Para o caso da cobrança por extração destacam-se: disponibilidade hídrica, vazão consumida, finalidade a que se destinam, sazonalidade, localização do usuário na bacia e práticas de racionalização.

No âmbito estadual, a Constituição do Estado de Pernambuco trata da questão ambiental no Título VII: Da Ordem Social, capítulo IV – Do Meio Ambiente. O art. 204 da Seção I determina que o desenvolvimento deva conciliar-se com a proteção ambiental. O art. 210 da mesma seção deixa explícita a preocupação com os recursos hídricos quando define o Plano Estadual do Meio Ambiente como o instrumento de implementação da política estadual, prevendo a adoção de medidas indispensáveis à utilização racional da natureza e redução da poluição resultante das atividades humanas, visando, dentre outras metas, à proteção dos rios, correntes de águas, lagos, lagoas e espécies neles existentes, sobretudo para coibir o despejo de caldas e vinhotos das usinas de açúcar e destilarias de álcool, bem como de resíduos ou dejetos, suscetíveis de torná-los impróprios para o consumo. A seção IV do mesmo capítulo dedica-se inteiramente à preocupação com os recursos hídricos.

A Lei Estadual nº. 11.426 de 17 de Janeiro de 1997 dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Os fundamentos e objetivos da Política Estadual são basicamente os mesmos da Política Federal. A seção III do capítulo III da Política Nacional de Recursos Hídricos trata da cobrança. De acordo com a seção, a cobrança deve visar a racionalizar o uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

2.2 Alocação de Recursos Escassos

A questão da alocação dos recursos escassos é uma questão central em Economia e o que se procura definir é um estado social desejável, ou uma meta social e econômica, e, portanto devem ser estabelecidas considerações normativas - Economia Normativa. Uma vez que se defina um estado social desejável, é necessário determinar as formas de tentar alcançá-lo. Este é o papel da Economia Positiva. A análise teórica e empírica positiva trata da implementação das metas sociais e econômicas - uma vez que elas sejam aceitas - bem como a verificação da viabilidade destas metas (EATON; EATON, 1999 apud MORAES et al, 2006).

Carrera-Fernandez & Garrido (2000) colocam que o crescimento econômico desordenado e a ocupação não apropriada do solo, juntamente ao uso perdulário dos recursos hídricos, têm contribuído para tornar a oferta de água em certas bacias hidrográficas incompatível com as demandas nas suas múltiplas modalidades de uso.

De acordo com Rosegrant et al (2000), com o crescimento da escassez e o conseqüente aumento da competição por água entre os setores, as políticas que visam à eficiência, equidade e sustentabilidade têm crescido em importância.

O problema em questão é como atender aos usos múltiplos por água, frente à escassez dela. Entende-se aqui, que não só a quantidade de água deve ser respeitada como a qualidade também.

Este seria um problema simples, se o caso da água fosse o caso de um bem qualquer, simplesmente haveria um equilíbrio entre oferta e demanda. Assim, numa situação de escassez, ou seja, uma diminuição da oferta, as pessoas estariam dispostas a pagar mais por aquele bem. Mesmo que algum usuário esteja disposto a pagar mais numa situação de escassez, sem haver um instrumento regulador, pode ser que na prática as demandas continuem sem serem atendidas. Isto porque o usuário mais a montante do rio se encontra numa situação privilegiada em relação aos outros, logo se ele sabe que os demais usuários ao longo do rio estão dispostos a pagar por esta água, ele poderia reter a água e vendê-la¹⁰. Já os

¹⁰ Legalmente o Estado concede o direito de uso e não sua propriedade, logo este exemplo citado não faria sentido para o Brasil na situação de hoje. O exemplo não se aplica, tendo em vista que o instrumento regulador citado já existe na figura do Estado e da Lei federal 9.433/97.

usuários a jusante não iriam querer demonstrar esta disposição a pagar pela água a fim de evitar que o primeiro usuário pudesse intervir na quantidade de água que chega para eles.

Como consequência, ao se tratar a água como um bem sem valor econômico, não há incentivo para o usuário a montante de o rio levar em conta o custo que ele impõe ao outro usuário a jusante; ao mesmo tempo este último usuário não tem como proporcionar ao primeiro tal incentivo (MORAES et al, 2006). Caracteriza-se, portanto, a presença de externalidades negativas.

A questão da alocação do recurso água quebra alguns dos pressupostos que asseguram o atendimento do Primeiro Teorema do Bem-Estar¹¹, sendo um deles: a questão de que cada agente toma decisões de consumo e produção sem se preocupar com o que os outros agentes estão fazendo (MORAES et al, 2006).

Macedo (2006) coloca que a concepção de cobrança está ligada ao Princípio do Usuário-Pagador¹², segundo o qual o usuário é obrigado a internalizar os custos que impõe a terceiros ao usar o recurso natural.

Além disso, o recurso água ainda apresenta outra falha de mercado: o fato de ser um bem público. Esta última particularidade pode levar ao que se chama de tragédia do uso comum.

Para se entender do que se trata a tragédia do uso comum¹³, pode-se supor, de forma simplificada, um rio, onde todos os usuários têm acesso àquela água. Deseja-se comparar dois mecanismos de alocação: no primeiro apenas um usuário tem acesso a retirar água (solução de propriedade privada); no segundo há vários usuários com acesso livre e irrestrito ao rio.

Retirar um litro de água para este único usuário do rio custa c unidades monetárias, a quantidade de produto gerada pela água para ele vai depender de quanto é retirado de água nesse rio, quanto mais água for retirada, menor a qualidade e a quantidade da água que resta.

¹¹ De acordo com Varian (2000), o Primeiro Teorema do Bem-Estar diz que todos os equilíbrios de mercado são eficientes de Pareto.

¹² Princípio Usuário Pagador (PUP): onerará os usuários de água que por meio de captação ou pelo uso consuntivo determinem modificação no regime quantitativo ou qualitativo dos recursos hídricos. Princípio Poluidor Pagador (PPP): onerará os usuários que realizarem lançamentos de efluentes nos corpos hídricos alterando suas características qualitativas (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, 1972).

¹³ A explicação da tragédia do uso comum foi baseada em Varian (2000).

Então, cada vez que o único usuário for retirar água do rio, ele irá captar o máximo de água possível sem prejudicar a qualidade da água que resta no rio, tendo em vista que se a qualidade for alterada, ele mesmo será prejudicado nas captações futuras.¹⁴ Seja $f(a)$ o valor da produção deste usuário se existirem a litros de água retirados, o valor do produto por litro d'água é igual ao produto médio, $f(a)/a$. O ponto de maximização da riqueza do rio é o ponto onde o produto marginal de um litro de água for igual ao custo, c . Se o produto marginal de um litro de água fosse maior que c , valeria a pena retirar mais um litro de água do rio; se fosse menor do que c , é mais caro retirar esse litro do que o benefício que ele trará, não sendo viável a retirada deste litro d'água.

No caso da existência de vários usuários com acesso livre e irrestrito ao rio, eles só parariam de retirar água quando os lucros (ou bem estar, no caso de consumidores) fossem nulos. Quando um usuário decide retirar água observa o valor extra que se obterá em comparação com o custo de retirar esta água. Essa decisão será boa para ele, porém ele não considera em seu cálculo o impacto que isto causará aos demais usuários do rio, ou seja, o usuário não considera o custo social que ele impõe, se cada usuário pensar dessa mesma forma, acabará por faltar água para todos (escassez hídrica).

Assim, se houver um instrumento que impeça a utilização excessiva da água, então, não haverá produção de externalidades, propiciando um uso eficiente dos recursos. Este uso eficiente dos recursos será responsável pela alocação ideal da água entre os múltiplos usos.

Ferreira & Carrera-Fernandez (2003) colocam que sempre que existir a possibilidade de disputas e conflitos pelo uso da água, o gerenciamento integrado dos recursos hídricos é recomendado como forma de garantir os direitos individuais de cada usuário.

Dependendo do objetivo final desejado pelo órgão gestor, vários critérios podem ser utilizados na comparação das formas de alocação de água. Howe et al (1986) apud Dimnar et al (1997) enumeraram alguns critérios para comparar alocação de água, são eles:

- flexibilidade na alocação das ofertas, de modo que o recurso possa ser alternado de uso para uso, de lugar para lugar, de acordo com a mudança de demanda, tornando possível equalizar valores marginais sobre muitos usos com custo mínimo;

¹⁴ Ver conceito de autodepuração apresentado no capítulo 2

- segurança da licença para usuários estabelecidos, de modo que eles tomem medidas necessárias para usar o recurso eficientemente. Segurança não conflita com flexibilidade, à medida que exista uma reserva do recurso disponível para atender demandas inesperadas;
- o custo de oportunidade real do provimento de recurso deve ser pago pelos usuários, de modo que, outra demanda ou efeitos de externalidades são internalizados. Isso permite à alocação levar em conta usos ambientais a partir de um valor extra mercado, e também dirige o uso do recurso para atividades com maiores valores alternativos;
- previsibilidade do resultado do processo de alocação, de modo que a melhor alocação possa ser materializada e a incerteza (especialmente, para custos de transação) é minimizada;
- equidade do processo de alocação deve ser percebida pelos usuários prospectivos, provendo ganhos de oportunidades iguais da utilização do recurso para cada usuário potencial;
- aceitabilidade pública e política, de modo que a alocação possa ajudar a atingir valores e objetivos, e portanto, ser aceita por vários segmentos na sociedade.
- eficácia, de modo que a forma de alocação mude situações indesejáveis existentes, como redução da quantidade dos lençóis de água e poluição de água, e faça com que as metas desejadas sejam atingidas;
- factibilidade e sustentabilidade administrativa, para ser capaz de implementar o mecanismo de alocação e permitir um efeito contínuo e crescente do acordado;

Assim, com base em critérios aceitos pelos agentes em questão, a solução do problema da escassez é caracterizada pela intervenção do órgão gestor que, a partir de uma definição do que é ideal, deverá prover uma política de recursos hídricos.

Em outras palavras, a partir da Economia Normativa, que se preocupa com juízos de valores, ou seja, o que é desejável ou não, define-se o que é ideal. Definido o ideal, deve-se, através da Economia Positiva, buscar mecanismos que levem a sociedade a se comportar dessa forma. De acordo com a Economia Positiva, todas as afirmações positivas deveriam ser redutíveis a alguma forma que seja testável por referência à evidência empírica. Assim, para se chegar a esse ideal, neste trabalho serão simuladas situações de metodologias de cobrança para verificar que alocação do uso da água ela propicia e a partir daí verificar qual está mais perto do desejável.

Carrera-Fernandez & Garrido (2000) explicam que ao longo da história humana sempre que o homem se defrontou com a escassez de algum bem, ele o submeteu às forças de mercado, a cobrança pela água seria, portanto, uma extensão do conceito de valor econômico.

As formas de cobrança a serem analisadas são duas: uma visando a um comportamento eficiente dos usuários (objetivo econômico) e a outra com a finalidade de arrecadar o valor correspondente aos investimentos e custos de operação e manutenção (objetivo arrecadatário ou financeiro).

Motta (1998) coloca que a cobrança da água deve atender para dois objetivos: o de financiamento da gestão de recursos hídricos e o de redução da externalidades ambientais negativas.

Independentemente do objetivo da cobrança adotada, a idéia é que os recursos financeiros advindos da adoção de alguma forma de pagamento sejam utilizados pelo órgão gestor no próprio setor hídrico (prioritariamente na bacia geradora do recurso), para investimento em novos projetos, custos de operação e manutenção. A cobrança é necessária para que os agentes tomem suas decisões considerando o custo social, que antes não era levado em consideração.

De acordo com Moraes et al (2006), numa situação em que o ótimo de Pareto não pode ser utilizado, deve-se utilizar a análise Custo-Benefício para gerar as informações necessárias. A quantidade ótima alocada deve ser aquela com a melhor relação custo-benefício, isto é, a que maximiza o benefício social líquido.

2.3 Formas de Cobrança

Como já foi dito anteriormente, dependendo do objetivo do órgão gestor, vários critérios podem ser utilizados a fim de se calcular valores para cobrança.

Antes de tratar das diversas formas de cobrança existentes, é necessário ir mais a fundo nos princípios e objetivos da cobrança pelo uso da água. Segundo Carrera-Fernandez (2000), apesar de a gestão dos recursos hídricos ser uma atividade de custo marginal zero, o gerenciamento dos recursos hídricos exige certos custos fixos advindos de investimentos em projetos e obras e ações necessárias para garantir a oferta deste recurso.

Ainda de acordo com o autor, a cobrança por água tem sido utilizada em outros países como forma de:

- racionalizar o uso dos recursos hídricos;

- contribuir para o gerenciamento da demanda;
- promover a redistribuição dos custos sociais de forma mais equitativa;
- disciplinar a localização dos usuários, buscando a conservação dos recursos hídricos;
- promover o desenvolvimento regional integrado; e
- incentivar a melhoria dos níveis de qualidade dos efluentes lançados nos mananciais.

Assim, o objetivo mais importante da cobrança pelo uso da água é garantir aos usuários dos recursos hídricos um uso eficiente deste recurso (gestão de demanda). Só se justifica tal cobrança nas situações em que há um balanço hídrico crítico, o que exige ações, projetos e obras hidráulicas (gestão de oferta) que seriam financiadas pelos recursos advindos da cobrança. Outra situação em que se justifica a cobrança é quando há poluição da água que comprometa sua qualidade.

Silva (2006) explica que as distintas metodologias discutidas para o caso do Brasil procuram considerar critérios particulares de cada região e que em sua maioria são compostas por coeficientes de ponderação, base de cálculo (vazão de captação, consumo ou diluição de cargas) e valores unitários, podendo ter caráter econômico e/ou financeiro (arrecadatório).

Ribeiro (2000) apresenta quatro metodologias de cobrança pelo uso da água. São elas:

- i. cobrança pelo custo de oportunidade;
- ii. rateio dos programas de investimento;
- iii. cobrança pelo custo marginal de expansão e racionalização de oferta; e
- iv. ponderação do valor de referência da cobrança.

Já Carrera-Fernandez (2000) apresenta outras formas de se estimar metodologias de cobrança pelo uso da água, tais como: Teoria do First Best, Preço igual ao Custo Médio e Teoria do Second Best.

2.3.1 Cobrança com objetivo econômico¹⁵

A cobrança com objetivo econômico busca levar o usuário a se comportar de forma eficiente. A cobrança seria uma forma de fazer com que o usuário se comportasse de forma racional e sem desperdícios.

¹⁵ A princípio só deveria ser considerada como cobrança com objetivo econômico aquelas que induzem uma mudança de comportamento por parte do usuário, logo para se definir uma cobrança como econômica, deveria se avaliar que impacto ela causou no comportamento dos usuários. A classificação usada, no entanto, foi feita com base no que se espera que ocorra frente a cada cobrança.

Dentre as metodologias de cobrança apresentadas por Ribeiro (2000) a cobrança pelo custo de oportunidade e a ponderação do valor de referência da cobrança são as que têm objetivo econômico, já Carrera-Fernandez (2000) apresenta a teoria do first best para obtenção de um preço com objetivo econômico.

A idéia da cobrança pelo custo de oportunidade desenvolvida por Ribeiro (2000) é cortar o fornecimento do bem e ver que formas alternativas o usuário teria para continuar consumindo o bem. No caso do consumo da água para abastecimento humano, a autora considera como forma alternativa ao serviço de abastecimento tradicional a perfuração de um poço ou a aquisição de caminhões pipa.

O custo de oportunidade será a diferença entre o que se paga pela forma alternativa e o que o consumidor pagava ao serviço tradicional antes do corte. Com este cálculo é possível saber o máximo que o consumidor está disposto a pagar por este bem e ficar indiferente entre continuar usando o serviço tradicional ou procurar formas alternativas.

O objetivo da cobrança com base em valor de referência ponderado é estruturar um esquema de cobrança que considere as características do uso da água, bem como as condições hidrológicas da bacia.

A equação 2.1 mostra a estrutura de cobrança com base no valor de referência ponderado.

$\sum \$_i = \sum [(coef_i) \cdot \$ref \cdot Q_i]$	(2.1)
---	-------

Onde $\$_i$ é a cobrança para o tipo de usuário i no período analisado¹⁶; $\$_{ref}$ é o valor de referência da cobrança para os usuários ($\$/m^3$); Q_i é o volume retirado pelo usuário i em m^3 dentro do período em questão; $coef_i$ é o coeficiente de ponderação (pode ser também a junção de vários coeficientes) que é um peso sem unidade de medida que tem a finalidade de diferenciar a cobrança.

Na cobrança com base em valor de referência ponderado deve-se definir o valor de referência adotado e depois ponderá-lo de acordo com os coeficientes que estejam mais de

¹⁶ Para se garantir que o a cobrança tenha objetivo econômico, o preço de referência deveria ser obtido segundo metodologias microeconômicas, será visto mais na frente que isto não foi possível tendo em vista as particularidades das funções demanda dos usuários que acabaram por inviabilizar a utilização de preços de referência elevados, forçando a adoção do máximo preço possível sem que algum usuário deixasse de consumir a água. Com isso, além do preço de referência ter ficado muito abaixo do desejado, ele não garante que a cobrança terá um objetivo econômico, apesar disso irá se supor que esta é uma cobrança com objetivo econômico.

acordo com o objetivo da cobrança. Ribeiro (2000) cita como fatores que podem ser levados em consideração para a construção de coeficientes de ponderação: a estação do ano, a localização da captação, o tipo de uso, a eficiência do uso da água pelo usuário e o tipo de manancial.

Carrera-Fernandez (2000) desenvolve a Teoria do First Best como uma forma de cobrança com objetivo econômico. O autor parte do pressuposto de que o critério de eficiência econômica deve ser o único objetivo da política de cobrança pelo uso da água, neste caso, o resultado seria uma estrutura de preço pelo uso da água refletindo o custo marginal de produção. A equação 2.2 mostra a função utilidade indireta do bem-estar da sociedade.

$v = v(p, M), \quad \frac{\partial v}{\partial p} < 0 \text{ e } \frac{\partial v}{\partial M} > 0$	(2.2)
---	-------

Onde, p é o vetor de preços da economia e M é a renda da comunidade que é definida pela equação 2.3.

$M = \sum_j p_j x_j(p) - \sum_j c_j[x_j(p)]$	(2.3)
--	-------

Onde, $x_j(p)$ é a quantidade demandada do bem j , que é função do vetor preço (p); e $c_j(x_j)$ é o custo de produção do bem j que é função da quantidade produzida, x_j .

Calculando-se a condição necessária para um ótimo interior a fim de maximizar a função de bem estar social, obtém-se a equação 2.4.

$\frac{\partial v}{\partial p_j} + \frac{\partial v}{\partial M} \cdot \frac{\partial M}{\partial p_j} = 0$ $\frac{\partial v}{\partial p_j} + \frac{\partial v}{\partial M} \left[\left(p_j \frac{\partial x_j}{\partial p_j} \right) + x_j - \left(\frac{\partial c_j}{\partial x_j} \right) \left(\frac{\partial x_j}{\partial p_j} \right) \right] = 0$	(2.4)
---	-------

Onde, $\partial c_j / \partial x_j$ é o custo marginal de produção do bem j . Dividindo-se ambos os lados por $\partial v / \partial M$ e utilizando a identidade de Roy¹⁷, chega-se na equação 2.5.

¹⁷ A identidade de Roy estabelece que: $\frac{\left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)}{\left(\frac{\partial v}{\partial M} \right)} = -x_j$

$\left(\frac{\partial x_j}{\partial p_j}\right) \left[p_j - \left(\frac{\partial c_j}{\partial x_j}\right) \right] = 0$	(2.5)
--	-------

Como $\partial x_j / \partial p_j$ é diferente de zero, então se obtém o resultado do preço ser igual ao custo marginal de produção, ou seja, $p_j = CMg_j$, para todo j .

Este é o resultado esperado numa situação sem falhas de mercado, onde a economia de mercado conduz à eficiência econômica.

Forgiarini (2006) apresenta a política de preços ótimos ou análise custo benefício, segundo a qual, o preço ótimo é aquele que produz a máxima diferença entre os benefícios totais e os custos totais. Outra metodologia também disposta pelo autor é a custo-efetividade, onde a quantidade ótima é definida de forma acordada pela sociedade. Thomas (2002) apud Forgiarini (2006) afirma que a aplicação destas metodologias fornece o custo mínimo para atingir a quantidade ótima acordada.

2.3.2 Cobrança com objetivo arrecadatário

Como explicado anteriormente, a cobrança com objetivo arrecadatário ou financeiro tem a finalidade de cobrir os investimentos necessários à bacia, bem como sua manutenção e operação, além dos gastos com o órgão gestor.

A cobrança com base no rateio dos investimentos busca apenas a viabilização financeira dos programas previstos para a bacia. Assim, é feito um rateio entre os usuários da água através de algum critério. Ribeiro (2000) cita como critério:

- rateio proporcional ao volume retirado por cada usuário;
- rateio proporcional à capacidade de pagamento de cada usuário;
- rateio em função do parâmetro elasticidade-preço da demanda;
- rateio em função do tipo de uso da água; e
- rateio proporcional a um conjunto de critérios.

Ribeiro (2000) adota os seguintes critérios para cobrança com base no rateio dos investimentos: o valor cobrado deve ser proporcional ao volume de água captado; a cobrança anual deve ser igual aos custos e investimentos necessários à bacia; e o valor a ser cobrado deve ser ponderado por um coeficiente. A equação 2.6 mostra a cobrança com base no rateio dos investimentos.

$\sum \$_i = \sum [(coef_{iu}) \cdot \$_{ref} \cdot Q_i] = CTA$	(2.6)
---	-------

Onde $\$i$ é a cobrança para o tipo de usuário i no período analisado; $\$_{ref}$ é o valor de referência da cobrança para os usuários ($\$/m^3$); Q_i é o volume retirado pelo usuário i em m^3 dentro do período em questão; CTA é o custo total anual previsto para a bacia e $coef_{tu}$ é o coeficiente tipo de usuário que é um peso sem unidade de medida que tem a finalidade de diferenciar a cobrança por uso.

O custo total anual, CTA, deve ser estimado para a bacia em que se deseja implantar a cobrança, o coeficiente tipo de usuário pode ser arbitrado ou definido de acordo com algum critério estabelecido pelo comitê da bacia, a quantidade de água captada também é uma informação dada, então o que se deseja descobrir a partir da equação 2.6 é o preço de referência. Reorganizando a equação 2.6, obtém-se a equação 2.7.

$\$_{ref} = \frac{CTA}{\sum [(coef_i) \cdot Q_i]}$	(2.7)
--	-------

Como o objetivo desta cobrança é arrecadatário, o preço de referência será o que igualar o somatório da cobrança de todos os usuários ao volume que deve ser arrecadado para cobrir os custos e investimentos da bacia. Nesta cobrança, com base no rateio dos investimentos, o preço de referência, $\$_{ref}$, será o mesmo para todos os usuários.

A outra forma de cobrança com objetivo arrecadatário desenvolvida por Ribeiro (2000) é a cobrança do custo marginal de expansão da oferta e racionalização do uso da água, baseada no custo total anual e no total de água captado. O custo marginal associado às retiradas é uma divisão entre o custo total anual dos projetos de expansão, manutenção e operação, e a quantidade total anual captada pelos usuários.

Esse sistema de cobrança, que tem como referência o custo marginal, pode contemplar um esquema de subsídios diretos ou cruzados, caso se verifique desrespeito à capacidade de pagamento do usuário.

É importante explicar que para se calcular o custo marginal, seria necessário o conhecimento dos investimentos a serem realizados em cada ano do período em questão e sua respectiva vazão incremental. Por não dispor dessas informações para a bacia do Pirapama, Ribeiro (2000) optou por proceder ao cálculo conforme explicado acima, dessa forma, apesar de estar sendo chamando de valor de cobrança pelo Custo Marginal, este método se aproxima

mais do método chamado de valor de Cobrança pelo Custo Médio¹⁸, tendo em vista que rateia os custos totais entre os usuários da bacia.

Carrera-Fernandez (2000) coloca que uma forma de cobrir os custos de produção, ou seja, o financiamento dos investimentos e custos de manutenção da bacia seria a adoção de uma forma de cobrança com base no custo médio, contudo, ao pensar num preço igual ao custo médio o autor visualizou o problema de haver uma diferenciação para um mesmo uso de água entre bacias hidrográficas diferentes.

Macêdo (2006) apresenta como metodologia de cobrança com fins arrecadatórios além da cobrança pelo Custo Médio, uma cobrança com base no Preço Público, esta cobrança rateia os custos entre os usuários da bacia, a diferença é que este rateio não é feito de forma igual entre os usuários, há uma diferenciação de acordo com a elasticidade-preço da demanda de cada usuário.

2.3.3 Metodologia alternativa para Cobrança – Teoria do Second Best

Carrera-Fernandez (2000) relata que, a princípio, uma política de preço público deveria buscar a eficiência na alocação dos recursos e cobrir os custos de produção, devendo cada usuário pagar uma proporção justa destes custos, quer dizer, o autor classifica como ideal a junção dos dois objetivos de cobrança. Para se atingir esses dois objetivos, o preço deveria por um lado refletir o custo marginal de produção (Teoria do First Best) e por outro cobrir o seu custo médio (cobrança igual ao custo médio).

Quando se iguala o preço ao custo marginal não há garantia de equidade na repartição da riqueza, ou seja, a questão distributiva não é levada em consideração. Já quando se iguala o preço ao custo médio, o usuário paga uma proporção justa, porém economicamente ineficiente, podendo criar ou ampliar distorções na alocação dos recursos hídricos em relação aos níveis socialmente ótimos.

Um cálculo alternativo apontado por Carrera-Fernandez (2000), tendo em vista as falhas apresentadas pelos métodos de cobrança preço igual ao custo marginal e preço igual ao custo médio, é a cobrança pelo uso da água com base na teoria do Second Best que busca o uso mais eficiente do recurso através de uma política de preços que maximize a diferença entre benefícios e custos sociais e ao mesmo tempo minimize os impactos distributivos da economia. Esse conjunto de preço recebe o nome de preços ótimos.

¹⁸ A partir daqui esta forma de cobrança será sempre chamada como Cobrança pelo Custo Médio, apesar de Ribeiro (2000) referir-se a ela como Cobrança pelo Custo Marginal de expansão da oferta.

Esta política de preços ótimos é obtida a partir da função de utilidade indireta de bem-estar da sociedade (equação 2.2) e da função de restrição orçamentária da sociedade (equação 2.3).

Para que a cobrança pelo uso da água em mananciais seja considerada eficiente não deve haver perda ou ganhos financeiros, com isso Carrera-Fernandez (2000) adiciona uma nova restrição ao problema, a de que $M = 0$.

O Lagrangeano correspondente ao problema em questão é o mostrado pela equação 2.8.

$L = v\left(p, \sum_j p_j x_j(p) - \sum_j c_j[x_j(p)] - \mu(M)\right)$	(2.8)
--	-------

Após aplicar as condições de maximização chega-se ao seguinte resultado:

$-x_j \left(\frac{\partial v}{\partial M} \right) + \mu x_j + \mu \frac{\partial x_j}{\partial p_j} \left(p_j - \frac{\partial c_j}{\partial x_j} \right) = 0$	(2.9)
--	-------

Fazendo as devidas manipulações e utilizando a identidade Roy e o conceito de elasticidade¹⁹ (ϵ_j) obtém-se a equação 2.10.

$\frac{p_j - CMg}{p_j} = \alpha \frac{1}{ \epsilon_j }$	(2.10)
---	--------

Onde $\alpha = 1 - (\partial v / \partial M) / \mu$, é uma constante de proporcionalidade que reflete a diferença relativa entre benefícios e custos marginais e $CMg = \frac{\partial c_j}{\partial x_j}$. O resultado obtido mostra que a variação percentual de preço da água no uso j, em relação ao seu custo marginal, é inversamente proporcional à sua elasticidade preço da demanda. Assim a cobrança diferenciada leva a distorções minimizadas em relação aos seus níveis ótimos.

Percebe-se que para utilização deste método, que é apontado por Carrera-Fernandez (2000) como o ideal, deve-se obter uma estimação da elasticidade dos usuários com relação à água, para isso precisa-se estimar a função demanda dos usuários. Além disso, é necessária a obtenção dos custos de gestão desta bacia, para que se possa calcular o custo marginal.

¹⁹ $\epsilon_j = \left(\partial x_j / \partial p_j \right) (p_j / x_j)$

Carrera-Fernandez (2000) aponta como forma de estimar as funções demanda por água, a funções demanda “tudo ou nada”. Este tipo de função demanda é conseguido através de pares de preço de reserva – quantidade, que darão origem a uma função demanda linear. Os preços de reserva são obtidos supondo uma interrupção hipotética na utilização do recurso. Percebe-se estreita relação com a forma de cobrança pelo custo de oportunidade levantada por Ribeiro (2000). Através deste método, chega-se nas elasticidades por água em cada modalidade. Estas elasticidades são consideradas constantes ao longo da curva.

A partir da função demanda ordinária, dada pela equação 2.11, pode-se chegar a esta demanda “tudo ou nada” a partir da definição do preço de reserva dada pela equação 2.12.

$p_j = p_j(x_j)$ $dp_j(x_j)/dx_j < 0$	(2.11)
---------------------------------------	--------

$p_j^r(x_j) = \frac{1}{x_j} \int_0^{x_j} p_j(x_j) dx_j$	(2.12)
---	--------

Reorganizando a equação 2.12 de forma que o lado direito dela fique apenas com a integral, percebe-se que a derivação de ambos os lados fornece a função demanda ordinária conforme a equação 2.13.

$d[p_j^r(x_j)x_j]/d_j = p_j(x_j)$	(2.13)
-----------------------------------	--------

Sendo assim, torna-se fácil estimar a função demanda ordinária a partir da função demanda “tudo ou nada” que será obtida através do ajustamento de uma função linear que passa por dois pontos que são obtidos a partir do custo de oportunidade da água nos diversos tipos de usos.

A partir da substituição desses valores e do custo marginal na equação 2.10, se obtêm os preços ótimos para as diversas modalidades de uso.

Outras formas de cálculo do preço de cobrança são discutidas, bem como a adoção dos coeficientes pode englobar outros fatores que sejam considerados importantes pelo Comitê da bacia.

Forgiarini (2006) coloca que a determinação do valor a ser cobrado pelo uso da água gera muitas dificuldades, devido à complexidade de se valorar um bem ambiental que apresenta inúmeros usos e é variável no tempo e espaço.

2.4 Modelo Econômico-Hidrológico Integrado

A modelagem econômico-hidrológica integrada²⁰ representa a bacia hidrográfica como um todo, através de uma rede de nós e links, nos quais os nós representam entidades físicas e os links, as conexões entre estas entidades. Os nós podem ser de dois tipos: os nós-fonte, que representam entidades físicas tais como: rios, reservatórios, águas subterrâneas etc.; e os nós-demanda, que podem ser: agroindústrias, cidades, pequenas centrais hidroelétricas - PCHs etc.

A modelagem considera tanto os usos consuntivos como os não-consuntivos. Os benefícios líquidos de cada uso são implementados numa função-objetivo única, restrita por relações hidrológicas, ambientais e institucionais. (ROSEGRANT et al, 2000).

A modelagem obtida para resolver o problema de alocação na Bacia do Pirapama pode ser considerada dentro da categoria de sistemas não-lineares grandes e complexos, tendo em vista que possui mais de 10.000 variáveis e restrições.

Com a finalidade de buscar uma solução viável a partir dos softwares de Programação Não-Linear disponíveis para este sistema complexo, foi utilizada a “modelagem holística” com método de decomposição por temas. Para implementá-la, utilizou-se o método *piece-by-piece* apresentado em Cai et al (2001). Essa abordagem faz uso do *General Algebraic Modeling System* (GAMS), software de alto nível utilizado para resolução de problemas de programação matemática, e sua capacidade de reiniciar arquivos.

Assim, a solução de um sub-modelo é escrita num arquivo e usada como ponto de partida para o próximo sub-modelo. Todos os *solvers* disponibilizados através do GAMS para resolução de Programação não-linear têm sua performance dependente dos valores iniciais dados às variáveis. Uma condição inicial inadequada pode levar o *solver* a demorar mais a convergir ou até mesmo a não convergir.

²⁰ A idéia é obter a alocação ótima através da maximização do benefício social líquido, bem como avaliar estratégias de implementação da referida meta. Para isto, o modelo econômico hidrológico foi baseado em um modelo hidrológico-agronômico-econômico-institucional integrado desenvolvido por um grupo de pesquisa conjunta sendo membros: International Food Policy Research Institute (IFPRI); Center for Research in Water Resources (CRWR) na Universidade do Texas, em Austin e International Water Management Institute (IWMI). O modelo atendia aos objetivos estabelecidos, além de estar alinhado com as tendências atuais para a modelagem em termos de bacia.

O modelo econômico hidrológico integrado desenvolvido por Moraes et al (2006) para a bacia do Pirapama é dividido em dois sub-modelos e a decomposição foi feita por temas: quantidade (sub-modelo 1) e qualidade de água (sub-modelo 2). A estrutura do modelo pode ser mostrada de forma genérica, através da seguinte formulação:

$\text{Max } f(x, y)$	(2.14)
-----------------------	--------

Sujeita às seguintes restrições:

$g_1(x) = 0$	(2.15)
--------------	--------

$g_2(x, y) = 0$	(2.16)
-----------------	--------

E aos limites:

$x^l \leq x \leq x^u$	(2.17)
-----------------------	--------

$y^l \leq y \leq y^u$	(2.18)
-----------------------	--------

Onde x e y são vetores de variáveis de decisão, algumas das quais podendo ser variáveis de folga. As funções $g_1(x)$ e $g_2(x, y)$ são vetores de equações lineares e não-lineares, diferenciáveis nos retângulos definidos pelos limites estabelecidos nas equações 2.17 e 2.18. Os termos x^l e x^u significam os limites inferiores e superiores das variáveis com definição similar para a variável y . As restrições $g_1(x)$ são representativas do sub-modelo 1, e envolvem apenas as variáveis x . Assim, a idéia é num primeiro *step* resolver este primeiro “pedaço” sem levar em conta as variáveis y , ainda não definidas. Ou seja, o problema descrito a seguir:

$\text{Max } f(x)$	(2.19)
--------------------	--------

Sujeita às seguintes restrições:

$g_1(x) = 0$	(2.20)
--------------	--------

E aos limites:

$x^l \leq x \leq x^u$	(2.21)
-----------------------	----------

A solução deste sub-modelo 1, que será denotada por x^* é então utilizada como condição inicial para o segundo sub-modelo, que inclui as restrições $g_2(x, y)$. A solução do sub-modelo 2 é assim a solução do modelo completo, já descrito nas equações 2.14 a 2.18. A rigor, as duas funções-objetivo, a do modelo completo e a do sub-modelo 1, são idênticas. Isto porque as variáveis y são na realidade variáveis de estado, ou seja, não aparecem explicitamente na função-objetivo. São valores resultantes da escolha das variáveis x , que no modelo completo são restritas também pelas restrições às variáveis y .

2.5 O Sistema de Apoio a Decisão Espacial para Gestão de Bacias Hidrográficas (SADE-GBHidro)

O Sistema de Apoio a Decisão Espacial para Gestão de Bacias Hidrográficas (SADE-GBHidro), que está sendo construído através de um convênio FINEP/ CT-HIDRO (MORAES et al, 2006), permite aos usuários apoio à decisão no planejamento e gestão de bacias hidrográficas, na medida em que viabiliza a utilização da modelagem econômico-hidrológica integrada.

Usando-se a mesma plataforma de dados espaciais e sócio-econômicos de uma determinada bacia hidrográfica, se podem gerar diversos modelos, ao se especificar a função-objetivo, ponderações para os diversos termos da mesma, restrições envolvidas, além de cenários hidrológicos, horizontes de tempo e períodos considerados, mantendo-se as mesmas variáveis de decisão. Isto é subsídio para o processo decisório, pois o tomador de decisões passa a dispor, para a mesma representação da bacia, de uma série de resultados. As saídas dos diversos modelos podem ser visualizadas através do SADE que disponibiliza uma interface gráfica amigável para tal (MORAES et al, 2007b).

A figura 2.1 apresenta as telas de criação do modelo.

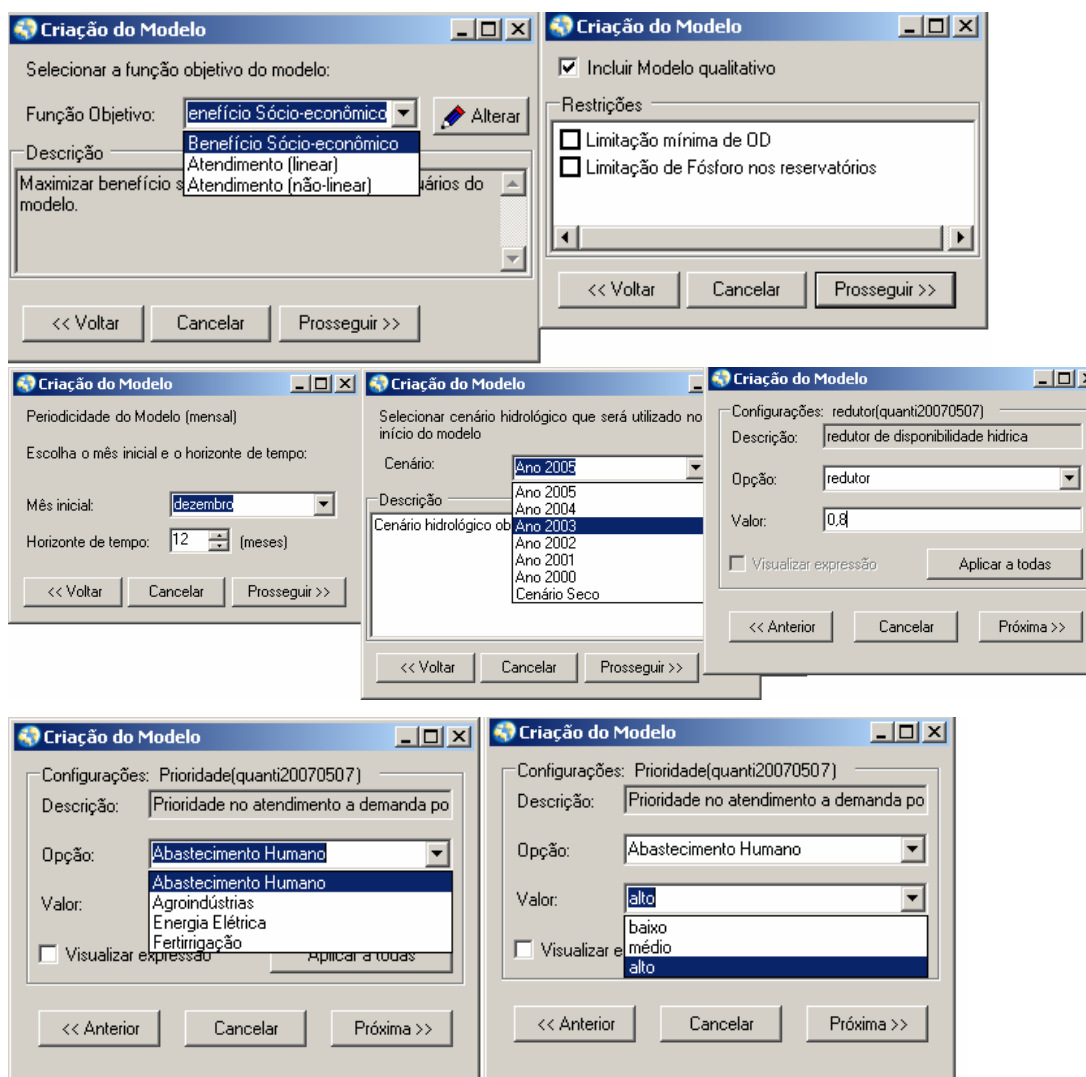


Figura 2.1 – Telas de Criação do Modelo no SADE-GBHidro

Percebe-se que o usuário do programa escolhe a função objetivo que será utilizada nas simulações que deseja fazer, além de decidir sobre variáveis como: periodicidade do modelo, cenário hidrológico utilizado, aplicação de redutor de disponibilidade hídrica e prioridade no atendimento a um determinado usuário.

No capítulo 5, quando serão feitas as simulações concernentes a este trabalho, todos estes recursos serão utilizados mostrando as possibilidades de simulações que o SADE-GBHidro oferece.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia proposta para realizar a comparação entre duas metodologias com objetivos distintos, escolhidas dentro da literatura, bem como a comparação de ambas com uma situação referência que seria a ideal. As etapas para a realização da pesquisa foram as seguintes:

1. atualização dos dados existentes em estudo realizado anteriormente com base no IGP-M, bem como obtenção de novas informações para realização dos cálculos dos coeficientes de ponderação;
2. desenvolvimento da modelagem econômico-hidrológica integrada;
3. efetivação dos cálculos das duas metodologias de cobrança que serão comparados;
4. Comparação das metodologias de cobrança frente a uma situação de escassez hídrica.

3.1 Atualização e Coleta de dados

Para fazer a avaliação através da modelagem econômico-hidrológica integrada desenvolvida para a bacia do rio Pirapama, foram escolhidas duas formas distintas de cobrança: cobrança pelo custo médio de expansão e racionalização de oferta – objetivo arrecadatório ou financeiro; e ponderação do valor de referência da cobrança – objetivo econômico. A idéia é comparar estas duas formas de cobrança com objetivos distintos diante das condições de oferta de água apresentadas, que simularão uma situação de escassez.

3.1.1 Cobrança pelo Custo Médio

Para a realização do cálculo do preço pelo Custo Médio, utilizou-se como base a pesquisa feita por Carrera-Fernandez (2000), onde se levou em consideração: o programa de investimentos para a bacia do Pirapama (CPRH/DFID, 1998g; Documento Estratégico de Investimentos do Sistema Metropolitano de Saneamento Ambiental da RMR, 1998; Informações do Comitê da Bacia do Rio Pirapama; Carrera-Fernandez, 1999) e o Custo anual de operação do órgão gestor na bacia do Pirapama (informações do Comitê da Bacia do rio Pirapama; Carrera-Fernandez, 1999).

As informações que se seguem nas tabelas 3.1 e 3.2 são atualizações²¹ para o ano 2004 de estudos realizados anteriormente.

Programas	Investimento (R\$)	Manutenção e operação (R\$/ano)
Programas relativos ao aumento de oferta e racionalização no uso da água		
Sistema Barragem Pirapama	30.000.000,00	644.241,44
Gerenciamento dos Recursos Hídricos	370.000,00	268.433,93
Sub-Total 1	30.370.000,00	912.675,38
Programas relativos ao controle da qualidade ambiental		
Sistemas de esgotamento sanitário	68.668.065,46	1.373.361,31
Sistemas de resíduos sólidos urbanos e recuperação de áreas degradadas	22.548.450,44	1.127.422,52
Qualidade das águas	300.646,01	64.424,14
Gerenciamento Ambiental	11.274.225,22	536.867,87
Sub-Total 2	102.791.387,13	3.102.075,84
Total Geral	133.161.387,13	4.014.751,21

Tabela 3.1 - Investimentos Programados e Custos de Operação e Manutenção na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama (em R\$) ano de 2004

O foco do presente trabalho é o estudo quantitativo do conflito entre os usuários da Bacia. Sendo assim da tabela 3.1 só serão utilizados os dados dos programas relativos ao aumento de oferta e racionalização no uso da água. Além destes investimentos e custos existem os custos anuais de operação do órgão gestor da bacia²² do Pirapama que estão explicitados na tabela 3.2 abaixo.

Discriminação	Valor (R\$/ano)
Material e Equipamento	81.603,92
Pessoal (salários e encargos)	30.923,59
Elaboração e Publicação de Relatórios	20.400,98
Confecção de Material de Divulgação e Vídeo	25.060,99
Transporte e Diárias	13.421,70
Monitoramento de Recursos Hídricos	37.752,55
Total	209.163,72

Tabela 3.2 - Custo anual de operação do órgão gestor na bacia do Pirapama atualizados para o ano de 2004

²¹ Estas atualizações foram feitas com base na variação acumulada do IGP-M no período de agosto de 1998 (período de referência do trabalho de Carrera-Fernandez (2000)) a julho de 2004, totalizando 72 meses. O valor da variação acumulada para este período foi de 114,7471%.

²² Estes valores também estão sendo informados supondo que órgão o gestor só teria finalidade de expandir a oferta e racionalizar o uso. O item Monitoramento de Recursos Hídricos é decorrência do fato gerador da cobrança ser a retirada da água, os demais itens são os constantes no trabalho de Ribeiro (2000) divididos por 2 (já que são custos existentes para as duas finalidades: quantidade e qualidade), atualizados pelo IGP-M.

A partir das informações contidas nas tabelas anteriores, pode-se chegar ao custo total anual (ano de 2004) de gestão da bacia, onde estarão inclusos os valores de manutenção e operação, investimento e operação do órgão gestor. Os valores referentes ao investimento são os mesmos do trabalho de RIBEIRO (2000), tendo em vista que o investimento não é feito anualmente, ele será feito uma vez inicialmente e posteriormente só se faz necessária à manutenção. Para poder se chegar a um valor anual de investimento, aplicou-se uma taxa de 12% a.a. em um horizonte de 20 anos (RIBEIRO, 2000), obtendo-se o valor anual que é mostrado na tabela 3.3 abaixo.

Ano	Investimento	O&M (anual)	Gestão (anual)	Investimento (anual)	Total (anual)
2004	30.370.000,00	912.675,38	209.163,72	4.065.898,55	5.187.737,65

Tabela 3.3- Custos de investimento, operação e manutenção (O. M.), custos do órgão gestor e custos totais.

Portanto, no ano de 2004, o valor total anual seria de R\$ 5.187.737,65 entre os usuários da bacia para viabilização financeira dos programas previstos para ela.

A tabela 3.4 abaixo apresenta a demanda por água dos usuários da bacia apresentada em Ribeiro (2000).

Usuários	Demanda (m³/s)	Porcentagem do total (%)	Demanda (milhões m³/ano)
JB (agroindústria)	0,4333	5,00	13,66
PCH JB	0,6842	7,89	21,58
Sibéria (agroindústria)	0,0600	0,69	1,89
Liberdade (agroindústria)	0,3700	4,27	11,67
Recife	5,1200	59,03	161,46
PCH CIP	1,8872	21,76	59,51
Vitória	0,1190	1,37	3,75
usos consuntivos	6,1023	70,35	192,44
usos não-consuntivos	2,5713	29,65	81,09
total (consuntivo + não consuntivo)	8,6736	100,00	273,53

Tabela 3.4 Demandas requeridas pelos usuários da Bacia

3.1.2 Preço de Referência Ponderado

Para o cálculo do Preço de Referência Ponderado foram colhidas informações para o cálculo dos coeficientes de ponderação

3.1.2.1 Coeficiente de Sazonalidade

Os dados apresentados no cálculo do coeficiente de sazonalidade referem-se a três pontos representativos da bacia do Pirapama através de uma série de precipitação média mensal que vai de 1992 a 2005. A partir dessa série se chegou à média de precipitação de cada um dos 12 meses do ano para os três pontos representativos. O próximo passo foi calcular a precipitação média dos períodos seco e chuvoso, para posteriormente efetuar os cálculos dos coeficientes. Estas informações foram colhidas no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb)²³.

3.1.2.2 Coeficiente de Disponibilidade Hídrica

Para aplicar o cálculo do coeficiente de disponibilidade hídrica desenvolvido por Motta et al (2006), é necessário levantar a quantidade efetiva de água de cada ponto de medição, conforme Tabela 3.5.

Ponto de medição	Quant. água em m ³ /s	Quant. Efetiva de água em m ³ /s
JB (α)	1,51759	1,51759
Ponte (β)	1,96289	0,44530
Cachoeira Tapada (γ)	2,85321	0,89032
Inexport (δ)	8,09109	5,23788
Pirapama (σ)	14,90869	6,81760

Tabela 3.5 – Disponibilidade Hídrica

Supondo que a água que é medida no ponto de medição JB chega inteiramente ao ponto de medição Ponte, então a quantidade de água medida em Ponte é a que foi medida em JB com algum acréscimo oriundo de afluentes e de água da chuva. A quantidade de água efetiva é, portanto, a quantidade de água medida em um ponto menos a quantidade de água medida no ponto anterior.

Os dados da tabela 3.5 foram obtidos a partir de informações disponibilizadas no Hidroweb²⁴. Para o ponto de medição Pirapama²⁵, foi calculada a média da vazão média mensal (m³/seg.) de uma série abrangendo o período de março de 1986 a dezembro de 2005. Os demais pontos de medição dispunham de uma série abrangendo um período menor, compreendido entre os anos 2000 e 2005. Nestes casos, a partir da série existente, estimou-se

²³ Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>

²⁴ Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>

²⁵ Por simplicidade, optou-se por seguir a linha de raciocínio utilizada para o cálculo da disponibilidade dos outros pontos de medição, porém por se tratar de um reservatório deveria ter sido utilizada a curva de garantia do reservatório.

uma equação de regressão com base na área de drenagem e na precipitação média, a fim de estabelecer valores de vazão para outros meses, em seguida, aplicou-se a equação de regressão para obter os valores referentes aos anos de 1992 a 2000. Com este artifício, estes pontos contaram com uma série compreendida desde janeiro de 1992 até dezembro de 2005.

3.1.2.3 Coeficiente de Eficiência

O coeficiente de eficiência será arbitrado com base no estudo realizado por Moraes et al (2007a), onde é calculado o benefício marginal líquido dos usuários a partir do qual se pode definir que usuários são mais ou menos eficientes.

3.2 Modelo Econômico-Hidrológico Integrado

O referencial que será utilizado como situação ideal no presente trabalho é o obtido a partir da modelagem descrita no item 2.4 através da maximização dos benefícios sociais líquidos. O item 2.4 explica que a modelagem disponibiliza resultados obtidos a partir de 2 sub-modelos (sub-modelo1 – quantidade e sub-modelo 2 – qualidade), porém o presente trabalho analisará apenas as metodologias de cobrança associadas à quantidade utilizada e por isso utilizará apenas os resultados do sub-modelo 1.

Os benefícios sociais líquidos (diferença entre os benefícios sociais e os custos sociais, englobando os preços de cobrança), que se objetiva maximizar, são representados através de uma função dos valores de alocação por usuário e por mês, denominada de função-objetivo. A mensuração deles é feita através da agregação dos benefícios e custos individuais líquidos agrupados por categorias de uso. Na aplicação que será feita no presente trabalho, realizada em todo o trecho a montante do reservatório Pirapama, consideraram-se as funções benefício de três usos e respectivos usuários, a saber: abastecimento humano (municípios do Recife e Vitória), abastecimento agroindustrial (agroindústrias JB, Sibéria e Liberdade), geração de energia elétrica (PCHJB e PCHCIP).

Estes benefícios sociais líquidos são estabelecidos em Moraes et al (2006) a partir de funções de demanda inversa não-lineares, obtidas através dos valores de elasticidades-preço da demanda por água em cada modalidade de uso na bacia do Pirapama, avaliadas nos respectivos pontos previstos de demanda no estudo de Carrera-Fernandez (2000). Na determinação das funções demanda partiu-se do pressuposto de que as elasticidades são constantes ao longo da curva e, através da resolução de uma equação diferencial, obteve-se uma função de demanda inversa.

Com as funções de demanda inversa, identificadas para cada usuário a partir de valores observados, obtém-se a função benefício líquido resultante de uma determinada alocação de água para cada usuário, num determinado mês através da integração da mesma (função demanda inversa do usuário) – ver equação 3.1 e figura 3.1 (MORAES, et al 2006).

$B.Liq(usuariqt) = e^{C_1} \left[\frac{C_2^{(1/\eta)+1}}{(1/\eta)+1} - \frac{ C_2 - Q_{aloc}(usuariqt) ^{(1/\eta)+1}}{(1/\eta)+1} \right] - C_{medio} * Q_{aloc}(usuariqt)$	(3.1)
--	-------

Onde e^{C_1} , C_2 , η e C_{medio} assumem valores dependendo da função demanda do usuário (ver figura 2.1). Os valores de C_1 e C_2 são as condições de contorno que retratam a configuração de uso atual do usuário e são determinados através do chamado ponto de operação²⁶, que é o valor requerido e o custo médio para obtenção dessa água pelo usuário (Q_{req} , C_{med}) e o benefício associado a esse ponto atualmente (área hachureada na figura).²⁷ O valor de P_1 , que aparece na figura, representa o Preço no racionamento do usuário, e é diretamente determinado através das constantes C_1 e C_2 , este último representando o consumo autônomo do mesmo pela equação 3.2 (MORAES et al, 2006).

$P_1 = e^{C_1} \times C_2^{1/\eta}$	(3.2)
-------------------------------------	-------

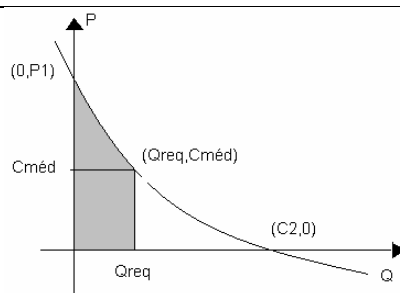


Figura 3.1- Função de demanda inversa representativa de um usuário de água

Moraes et al (2006) apresenta a função-objetivo como a soma dos benefícios líquidos de todos os usuários individuais que vem a ser a o benefício social líquido – ver equação 3.3

²⁶ Este ponto seria aquele associado às demandas requeridas atualmente, cuja ordenada correspondente é o custo médio para a captação. Dessa forma, os usuários estariam requerendo água até o ponto a partir do qual qualquer acréscimo na quantidade faria o benefício marginal conseguido menor do que o custo marginal para obtenção desse adicional.

²⁷ Estas estimativas de benefícios foram obtidas calculando-se os benefícios brutos com a água requerida. No caso do abastecimento humano, por exemplo, os benefícios com a água requerida foram calculados tomando-se a quantidade de água demandada descontadas as perdas, multiplicada por uma média ponderada das tarifas residenciais em vigor, que variavam em função do volume entregue. No caso do abastecimento industrial, a quantidade de água requerida menos as perdas entra numa função de produção (estimada para o modelo com os dados das agroindústrias) que juntamente com a quantidade de cana moída em cada safra, calcula o valor do produto final (álcool e/ ou aguardente) resultante. Adotando os valores em vigor de venda para o aguardente e o álcool determinaram-se os benefícios.

$F - OBJ = \sum_{mun} B.Liq_{AH}(usuario_{mun}) + \sum_{aind} B.Liq_{AI}(usuario_{aind}) + \sum_{pch} B.Liq_{GE}(usuario_{pch}) + \sum_{firrig} BL_{fir}(usuario_{firrig})$	(3.3)
---	-------

Este modelo desenvolvido por Moraes et al (2006) fornece a alocação ótima, dadas as restrições hidrológicas e a disponibilidade hídrica existente para atingir diversos objetivos. A meta social é simulada através da maximização dos benefícios líquidos sociais

Para simular a utilização de duas metodologias de cobrança (uma com objetivo arrecadatório e outra com o objetivo econômico), escolhidas na literatura dentro da modelagem, são acrescentados os preços estabelecidos aos custos médios de captação dos usuários, mantidas a disponibilidade hídrica e as restrições hidrológicas e institucionais, e utilizada uma função-objetivo a ser minimizada. Esta nova função-objetivo, descrita na equação 3.4 irá minimizar os desvios no atendimento em relação à demanda requerida pelos usuários, dados os preços, pois uma vez adotada a cobrança, o órgão gestor tenta assegurar o que cada usuário requer diante da disponibilidade hídrica existente. (MORAES et al, 2007a).

$F - OBJ = \sum_i \sum_t (Qaloc_{i,t} - Qreq_{i,t})^2$	(3.4)
--	-------

O mecanismo de outorga é simulado também minimizando os desvios no atendimento, sem, no entanto, inserir os valores de cobrança.

A adoção destes preços irá aumentar os custos de todos os usuários. Esta introdução dos preços acarreta duas situações, uma de curto prazo e outra de médio prazo. No curto prazo, o usuário ainda não se adaptou à nova situação, logo a introdução do preço irá reduzir a quantidade de água requerida por ele e alterar o seu ponto de operação; no médio prazo, o usuário poderá modificar sua função demanda a fim de continuar a requerer a mesma quantidade de água.

No presente trabalho, admite-se que não há alterações na função demanda, ou seja, no curto prazo, serão simuladas em uma mesma plataforma as duas formas de cobrança, a outorga e o máximo de benefícios líquidos diante de uma situação em que há escassez. Assim, poderão se avaliar os referidos mecanismos entre si e em relação à meta social ótima.

3.3 Metodologias de Cobrança Adotadas

Para fazer a avaliação através da modelagem econômico-hidrológica integrada desenvolvida para a bacia do rio Pirapama, foram escolhidas duas formas distintas de cobrança: cobrança pelo custo médio de expansão e racionalização de oferta – objetivo arrecadatório ou financeiro; e ponderação do valor de referência da cobrança – objetivo econômico. A idéia é comparar estas duas formas de cobrança com objetivos distintos diante das condições de oferta de água apresentadas, que simularão uma situação de escassez.

O cálculo para a cobrança pelo custo médio será o mesmo utilizado por Ribeiro (2000), já a ponderação do valor de referência da cobrança seguirá a mesma idéia de Ribeiro (2000), contudo não abrangerá os mesmos coeficientes de ponderação.

Tanto as metodologias desenvolvidas por Carrera-Fernandez (2000), como as de Ribeiro (2000) poderiam ser utilizadas no presente trabalho, contudo, optou-se pelas metodologias apresentadas por Ribeiro devido ao suporte aos cálculos dado pela autora ao longo da elaboração do trabalho.

3.3.1 Cobrança pelo Custo Médio

A cobrança pelo custo médio foi adotada com a finalidade de ser uma forma de cobrança refletindo o “rateio” dos custos, a partir do levantamento dos valores referentes aos investimentos, custos de operação e manutenção e o custo anual de operação do órgão gestor da bacia e da quantidade de água anual captada pelos usuários. O montante para cobrir os gastos com a bacia será dividido entre os usuários, o que acarretará um mesmo preço de cobrança para todos.

De acordo com Ribeiro (2000), o valor do preço pelo custo médio será a divisão entre o custo total anual e a demanda por ano, conforme equação 3.5:

$PCmg = \frac{Custo_Total_Anual}{Demanda_Total_Anual}$	(3.5)
--	-------

3.3.2 Ponderação do Valor de Referência da Cobrança

O objetivo da ponderação é diferenciar a cobrança por critérios previamente estabelecidos. Para isso, devem ser utilizados coeficientes ponderadores que reflitam a diferenciação desejada.

É preciso cautela na utilização destes coeficientes de ponderação, tendo em vista que a multiplicação de um preço de referência por um valor muito alto pode onerar excessivamente o valor final de cobrança, da mesma forma que um coeficiente muito baixo pode fazer com que a cobrança não surta o efeito desejado, seja o objetivo financeiro ou econômico, uma vez que o preço final pode ficar muito abaixo do desejado.

Thomas (2002) alerta para o fato de que o coeficiente pode distorcer bastante o valor final da cobrança, o que pode ocasionar perda de credibilidade. Assim, é importantíssimo, ao se optar pela adoção de uma forma de cobrança que considera coeficientes de ponderação, estimá-los de forma a refletir a realidade e não gerar ainda mais diferenças.

A literatura traz muitos tipos de coeficientes que variam de acordo com o objetivo desejado. Ribeiro (2000) utiliza os seguintes coeficientes: sazonalidade, localização, tipo de uso, eficiência e tipo de manancial. Os coeficientes adotados, contudo, são arbitrados de acordo com o senso comum, ou seja, espera-se que no período chuvoso a água seja mais barata que no período seco, valendo o mesmo raciocínio para os demais coeficientes.

Optou-se neste trabalho por utilizar apenas coeficientes com base em alguma referência, ou seja, não serão utilizados coeficientes arbitrados. Esta decisão foi tomada com vistas a evitar estes problemas de distorções citados acima. Serão utilizados três coeficientes: sazonalidade, disponibilidade hídrica e eficiência. Os dois primeiros são apresentados em Motta et al (2006), baseados em dados coletados, e o de eficiência será estimado a partir de Moraes et al (2007a).

3.3.2.1 Coeficiente de Sazonalidade (CS)

O objetivo do coeficiente de sazonalidade é diferenciar a cobrança dependendo da estação do ano. Aqui serão definidas duas estações: seca (agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) e chuvosa (março, abril, maio, junho, julho).

3.3.2.2 Coeficiente de Disponibilidade Hídrica (CDH)

A ponderação por disponibilidade hídrica busca a diferenciação de acordo com a oferta hídrica, quanto menor a disponibilidade hídrica, maior será o valor do coeficiente e

consequentemente o valor da cobrança e quanto maior a disponibilidade hídrica, menores devem ser o coeficiente e o valor cobrado.

A idéia do coeficiente de disponibilidade hídrica leva em consideração a oferta de água que o usuário se depara, quer dizer a oferta de água que há naquele ponto. Se a bacia tiver uma alta oferta, porém no ponto específico de um usuário, ela seja bem mais baixa, o que será levado em consideração é a oferta do ponto específico, não importando o fato de o rio como um todo apresentar uma elevada oferta hídrica.

O coeficiente é calculado com base no IUD (Índice de Utilização das Disponibilidades), que fornece uma relação entre a demanda total e as disponibilidades, conforme equação 3.6. As demandas atendidas apresentam um índice menor que 1 e as demandas reprimidas apresentam um índice maior que 1 (ALBUQUERQUE; RÊGO, 1999 apud MOTTA et al, 2006).

$IUD = \frac{Demanda_Total}{Disponibilidade}$	(3.6)
--	-------

A disponibilidade utilizada será a quantidade de água medida em determinado ponto menos a quantidade medida no ponto anterior (que se supõe ter sido inteiramente utilizada até a nova medição, caso contrário, a quantidade de água que não foi utilizada será somada à quantidade de água medida no ponto, para fornecer a disponibilidade), dessa forma se obtém a quantidade efetiva de água de cada ponto de medição.

3.3.2.3 Coeficiente de Eficiência (CE)

O critério adotado para estabelecer o coeficiente de eficiência no uso será o benefício marginal líquido. Moraes et al (2007a) calcula a partir da demanda inversa de cada usuário seus respectivos benefícios líquidos associados aos valores de água alocados.

Para calcular o benefício marginal líquido, Moraes et al (2007a) define P_1 como o valor do preço no racionamento que expressa a taxa máxima de benefícios brutos por metro cúbico obtida pelo usuário. Em média (se a curva de demanda fosse linear), pode-se dizer que esta

taxa estaria no ponto médio entre este máximo (P_1) e o custo médio de obtenção da mesma, de acordo com equação 3.7²⁸.

$\frac{P_1 + C_{med}}{2}$	(3.7)
---------------------------	-------

Para identificar a taxa de benefícios líquidos, precisa-se diminuir o valor dos custos associados, resultando na equação 3.8.

$\frac{P_1 + C_{med}}{2} * Q_{req} - C_{med} * Q_{req}$	(3.8)
---	-------

Sendo marginalmente dada pela equação 3.9

$\frac{P_1 - C_{med}}{2}$	(3.9)
---------------------------	-------

Através da equação 3.9, observa-se que o preço do racionamento (P_1) influencia numa proporção direta o benefício líquido marginal médio que é obtido a partir dos dados de configuração de uso atual de cada usuário e é determinado pelos valores de perdas deste usuário (quanto maiores as perdas, menor o P_1), pela elasticidade-preço (quanto maior a elasticidade-preço, menor o P_1), e pelo ponto de operação (Q_{req} , C_{med}) com o seu respectivo benefício estimado (área sob a curva) (MORAES et al, 2007a).

Assim, usuários com menores perdas e todos os demais parâmetros idênticos terão maiores valores de benefício marginal líquido médio em comparação aos outros usuários e uma redução de disponibilidade hídrica, conseqüentemente, implicará numa maior redução de benefícios totais (ver figura 3.2). Da mesma maneira, só variando a elasticidade-preço, valores menores da mesma (o que implica numa maior dependência do usuário da água) implicarão em maiores reduções de benefícios totais.

²⁸ Na verdade, sendo a curva de demanda linear, a área sob a mesma que dá os benefícios brutos associados a um valor de demanda requerida, será a área de um trapézio (ver Figura 2.1) e, portanto dada por

$\frac{P_1 + C_{med}}{2} * Q_{req}$. Ao dividirmos este valor pela Q_{req} , teríamos exatamente o valor da taxa mencionada.

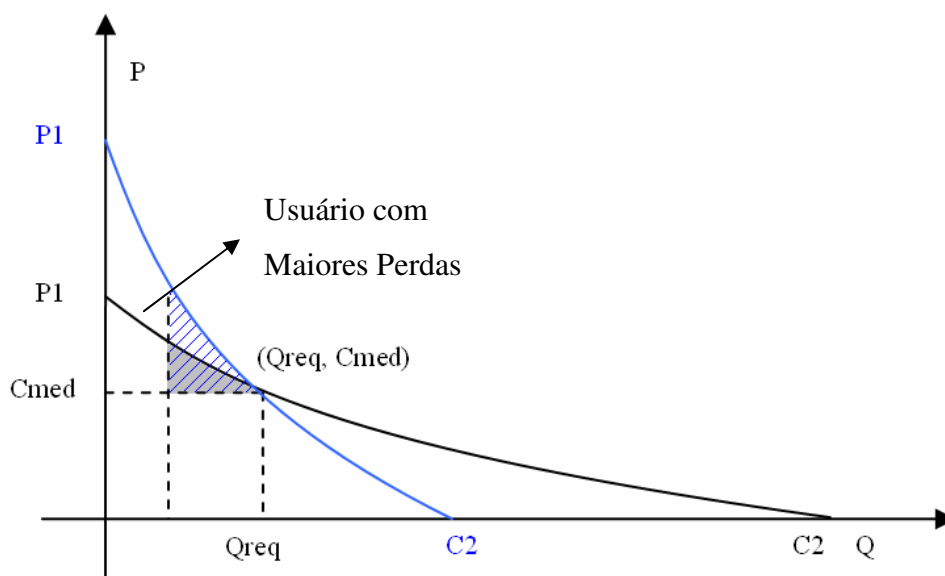


Figura 3.2 - Função de demanda de usuários com perdas diferentes

Conforme informado em Moraes et al (2007a), os valores de custo médio também impactam no benefício marginal líquido médio, sendo que de forma inversa, conforme se vê na equação 3.9. Assim, menores valores de custos médios de operação, implicam num maior valor de benefício líquido marginal médio.

Por tudo isso, percebe-se que ao refletir a forma como cada um usa a água, com mais ou menos perdas, com maior ou menor dependência e maiores ou menores custos, o valor do benefício marginal líquido médio é uma importante medida e será, portanto, utilizado como o coeficiente associado à eficiência.

3.4 Comparação das Metodologias de Cobrança Frente a uma Situação de Escassez Hídrica

A comparação das duas metodologias de cobrança será feita através do SADE-GBHidro, este sistema possibilita que sejam feitas várias simulações, entre elas a introdução de uma redução hídrica, no presente trabalho será adotado um redutor de 60% de disponibilidade hídrica que foi escolhido com base em Moraes (2007a).

Além disso, o programa permite que sejam estabelecidas prioridades no abastecimento humano, bem como a comparação da situação após a introdução da cobrança com a situação sem cobrança (outorga), com e sem escassez hídrica.

A partir dos resultados encontrados no sistema serão feitas análises e conclusões concernentes à introdução da cobrança.

4 CASO ESTUDADO: BACIA DO RIO PIRAPAMA

O presente trabalho usará o modelo econômico-hidrológico integrado desenvolvido para a bacia do rio Pirapama para avaliar duas formas de cobrança, verificando o quanto o estabelecimento dos preços de cada uma das metodologias leva a uma proximidade ou distanciamento da meta social ótima.

A bacia do rio Pirapama se localiza na porção centro-sul da Zona da Mata Pernambucana, Nordeste Brasileiro. Ocupa uma área de cerca de 600 km² abrangendo parte dos municípios de Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Ipojuca, Moreno Escada²⁹, Vitória de Santo Antão e Pombos (ver figura 4.1).

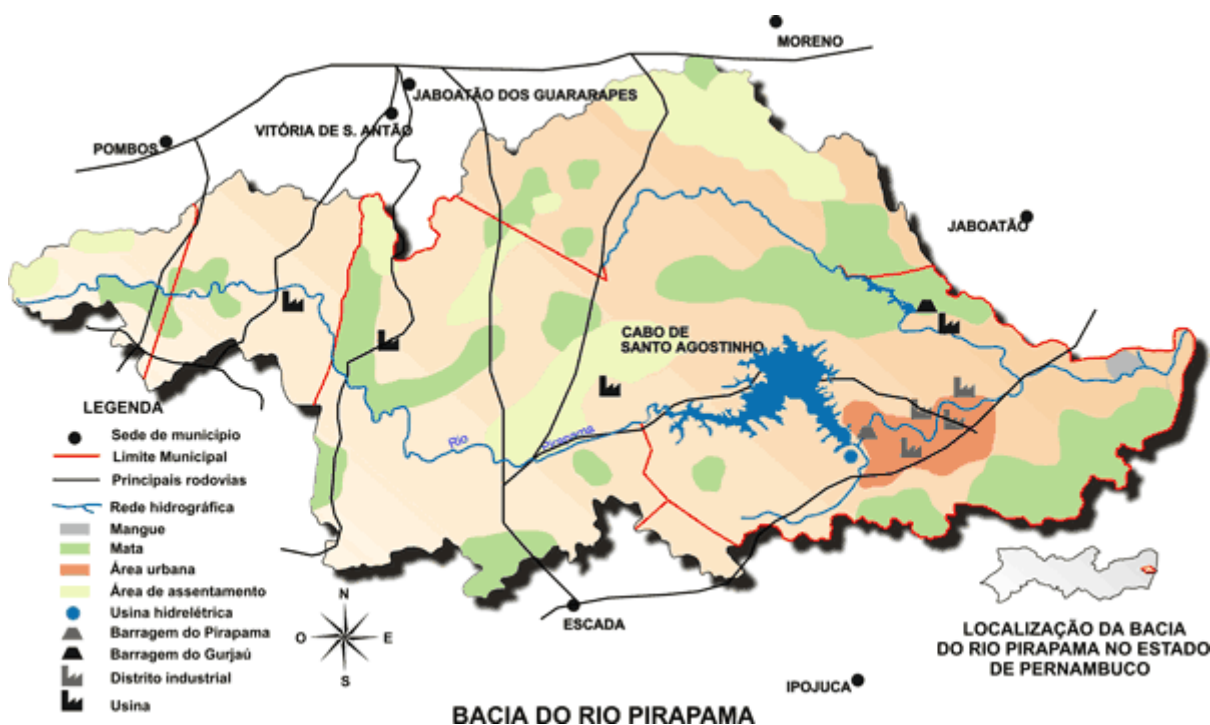


Figura 4.1- localização da bacia do rio Pirapama³⁰

O Rio Pirapama tem uma extensão aproximada de 80 km e sua nascente é localizada no município de Pombos, sendo o Pirapama o manancial mais importante em um raio de 40 km da cidade do Recife.

²⁹ Os Municípios de Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Ipojuca e Moreno fazem parte da região Metropolitana de Recife.

³⁰ Disponível em <http://www.marcadagua.org.br/imagens/pirapamag.gif>

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama foi o primeiro Comitê no Estado de Pernambuco, tendo sido instalado em Junho de 1998 de acordo com a lei estadual nº 11.426 de 1997. O Comitê é formado por representantes dos usuários e da sociedade civil; representantes do Poder Público Estadual e representantes dos Municípios.

Ribeiro (2000) elencou os principais problemas no setor de recursos hídricos desta região: insuficiente produção de água tratada, elevadas perdas e altos desperdícios, precário atendimento dos sistemas de esgotamento sanitário e de limpeza pública e altos índices de poluentes.

Moraes et al (2006) aponta como uma importante consequência desses problemas o racionamento a que vem se submetendo a Região metropolitana de Recife há alguns anos, que compromete, principalmente em período de longas estiagens, a regularidade no atendimento à população. Outro problema apontado pela autora é com relação à qualidade da água do rio, que se apresenta em desacordo com os objetivos de qualidade das águas em todo o trecho monitorado.

O modelo econômico-hidrológico integrado foi aplicado no primeiro trecho da bacia que vai da nascente até o reservatório Pirapama. Nesse trecho estão localizadas as agroindústrias JB, Sibéria e Liberdade (ou Inexport), os pontos de captação de água da Compesa para abastecimento das cidades de Vitória e Recife e as Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCH's) CIP e JB.

A figura 4.2 mostra a rede de nós e links representativa da configuração atual dos usuários na bacia do Pirapama ao longo do rio no trecho modelado que pode ser utilizada para explicar os conflitos de usos existentes na bacia.

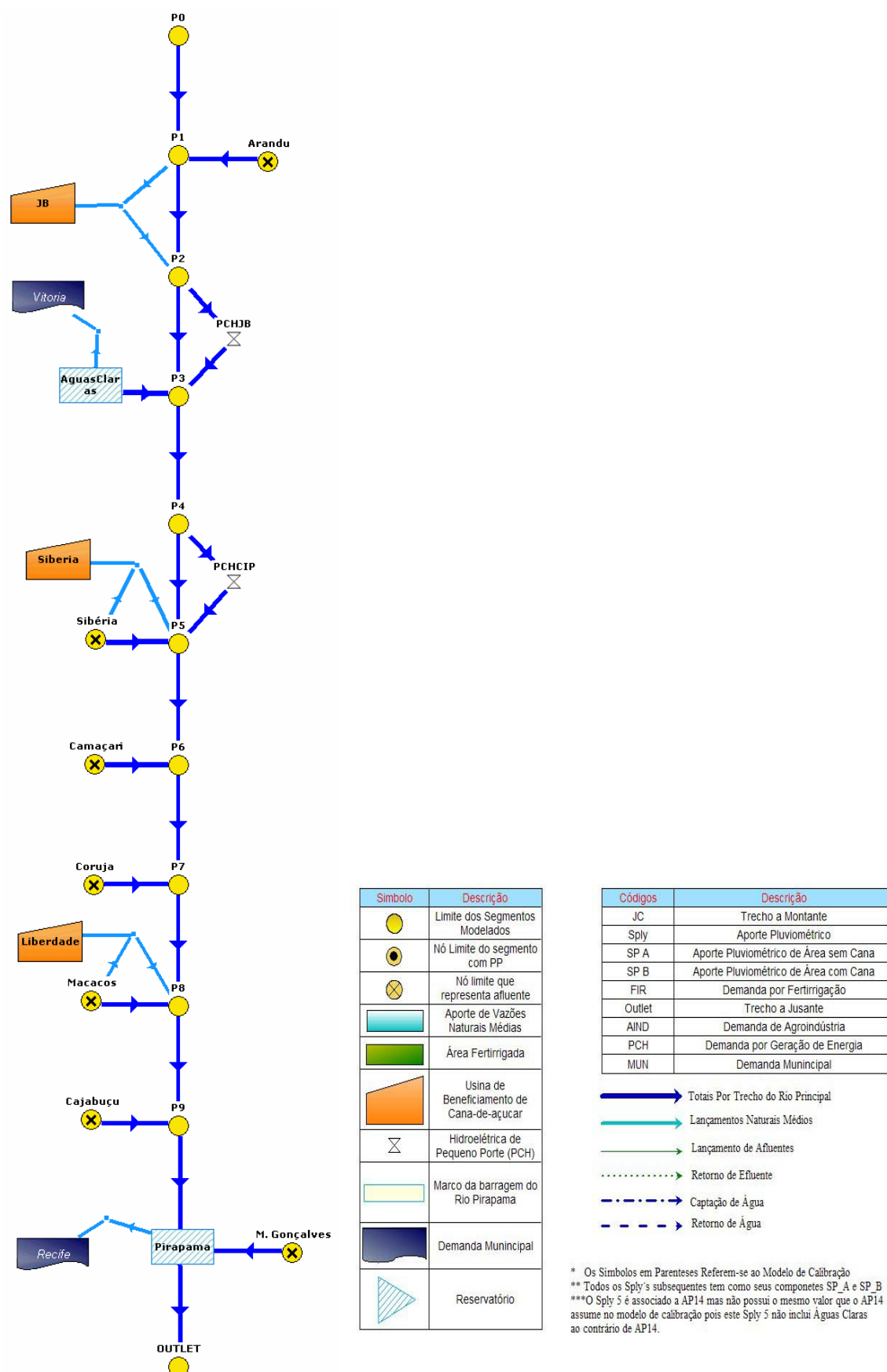


Figura4.2- rede de nós e links representativa da bacia do Pirapama

Sobre os conflitos de uso existentes na bacia, Moraes et al (2007a) explica que Vitória, Liberdade e Sibéria retiram água de afluentes de 1º. Nível e, portanto o uso de nenhum outro usuário influencia na oferta destes. No entanto, a captação destes três usuários (Vitória, Liberdade e Sibéria) impacta na disponibilidade dos usuários consuntivos e não-consuntivos a jusante deles no rio principal. Assim, a redução na alocação de Vitória disponibiliza maiores vazões para PCH CIP e Recife. Da mesma forma, reduções em Liberdade e Sibéria aumentariam a disponibilidade para Recife. No que se refere à JB, que retira água do rio principal e fica a montante de todos os demais, isto implica num conflito de uso com todos os usuários consuntivos e não-consuntivos do rio principal, ou seja PCH JB, PCH CIP e Recife.

Assim, os usos não-consuntivos que ficam no rio principal (PCH JB e PCH CIP) apesar de não afetarem a disponibilidade de nenhum outro usuário a jusante, estabelecem conflito com os usuários a montante, já que menores vazões alocadas a JB implicariam em maiores vazões para PCH JB e PCH CIP, bem como reduções em Vitória implicariam em maiores vazões em PCH CIP. Finalmente, Recife conflita com todos os usuários consuntivos representados, pois todos estão a montante dele, e reduções em qualquer um destes usuários representará uma maior disponibilidade para a cidade.

5 CÁLCULO DOS PREÇOS DE COBRANÇA

5.1 Preço pelo Custo Médio

Para calcular o Preço pelo Custo Médio devem-se aplicar à equação 3.5 os dados das tabelas 3.3 e 3.4, sendo assim, para o ano de 2004, obtém-se o valor de cobrança pelo custo médio de R\$ 18,97/1000 m³. A tabela 5.1 referencia-se à arrecadação para o ano de 2004.

Setor Usuário	Arrecadação (R\$/ano)	%
agroindústrias	516.344,67	9,95
hidroelétricas	1.537.917,10	29,65
Abastec. Humano	3.133.475,88	60,40
Total	5.187.737,65	100

Tabela 5.1- Arrecadação por setor usuário no caso do preço pelo custo médio no valor de R\$ 18,97/1000 m³ para o ano de 2004

Percebe-se pela tabela que a adoção de um preço único para todos os usuários da bacia recai principalmente sobre o abastecimento humano, posteriormente sobre as hidroelétricas e por último sobre as agroindústrias, isto ocorre porque o valor a ser pago está sendo influenciado exclusivamente pela quantidade, logo, quanto mais se demanda, mais o usuário pagará, tendo em vista que o preço pago por todos é o mesmo. Adiante será utilizada uma forma de cobrança por ponderação a fim de se obter preços distintos de acordo com as características que se considerem relevantes.

Este preço de cobrança encontrado com o valor de R\$ 0,01897/ m³, no entanto, é inviável para a PCH CIP, isto acontece porque a demanda dela é elevada (ver tabela 4.4), necessitando que chegue até ela 1,8872 m³ (uso não-consuntivo), porém, os custos associados à obtenção desta água são muito baixos, totalizando apenas R\$ 0,0017 por m³. A introdução desse preço pelo custo médio faz estes custos subirem para R\$ 0,02067 por m³. Este preço é tão elevado que PCH CIP, seguindo sua curva de demanda, não desejaria mais captar nenhuma quantidade de água. Como se pode ver na figura 5.1, a parte da função demanda em que PCH CIP está disposta a pagar pela água é muito pequena, preços acima de R\$ 0,013 por m³ são inviáveis para a PCH CIP.

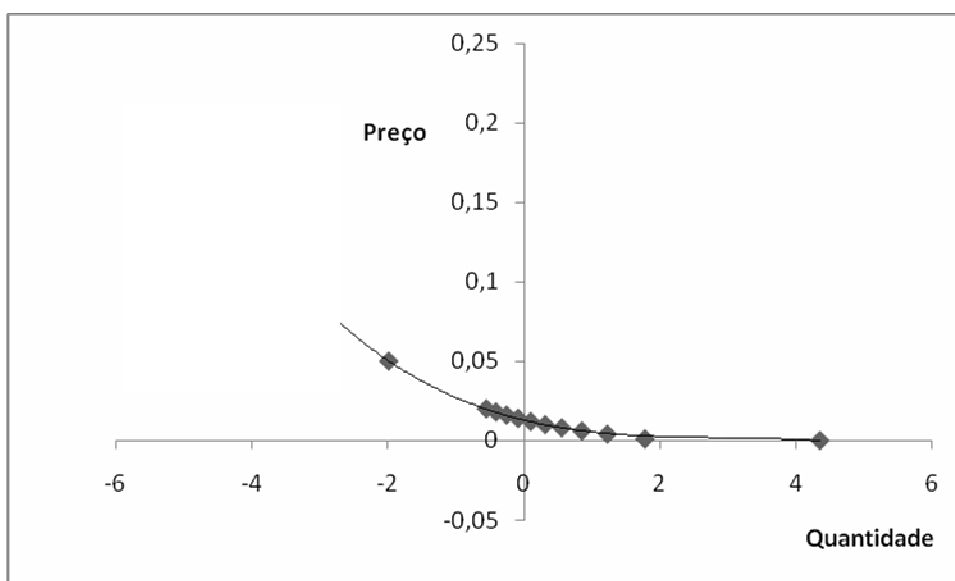


Figura 5.1– Curva de demanda PCH CIP

A PCH JB apresenta o mesmo problema que a PCH CIP, ou seja, a imposição da cobrança torna sua utilização de água inviável. A introdução da cobrança leva os custos de PCH JB para R\$ 0,02137 por m³, sendo que o preço de racionamento da PCH JB é 0,019. Como o uso das PCH's é não-consuntivo, quer dizer, não há impacto quantitativo sobre o rio após sua utilização, optou-se por não onerar as PCH's com esta cobrança, para subsídio do processo de negociação na implementação da cobrança³¹.

Sem a contribuição das PCH's com os custos e investimentos da bacia, deve-se chegar a um novo preço para os demais usuários, tendo em vista que os programas previstos na bacia serão financiados por apenas 5 usuários, são eles: Abastecimento Humano Recife, Abastecimento Humano Vitória, Agroindústria JB, Agroindústria Sibéria e Agroindústria Liberdade.

O novo preço de cobrança pelo custo médio será de R\$ 26,96 por 1000 m³, o que acarretará a arrecadação conforme tabela 5.2 abaixo.

³¹ A decisão de cobrar ou não cobrar algum usuário específico cabe ao Comitê da Bacia, no entanto, para que fosse possível realizar a simulação da cobrança pelo custo médio, decidiu-se eximir as PCH's da cobrança. É importante salientar que uma decisão como estas acarretaria na prática problemas frente aos outros usuários que arcariam com toda a cobrança e que essa é portanto uma decisão apenas a título de ilustração.

setor usuário	Arrecadação (R\$/ano)	%
agroindústrias	733.915,72	14,14712
Abastec. Humano	4.453.821,92	85,85288
Total	5.187.737,65	100

Tabela 5.2- Arrecadação por setor usuário no caso do preço pelo custo médio no valor de R\$ 26,96/1000 m³ para o ano de 2004

Como se pode observar, o que seria pago pelas PCH's acabou sendo divididos entre as agroindústrias e o abastecimento humano.

5.2 Preço por Ponderação do Valor de Referência da Cobrança

O preço por valor de cobrança ponderado leva em conta características que sejam consideradas relevantes na diferenciação de preços. Foram calculados para a bacia do Pirapama os seguintes coeficientes: sazonalidade, disponibilidade hídrica e eficiência.

5.2.1 Coeficiente de Sazonalidade (CS)

Os coeficientes de sazonalidade foram obtidos a partir de informações constantes na base de dados Hidroweb (Sistema de Informações Hidrológicas) referentes à bacia do Pirapama. O cálculo do coeficiente do período chuvoso consiste na divisão da percentagem de chuva do período seco pela percentagem de chuva do período chuvoso, já o cálculo do coeficiente do período seco segue o mesmo raciocínio, ou seja, é igual à percentagem de chuva do período chuvoso sobre percentagem de chuva do período seco (MOTTA et al, 2006). Desta forma, observa-se que o coeficiente do período chuvoso vai dar um número entre 0 e 1, o que irá reduzir o valor de cobrança, e o coeficiente do período seco será um número maior que 1 o que onerará a cobrança. As equações 5.1 e 5.2 expressam estes cálculos.

$Coef.ch = \frac{\% \text{ chuva período seco}}{\% \text{ chuva período chuvoso}}$	(5.1)
--	-------

$Coef.sec = \frac{\% \text{ chuva período chuvoso}}{\% \text{ chuva período seco}}$	(5.2)
---	-------

A precipitação média do período seco foi de 659,05 mm, já a do período chuvoso é de 1.955,39 mm e a precipitação média no total é de 16.983,00 mm. Estas precipitações médias fornecem um coeficiente chuvoso no valor de 0,34 e um coeficiente seco de 2,97, como se pode observar nas equações 5.3 e 5.4.

$Coef.ch = \frac{0,039\%}{0,115\%} = 0,34$	(5.3)
--	-------

$Coef.sc = \frac{0,115\%}{0,039\%} = 2,97$	(5.4)
--	-------

5.2.2 Coeficiente de Disponibilidade Hídrica (CDH)

Como o coeficiente se refere à disponibilidade hídrica, é importante atender aos diversos usos de acordo com as prioridades estabelecidas pela lei Federal 9.433/97. Segundo esta lei, os diferentes setores usuários de água passaram a ter igualdade no direito de acesso à água. A única exceção estabelecida é que em situações de escassez, a prioridade de uso é o abastecimento público e a dessedentação de animais.

Segundo Motta et al (2006), no cálculo do IUD deve-se inicialmente confrontar a demanda para o abastecimento humano com a disponibilidade hídrica inicial e posteriormente ir confrontando as disponibilidades hídricas restantes com os outros usos. Motta et al (2006) coloca o abastecimento humano como uso prioritário e posteriormente o industrial, para em seguida vir a pecuária e a irrigação, com o objetivo de não comprometer o setor industrial.

O presente estudo, no entanto, conta com usos diferentes dos de Motta et al (2006), são eles: abastecimento humano (prioritário, segundo a legislação vigente), geração de energia por pequenas centrais hidrelétricas PCH's e agroindustrial.

Na bacia do rio Pirapama, pretende-se atender prioritariamente ao abastecimento humano, porém, como a legislação não estabelece prioridade entre a água para geração de energia e água para o atendimento da demanda agroindustrial a ordem entre estes usos vai depender exclusivamente da localização do usuário ao longo do rio.

Definida a prioridade no uso, pode-se desenvolver o método do IUD para o cálculo do coeficiente de disponibilidade hídrica. De acordo com Motta et al (2006), deve-se primeiramente confrontar a demanda total para abastecimento humano com a disponibilidade

hídrica, fazer o confronto da água restante com a demanda para o próximo uso e o que restar ser utilizado para os usos seguintes.

Motta et al (2006) relaciona os IUD's com a situação de cada ponto onde se mede a disponibilidade hídrica. Esta relação será dada por faixas de criticidade do IUD, que corresponderá a um valor para o CDH. Os valores atribuídos por Motta et al (2006) para o CDH estão descritos na tabela 5.3.

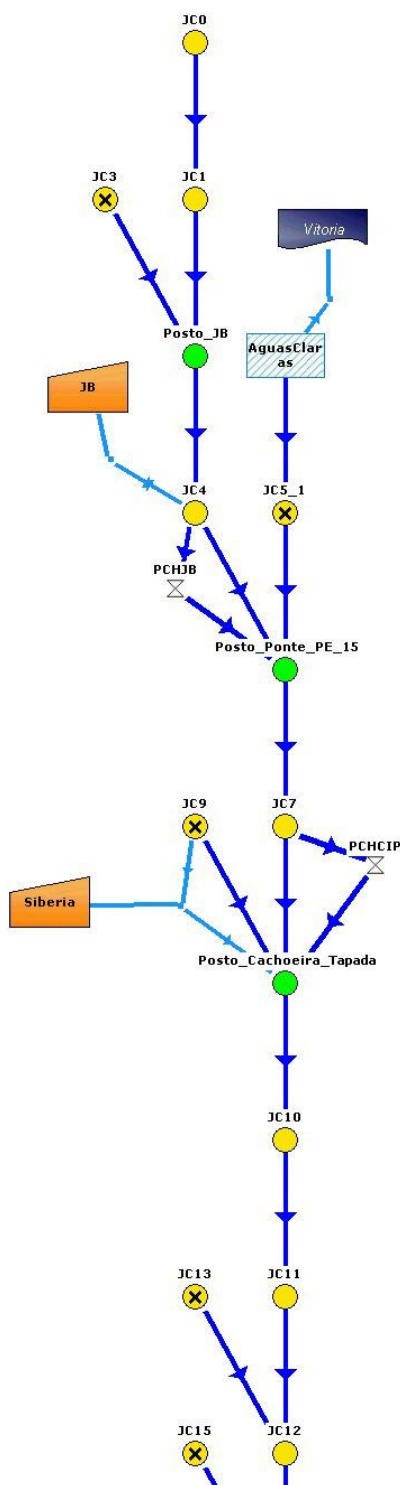
Faixas de IUD	Situação de criticidade quanto à disponibilidade hídrica	CDH
$0 < \text{IUD} \leq 0,4$	Zona não crítica	0,7
$0,4 < \text{IUD} \leq 0,7$	Zona crítica	1
$\text{IUD} > 0,7$	Zona muito crítica	1,4

Tabela 5.3– Faixas do IUD e correspondentes valores par ao CDH

A quantidade de água que um rio detém varia ao longo de seu curso, visto que a quantidade de água vai reduzindo à medida que os consumidores vão retirando-a e pode ir aumentando à medida que mais afluentes vão desaguando no rio. Diante deste cenário, duas opções para o cálculo do IUD foram levantadas:

1. Situação 1 - Cálculo levando em consideração os usuários que estão localizados a jusante do rio, considerando primeiramente o tipo do uso. Neste caso, o abastecimento humano deve ser atendido primeiramente, independente da localização do usuário, ou seja, se a captação de água para abastecimento humano for feita mais a jusante e a montante deste ponto de captação, houver outros usuários, com outros usos, estes usuários, devem se preocupar com a água que deverá chegar ao ponto de retirada para abastecimento humano, quer dizer, o usuário deverá deixar de utilizar a água para que o ponto de captação localizado mais a jusante tenha água suficiente para suprir esta demanda. No cálculo, será como se os pontos de abastecimento humano viessem primeiro ao longo do Rio, porém, na realidade a localização pode variar.
2. Situação 2 – O uso prioritário é atendido, levando em consideração a localização dos usuários. Nesta situação, em cada ponto de medição de disponibilidade hídrica são levados em consideração apenas os usuários deste ponto específico, sem considerar os usuários a jusante, tendo em vista que o rio receberá mais água advinda de seus afluentes que poderá atender à demanda destes usuários à jusante. A prioridade de uso, nesta situação, é adotada ponto a ponto.

A figura 5.2 mostra a localização dos usuários e os pontos de medição de disponibilidade hídrica.



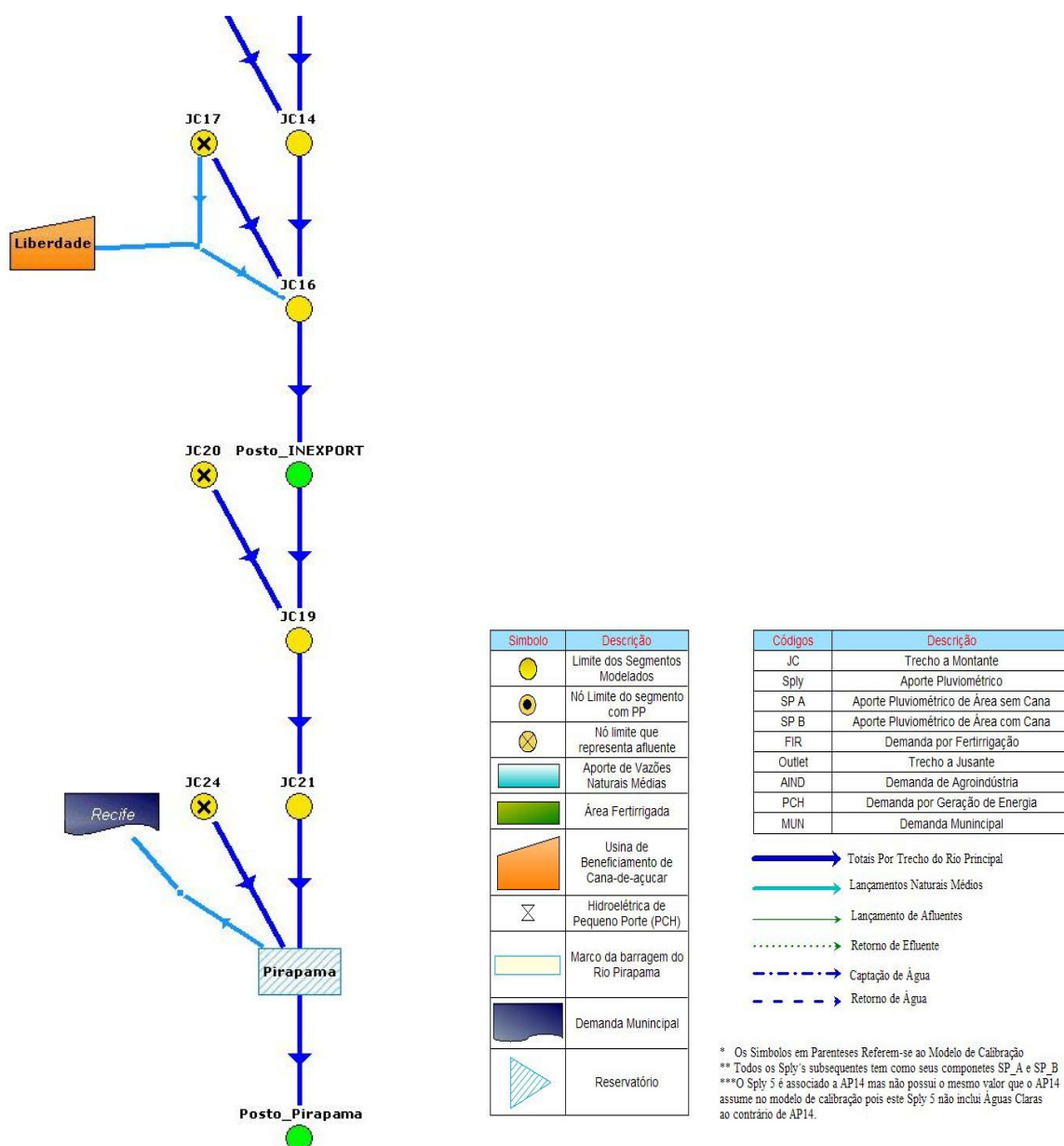


Figura 5.2– Usuários e pontos de medição da Bacia do Pirapama

As tabelas 5.4 e 5.5 mostram as fórmulas que foram utilizadas para o IUD na situação 1. Nas fórmulas, as demandas dos usuários estão representadas por letras maiúsculas e a disponibilidade hídrica dos pontos de medição por letras gregas.

Ponto de med. hídrica	Abast. Hum. Vitória (A)	Abast. Hum. Recife (B)	Agroindústria JB (C)	PCH JB (D)
JB (α)	$\frac{A}{\alpha}$	$\frac{B}{\alpha - A}$	$\frac{C}{\alpha - A - B}$	$\frac{D}{\alpha - A - B - 0,20C}$
Ponte (β)	$\frac{A}{\beta}$	$\frac{B}{\beta + (\alpha - A)}$	$\frac{C}{\beta + (\alpha - A) - B}$	$\frac{D}{\beta + (\alpha - A) - B - 0,20C}$
Cach. Tapada (γ)	$\frac{A}{\gamma}$	$\frac{B}{\gamma + \beta + (\alpha - A)}$	$\frac{C}{\gamma + \beta + (\alpha - A) - B}$	$\frac{D}{\gamma + \beta + (\alpha - A) - B - 0,20C}$
Liberdade (δ)	$\frac{A}{\delta}$	$\frac{B}{\delta + \gamma + \beta + (\alpha - A)}$	$\frac{C}{\delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - B}$	$\frac{D}{\delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - B - 0,20C}$
Pirapama (σ)	$\frac{A}{\sigma}$	$\frac{H}{\sigma + \delta + \gamma + \beta + (\alpha - A)}$	$\frac{C}{\sigma + \delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - H}$	$\frac{I}{\sigma + \delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - H - 0,20C}$

Tabela 5.4 – Cálculo IUD Situação 1

Ponto de med. Hídr.	PCH CIP (E)	Agroindústria. Sibéria (F)	Agroindústria Liberdade (G)
JB (α)	$\frac{E}{\alpha - A - B - 0,20C}$	$\frac{F}{\alpha - A - B - 0,20C}$	$\frac{G}{\alpha - A - B - 0,20C - 0,20F}$
Ponte (β)	$\frac{E}{\beta + (\alpha - A) - B - 0,20C}$	$\frac{F}{\beta + (\alpha - A) - B - 0,20C}$	$\frac{G}{\beta + (\alpha - A) - B - 0,20C - 0,20F}$
Cach. Tapada (γ)	$\frac{E}{\gamma + \beta + (\alpha - A) - B - 0,20C}$	$\frac{F}{\gamma + \beta + (\alpha - A) - B - 0,20C}$	$\frac{G}{\gamma + \beta + (\alpha - A) - B - 0,20C - 0,20F}$
Liberdade (δ)	$\frac{E}{\delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - B - 0,20C}$	$\frac{F}{\delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - B - 0,20C}$	$\frac{G}{\delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - B - 0,20C - 0,20F}$
Pirapama (σ)	$\frac{E}{\sigma + \delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - H - 0,20C}$	$\frac{F}{\sigma + \delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - H - 0,20C}$	$\frac{G}{\sigma + \delta + \gamma + \beta + (\alpha - A) - B - 0,20C - 0,20F}$

Tabela 5.5 – Continuação Cálculo IUD Situação 1

Como se pode perceber a partir das tabelas 5.4 e 5.5, o cálculo do IUD é feito da seguinte maneira: divide-se a demanda do uso prioritário (Abastecimento Humano Vitória) pela quantidade de água medida no primeiro ponto de medição (JB), em seguida, divide-se a demanda do segundo usuário com a quantidade de água que restou para este ponto de medição menos a quantidade de água que foi captada pelo primeiro usuário, e assim sucessivamente para os demais usuários.

É importante destacar dois pontos com relação às fórmulas apresentadas: o uso das PCH's é não-consuntivo, logo, a quantidade de água demandada por elas não é levada em consideração no cálculo do usuário seguinte; 80% da água demandada pelas agroindústrias são devolvidos ao rio, logo, apenas 20% do que é demandado por elas vai impactar no IUD do usuário seguinte, ao passar de um ponto de medição para outro.

A tabela 5.6 informa os valores das demandas dos sete usuários que são utilizados nas fórmulas descritas nas tabelas 5.4 e 5.5.

Usuário	Quant.
Abastecimento Humano Vitória (A)	0,12
Abastecimento Humano Recife (B)	5,12
PCH JB (C)	0,68
PCH CIP (D)	1,89
JB (E)	0,43
Siberia (F)	0,06
Liberdade (G)	0,37

Tabela 5.6– Demanda por usuário (m^3/s)

Ao se aplicar as fórmulas apresentadas nas tabelas 5.4 e 5.5, chega-se aos resultados apontados na tabela 5.7 para os valores do IUD.

Sub-bacia / Região	Abastecimento Humano		Agroind.	PCH	PCH	Agroind.	Agroind.
	Vitória	Recife	JB	JB	CIP	Sibéria	Inexport
JB	0,07841	3,66083	∞	∞	∞	∞	∞
Ponte	0,00000	2,77673	∞	∞	∞	∞	∞
Cachoeira Tapada	0,00000	1,87257	∞	∞	∞	∞	∞
Inexport	0,00000	0,64224	0,15192	0,24740	0,68241	0,02113	0,13376
Pirapama	0,00000	0,32644	0,00000	0,00000	0,18730	0,00608	0,03751

Tabela 5.7– IUD's situação 1

O raciocínio utilizado para o cálculo do IUD, a princípio, é o mesmo para todas as situações. Abastecimento humano Vitória aparece com o valor 0,00 nos demais pontos de medição além de JB, porque a quantidade de água medida em JB é suficiente para atender à sua demanda, inclusive sem criticidade alguma de disponibilidade hídrica (por isso foi utilizado o valor zero para esta demanda nos demais pontos de medição). Como se pode observar a partir da tabela 5.7, o valor do IUD do abastecimento humano Vitória é 0,07841 que é menor que 0,4 (valor acima do qual a situação da disponibilidade hídrica é considerada crítica, de acordo com tabela 5.3).

A quebra da sequência do raciocínio apresentado ocorre quando a quantidade de água que passa pelo ponto é suficiente para o atendimento da demanda, porém com alguma criticidade, ou seja, o valor do IUD se encontra entre 0,4 e 0,7, (zona crítica de disponibilidade hídrica, de acordo com tabela 5.3). São os casos do abastecimento humano Recife no ponto Liberdade e CIP também no ponto Liberdade. Nestes casos, tomou-se por base o valor máximo que o IUD deveria dar para ser considerado um estado não crítico, ou seja, 0,4 e calculou-se qual a quantidade de água (QSC_B) que deveria ser medida neste ponto

de medição para se obter este IUD sem criticidade. A diferença entre este valor ideal e a disponibilidade hídrica que foi utilizada será a demanda no ponto seguinte, deixando a demanda deste usuário atendida e sem problemas de criticidade (no caso do abastecimento humano Recife esta quantidade de água foi chamada de H, no caso de CIP, foi chamada de I – ver equações 5.6 e 5.7).

$H = QSC_B - (\alpha - A) + \beta + \gamma + \delta$	(5.6)
--	-------

$I = QSC_E - (\alpha - A) + \beta + \gamma + \delta - B$	(5.7)
--	-------

Outro ponto a se destacar é que a água que chegou ao Recife nos pontos JB, Ponte e Cachoeira Tapada não foi suficiente para suprir a sua demanda, é como se toda água que chegasse nesses pontos tivesse sido captada para o abastecimento humano e mesmo assim a demanda não fosse suprida. Quando isto acontece, não chega água alguma aos usuários seguintes e a aplicação das fórmulas apresentadas nas tabelas 5.4 e 5.5 implicaria em valores negativos. Como não pode existir uma quantidade de água negativa, adotou-se o valor zero para estas situações, que faz com que haja uma divisão da demanda do usuário por zero, levando o resultado a tender a infinito.

A partir da relação entre a tabela 5.7 acima e a faixas do CDH apresentadas na tabela 5.3, obtém-se a tabela 5.8.

Sub-bacia / Região	Abastecimento Humano		Agroind.	PCH	PCH	Agroind.	Agroind.
	Vitória	Recife	JB	JB	CIP	Sibéria	Inexport
JB	0,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Ponte	0,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Cachoeira Tapada	0,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Inexport	0,7	1,0	0,7	0,7	1,0	0,7	0,7
Pirapama	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Média	0,7	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1

Tabela 5.8– CDH situação 1

Analisando a tabela 5.8, percebe-se que em Pirapama todas as demandas são atendidas sem criticidade, porém como se supôs que os usuários iriam se comportar de forma a atender primeiramente a demanda para abastecimento humano, independente do ponto onde ela estivesse, boa parte dos pontos apresentou criticidade. Isto porque o maior demandante é o abastecimento humano Recife que se localiza em Pirapama, que é o ponto de maior disponibilidade hídrica, porém os usuários que estavam antes de Pirapama, não poderiam usar a água que desejavam, para que esta pudesse chegar ao Recife.

Esta situação serve para nos mostrar que a quantidade de água disponível é suficiente para atender aos usuários da bacia, como se pode observar no ponto de medição Pirapama, onde todos os usuários apresentam CDH de 0,7.

Contudo, como todos os usuários, a exceção de Vitória, estão deixando de utilizar água para sobrar mais para Recife, que é o maior demandante, seus CDH's são elevados apresentando o valor de 1,4 (zona muito crítica). Uma cobrança com base neste coeficiente iria onerar estes usuários sem necessidade, tendo em vista que Recife está localizado onde há mais água (ponto de medição Pirapama), sua demanda é plenamente atendida, sem que para isso seja preciso que os outros usuários deixem de consumir a seu favor.

Como a situação 2 leva em consideração a localização do usuário na realização do confronto da demanda com a disponibilidade hídrica, os coeficientes encontrados serão mais bem distribuídos. A tabela 5.9 mostra os IUD's para a situação 2.

Sub-bacia / Região	Abast. Hum. Vitória	Agroind. JB	PCH JB	PCH CIP	Agroind. Sibéria	Agroind. Inexport	Abast. Hum. Recife
JB	0,07841	0,30981	0,52149	1,43846	0,04573	0,28463	4,17643
Ponte	0,00000	0,00000	0,18657	1,12920	0,00000	0,00000	3,06361
Cachoeira Tapada	0,00000	0,00000	0,00000	0,73672	0,00000	0,00000	1,99879
Inexport	0,00000	0,00000	0,00000	0,27647	0,00000	0,00000	0,65646
Pirapama	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,34211

Tabela 5.9– IUD's situação 2

O raciocínio para o cálculo do IUD na situação 2 é o mesmo da situação 1, o que muda é a ordem em que aparecem os usuários. A ordem estabelecida aqui é a ordem em que os usuários vão aparecendo ao longo do rio aliada à prioridade no atendimento da demanda.

Os usuários aparecem ao longo do rio na seguinte ordem: Agroindústria JB, PCH JB, Abastecimento Humano Vitória, PCH CIP, Agroindústria Sibéria, Agroindústria Liberdade e por fim Abastecimento Humano Recife. A ordem adotada no cálculo, no entanto, foi outra, isto porque, como dito anteriormente, também foi levada em consideração a prioridade no atendimento.

A agroindústria JB, a PCH JB e o abastecimento municipal de Vitória, captam água próximos à medição em JB, portanto eles foram reagrupados, de acordo com a prioridade que foi estabelecida, formando um subgrupo (dos que estão perto de JB). Como não há prioridade entre a geração de energia e o uso agroindustrial, após o atendimento de Vitória foi respeitada a localização dos usuários; posteriormente segue-se a ordem de disposição dos usuários no rio. A PCH CIP está mais próxima do ponto de medição Ponte, que não é suficiente para

atendê-la, assim PCH CIP que também está próxima do ponto de medição Cachoeira Tapada, tem sua demanda atendida neste ponto, contudo, como o valor do IUD é maior que 0,7, a demanda está sendo atendida com criticidade, sua demanda só é atendida fora de uma faixa de criticidade no ponto de medição Liberdade.

Curiosamente, as demandas das Agroindústrias Sibéria e Liberdade são atendidas com a água que vem do ponto de medição JB, sem que PCH CIP (usuário posicionado a montante), seja atendido. Isto ocorre porque o uso de PCH CIP é não consuntivo, então a água que passa por ela, atendendo ou não a sua demanda, chega por completo para os outros usuários. Por fim, o abastecimento municipal de Recife está próximo ao ponto de medição Pirapama, devendo ter sua demanda atendida com prioridade, apenas nesse ponto. No ponto de medição Pirapama há, além da quantidade de água que foi medida para ele, a água que sobrou dos outros usuários, propiciando o atendimento do abastecimento municipal de Recife por completo.

A tabela 5.10 relaciona o IUD com o CDH para a situação 2.

Ponto de Medição	Abast. Hum. Vitória	Agroind. JB	PCH JB	PCH CIP	Agroind. Sibéria	Agroind. Inexport	Abast. Hum. Recife
JB	0,7	0,7	1	1,4	0,7	0,7	1,4
Ponte	0,7	0,7	0,7	1,4	0,7	0,7	1,4
Cachoeira Tapada	0,7	0,7	0,7	1,4	0,7	0,7	1,4
Inexport	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1
Pirapama	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Média	0,7	0,7	0,8	1,1	0,7	0,7	1,2

Tabela 5.10– CDH situação 2

Percebe-se que, da mesma forma que na situação 1, a situação 2 mostra todos os usuários sendo atendidos no ponto de medição Pirapama, porém, alguns usuários não são atendidos em outros pontos ou têm sua demanda atendida de forma crítica. Porém, como o abastecimento municipal de Recife só está contando com a água de Pirapama e com a água remanescente dos outros usos, não se verifica o mesmo problema da situação 1, onde todos os usuários só foram atendidos no ponto de medição Pirapama.

O CDH que irá ser utilizado no presente trabalho, diante dos resultados encontrados, será a média do CDH da situação 2. Foi escolhida a média por uma questão de praticidade, tendo em vista que ela reflete a criticidade e só fornece um CDH para cada usuário, o que irá simplificar as simulações apresentadas no item 5.2.4.

5.2.3 Coeficiente de Eficiência (CE)

A tabela 5.11 mostra os valores dos benefícios marginais líquidos, calculados em Moraes et al (2007a).

Usuários	Benefícios Marginais Líquidos Médios em Reais/m3
Recife	0,106093
Vitória	0,106079
JB	3,617274
Siberia	1,787595
Liberdade	2,648594
PCHJB	0,008095
PCHCIP	0,005655

Tabela 5.11 – Benefícios Marginais Líquidos Médios

Para minimizar os impactos no benefício social líquido, deve-se, numa situação de escassez dos recursos hídricos, reduzir a quantidade requerida dos usuários com menor benefício marginal líquido médio, onerando estes usuários através da utilização do coeficiente de eficiência que irá propiciar uma diferenciação de preços entre os usuários.

Como mostra a tabela, 5.12, as PCH's serão oneradas por apresentarem um benefício marginal líquido médio menor. Já as agroindústrias serão beneficiadas a fim de reduzir o impacto na maximização dos benefícios sociais. O abastecimento humano, nem será onerado, nem beneficiado.

Usuários	Benefícios Marginais Líquidos Médios em Reais/m3	Coeficiente de eficiência (CE)
Recife	0,106093	1,0
Vitória	0,106079	1,0
JB	3,617274	0,8
Siberia	1,787595	0,8
Liberdade	2,648594	0,8
PCHJB	0,008095	1,2
PCHCIP	0,005655	1,2

Tabela 5.12 - Coeficiente de Eficiência

5.2.4 Preço Ponderado de Cobrança

Para se proceder ao cálculo de um preço de cobrança ponderado, é necessário primeiramente estabelecer um preço de referência, para posteriormente, aplicar neste preço os coeficientes de ponderação que foram calculados. Ribeiro (2000) adota como preço de referência o preço de cobrança pelo custo médio que, neste caso, é de R\$ 18,97/1000m³ para o ano de 2004.

É interessante lembrar que apesar de se estar adotando o preço de cobrança pelo custo médio, que é uma cobrança para fins arrecadatórios, não necessariamente os custos de investimento, manutenção e operação e os custos do órgão gestor serão cobertos, tendo em vista que podem ocorrer simulações em que todos os coeficientes sejam menores que 1, o que reduz o valor de referência para um valor abaixo do que financia os investimentos, manutenção e operação da bacia.

A tabela 5.13 relaciona todas as simulações de preços que serão feitas.

Simulação	Coeficientes utilizados
01	Período chuvoso 2004 e demais coeficientes constantes
02	Período seco 2004 e demais coeficientes constantes
03	Disponibilidade hídrica 2004 e demais coeficientes constantes
04	Eficiência 2004 e demais coeficientes constantes
05	Período chuvoso + disponibilidade hídrica 2004 e eficiência constante
06	Período seco + disponibilidade hídrica 2004 e eficiência constante
07	Período chuvoso + eficiência 2004 e disponibilidade hídrica constante
08	Período seco + eficiência 2004 e disponibilidade hídrica constante
09	Disponibilidade hídrica + eficiência 2004 e sazonalidade constante
10	Período chuvoso + disponibilidade hídrica + eficiência 2004
11	Período seco + disponibilidade hídrica + eficiência 2004

Tabela 5.13 – Simulações

A tabela 5.14 mostra os preços obtidos com cada simulação.

Situação	Abastecimento Humano Recife	Abastecimento Humano Vitória	PCH JB	PCH CIP	JB	Sibéria	Liberdade
1	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45
2	56,34	56,34	56,34	56,34	56,34	56,34	56,34
3	22,38	13,28	14,42	21,25	13,28	13,28	13,28
4	18,97	18,97	22,76	22,76	15,18	15,18	15,18
5	7,61	4,51	4,90	7,22	4,51	4,51	4,51
6	66,48	39,44	42,82	63,10	39,44	39,44	39,44
7	6,45	6,45	7,74	7,74	5,16	5,16	5,16
8	56,34	56,34	67,61	67,61	45,07	45,07	45,07
9	22,38	13,28	17,30	25,50	10,62	10,62	10,62
10	7,61	4,51	5,88	8,67	3,61	3,61	3,61
11	66,48	39,44	51,38	75,72	31,55	31,55	31,55

Tabela 5.14 – Preços Ponderados (reais/1000m³) a partir do preço de referência de R\$ 18,97/1000 m³

Como explicado no item 5.2.2, foi utilizada, a título de simplificação a média do coeficiente de disponibilidade hídrica, tendo em vista que é inviável a aplicação de um preço diferente por trecho de bacia, além do fato de que se fossem levados em consideração todos os coeficientes calculados, a tabela 5.14 apresentaria 55 simulações.

A partir da tabela percebe-se que o preço máximo é R\$ 75,72/1000 m³ que ocorre com a PCH CIP na situação em que há diferenciação de preços pelos três critérios estabelecidos para o ano de 2004. Nesta situação extrema, a PCH CIP estaria pagando um valor mais de 3 vezes maior que o estipulado na cobrança pelo custo médio, sem que houvesse a contrapartida de outro usuário pagando menos, assim nesta situação o valor arrecadado total, ficará bem acima do necessário para o financiamento, manutenção e operação da bacia.

Por outro lado, as situações 1, 5, 7 e 10 apresentam um preço abaixo do valor de referência, o que ratifica o fato de a arrecadação poder ser insuficiente se o objetivo da cobrança fosse arrecadatório.

As situações 3, 4 e 9 são bem interessantes, alguns usuários pagariam mais que o valor de referência e outros menos, havendo uma espécie de compensação.

A tabela 5.15 mostra quanto seria arrecadado para as diversas simulações de preços no ano de 2004.

Sit	Abastecimento Humano Recife	Abastecimento Humano Vitória	PCH JB	PCH CIP	JB	Sibéria	Inexport
1	1.041.412,57	24.204,71	139.157,88	383.849,51	88.133,61	12.204,05	75.258,33
2	9.097.045,11	211.435,23	1.215.585,02	3.353.038,33	769.872,98	106.606,00	657.403,65
3	3.614.314,22	49.833,22	311.058,79	1.264.445,43	181.451,54	25.125,99	154.943,62
4	3.062.978,15	71.190,31	491.145,46	1.354.762,96	207.373,19	28.715,42	177.078,42
5	1.228.866,83	16.943,29	105.759,99	429.911,45	61.693,52	8.542,84	52.680,83
6	10.734.513,23	148.004,66	923.844,61	3.755.402,93	538.911,08	74.624,20	460.182,56
7	1.041.412,57	24.204,71	166.989,46	460.619,41	70.506,89	9.763,24	60.206,66
8	9.097.045,11	211.435,23	1.458.702,02	4.023.645,99	615.898,38	85.284,80	525.922,92
9	3.614.314,22	49.833,22	373.270,55	1.517.334,52	145.161,23	20.100,79	123.954,90
10	1.228.866,83	16.943,29	126.911,99	515.893,74	49.354,82	6.834,27	42.144,66
11	10.734.513,23	148.004,66	1.108.613,53	4.506.483,51	431.128,87	59.699,36	368.146,04

Tabela 5.15 – Arrecadação em 2004 para o preço ponderado com preço de referência de R\$ 18,97/1000 m³

Esta arrecadação, contudo, só é viável para as PCH CIP nas situações 1, 5, 7 e 10. Como explicado anteriormente, na cobrança pelo custo médio (item 5.1), o preço máximo que PCH CIP está disposta a pagar é de R\$ 13,00/1000 m³, já a PCH JB está disposta a pagar no máximo R\$ 19,00/1000 m³, só sendo viável para ela as situações 1, 3, 4, 5, 7, 9 e 10.

Como o objetivo da cobrança é ver o comportamento dos usuários e não viabilizar financeiramente os projetos da bacia, optou-se por modificar o preço de referência de forma que a cobrança seja viável para todos os usuários em todas as situações. Este novo preço de referência é R\$ 2,83 por 1000 m³.³²

A tabela 5.16 mostra os preços de ponderação para todos os usuários a partir deste novo preço de referência.

³² É importante ressaltar que o preço estabelecido pelo CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul) é de R\$ 0,02 / m³, ou seja, o preço de R\$ 2,83/1000 m³ definido no trabalho está bem abaixo do recomendável, porém esta suposição foi feita com a finalidade de viabilizar a cobrança para todos os usuários da bacia.

Situa	Abastecimento Humano Recife	Abastecimento Humano	PCH JB	PCH CIP	JB	Sibéria	Inexport
1	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
2	8,41	8,41	8,41	8,41	8,41	8,41	8,41
3	3,34	1,98	2,15	3,17	1,98	1,98	1,98
4	2,83	2,83	3,40	3,40	2,26	2,26	2,26
5	1,14	0,67	0,73	1,08	0,67	0,67	0,67
6	9,92	5,88	6,39	9,41	5,88	5,88	5,88
7	0,96	0,96	1,15	1,15	0,77	0,77	0,77
8	8,41	8,41	10,09	10,09	6,72	6,72	6,72
9	3,34	1,98	2,58	3,80	1,58	1,58	1,58
10	1,14	0,67	0,88	1,29	0,54	0,54	0,54
11	9,92	5,88	7,67	11,30	4,71	4,71	4,71

Tabela 5.16 - Preço Ponderado (R\$/1000 m³) a partir do preço de referência R\$ 2,83/1000 m³

Este novo preço de cobrança gera uma arrecadação abaixo da necessária para cobrir os programas de investimento da bacia em todas as situações. O montante arrecadado para este novo preço de referência está mostrado na tabela 5.17.

Sit	Abastecimento Humano Recife	Abastecimento Humano Vitória	PCH JB	PCH CIP	JB	Sibéria	Inexport	TOTAL
1	155.360,97	3.610,93	20.759,98	57.263,79	13.148,03	1.820,64	11.227,26	263.191,59
2	1.357.123,76	31.542,52	181.344,52	500.216,05	114.851,90	15.903,79	98.073,40	2.299.055,94
3	539.193,95	7.434,27	46.404,66	188.633,66	27.069,47	3.748,37	23.114,94	835.599,32
4	456.944,03	10.620,38	73.270,51	202.107,49	30.936,54	4.283,85	26.417,08	804.579,88
5	183.325,94	2.527,65	15.777,58	64.135,45	9.203,62	1.274,45	7.859,08	284.103,77
6	1.601.406,03	22.079,77	137.821,84	560.241,98	80.396,33	11.132,66	68.651,38	2.481.729,98
7	155.360,97	3.610,93	24.911,97	68.716,55	10.518,42	1.456,51	8.981,81	273.557,16
8	1.357.123,76	31.542,52	217.613,43	600.259,26	91.881,52	12.723,04	78.458,72	2.389.602,24
9	539.193,95	7.434,27	55.685,59	226.360,39	21.655,58	2.998,70	18.491,95	871.820,43
10	183.325,94	2.527,65	18.933,10	76.962,53	7.362,90	1.019,56	6.287,26	296.418,94
11	1.601.406,03	22.079,77	165.386,20	672.290,37	64.317,06	8.906,12	54.921,10	2.589.306,67

Tabela 5.17 - Arrecadação em 2004 para o preço ponderado com preço de referência de R\$ 2,83/1000 m³

A tabela 5.17 é uma visão otimista do que será arrecadado, tendo em vista que a retração no consumo causada pela introdução do preço irá reduzir a quantidade requerida de água de cada usuário. O capítulo 6 apresenta as arrecadações que realmente serão conseguidas com a adoção deste preço.

6 SIMULAÇÃO, AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DAS MODALIDADES DE COBRANÇA PARA O CASO EM ESTUDO

O leque de simulações que podem ser feitas é imenso, o importante neste trabalho é mostrar a variação de informações que se consegue através do modelo que serve como base para tomadas de decisão no tocante à cobrança da água bruta.

6.1 Cobrança pelo Custo Médio

6.1.1 Análise da Curva de demanda

Como explicado anteriormente, a cobrança pelo Custo médio tem um objetivo financeiro (arrecadatório) e busca ratear entre os usuários da bacia o valor necessário para cobrir os investimentos e custos de manutenção.

A simulação foi feita a partir de um custo adicional de R\$ 26,96/1000 m³ para o abastecimento humano e para as agroindústrias. As PCH's não serão oneradas com a cobrança por se tratar de uso não-consuntivo e que não acarreta impactos quantitativos no manancial.

O aumento de preço propiciado pela introdução da cobrança fará com que, no curto prazo, os usuários mudem de ponto de operação, ou seja, a partir do aumento de preços eles irão deslocar-se ao longo de suas curvas de demanda de forma a retrain o consumo, conforme mostra a figura 6.1.

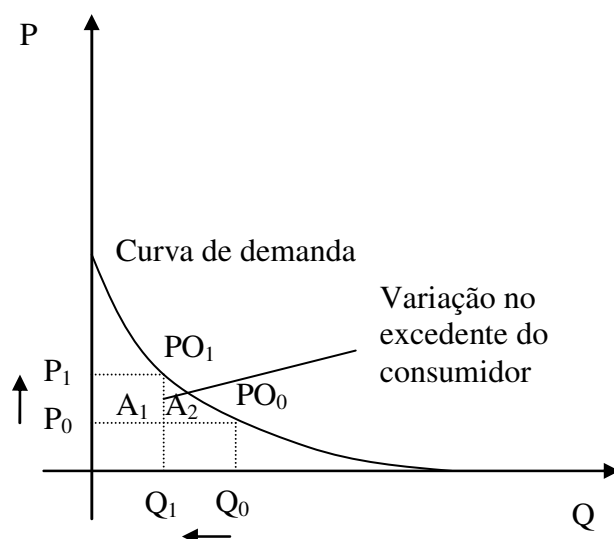


Figura 6.1 - Função Demanda e Excedente do Consumidor

A Tabela 6.1 mostra os custos de obtenção da água antes da cobrança³³ e após a cobrança pelo custo médio.

Usuários	Custo de obtenção da água bruta	Cobrança pelo Custo médio	Novo Custo de obtenção da água bruta	Variação percentual
Recife	0,877506	0,02696	0,904466	3,07%
Vitória	0,877506	0,02696	0,904466	3,07%
JB	1,015154	0,02696	1,042114	2,66%
Sibéria	1,015154	0,02696	1,042114	2,66%
Liberdade	1,015154	0,02696	1,042114	2,66%
PCH JB	0,002400	0,00000	0,0024	0,00%
PCH CIP	0,001700	0,00000	0,0017	0,00%

Tabela 6.1 – Custos de Obtenção da água bruta

Este aumento de preços acarretará numa modificação dos benefícios líquidos, pois fará com que os usuários retraiam o consumo de água. Na verdade, os benefícios líquidos serão reduzidos de uma quantidade que é exatamente a variação no excedente do consumidor (na figura será $A_1 + A_2$). Para analisar o impacto desse aumento de preço para os usuários da bacia inicialmente será feita uma análise com base no benefício líquido potencial, este benefício é associado à quantidade de água que cada usuário requer, sendo, portanto o benefício máximo de cada usuário. Assim, ele é o benefício líquido dado que há água para

³³ Os valores da coluna Custo de obtenção da água bruta foram obtidos em Moraes et al (2006).

todos. Após a introdução da cobrança, a quantidade de água requerida pelos usuários irá diminuir, como já foi explicado anteriormente, conseqüentemente o benefício líquido potencial também irá se reduzir. A Tabela 6.2 apresenta os valores destes benefícios líquidos potenciais e as perdas causadas pela introdução desta metodologia de cobrança.

Usuários	Benefícios Líquidos Potenciais sem cobrança	Benefícios Líquidos Potenciais com cobrança por Custo médio	Perdas Potenciais com a introdução da cobrança por Custo médio
Recife	16,312	12,317	3,995
Vitória	0,379	0,286	0,093
JB	20,252	20,101	0,151
Sibéria	1,386	1,366	0,020
Liberdade	12,666	12,537	0,129
PCH JB	0,1331	0,1331	0,000
PCH CIP	0,2565	0,2565	0,000
Total	51,3846	46,9966	4,388

Tabela 6.2 - Benefícios Líquidos e Perdas Potenciais no curto prazo por usuário em milhões de Reais no ano

As perdas potenciais são obtidas a partir da diferença entre os benefícios líquidos potenciais sem cobrança e com a cobrança pelo custo médio. Esta perda potencial mede a variação do excedente do consumidor³⁴ causada pelo aumento de preço. A variação do excedente do consumidor é a diferença entre o excedente do consumidor de antes do aumento do preço em relação ao excedente do consumidor após o aumento de preço. Graficamente, pode-se observar na figura 6.1 que a variação do excedente do consumidor é o somatório das áreas A_1 e A_2 .

Varian (2000) explica que a A_1 mede a perda do excedente resultante do fato de que agora o consumidor paga mais por todas as unidades que continua a consumir, já A_2 , mede o valor do consumo perdido do bem.

As perdas potenciais são diferenciadas para Recife e Vitória em valor absoluto, mas representam a mesma proporção, ou seja, Recife teve uma variação do benefício potencial de -24,49% e Vitória uma variação de -24,54%, estando as duas variações muito próximas. Isto ocorre porque tanto o valor de cobrança desta metodologia como os parâmetros utilizados na construção das funções de demanda, para os dois usuários de abastecimento humano foram os

³⁴ De acordo com Varian (2000), o excedente do consumidor mede quanto se teria que pagar a um consumidor para que ele abrisse mão de todo o seu consumo de determinando bem.

mesmos (perdas, custos médios, elasticidade-preço, benefício estimado por metro cúbico ou tarifas).

No caso das agroindústrias, há diferenças entre as mesmas no que se refere ao benefício estimado por metro cúbico utilizado, pois as mesmas têm um mix de produtos diferentes (a JB produz álcool e aguardente, a Sibéria só aguardente e a Liberdade só álcool) resultantes da água e da cana moída. Os demais parâmetros são os mesmos (perdas, elasticidades, custos médios e preços). Isto leva a proporções de perdas diferenciadas entre si, de mesma ordem de grandeza (JB tem 0,75%, Sibéria 1,44% e Liberdade 1,02%), mas bem diferentes das relativas ao abastecimento humano.

No caso das PCH's, não se introduziu nenhum valor de cobrança, como já explicado, e, portanto, não se altera ponto de operação nem se introduz perdas potenciais ou reduções no excedente do consumidor.

Dessa forma, as maiores variações no excedente do consumidor devido à introdução da cobrança por custo médio são as dos usuários de abastecimento humano e mais especificamente a do Recife, por ser o maior demandante deste uso. Isto ocorre mesmo tendo os dois tipos de uso cobrados (agroindustrial e abastecimento humano), custos médios (1,015 e 0,877 R\$/m³ respectivamente³⁵), e aumentos dos mesmos com a cobrança semelhantes (2,65 e 3%, respectivamente). Uma explicação para estas diferenças é a reação do usuário diante de um aumento de preço. Os usuários mais eficientes³⁶ (como é o caso das agroindústrias) reduzem menos a quantidade demandada de água em decorrência do aumento de preço.

A Tabela 6.3 abaixo mostra as perdas separadas entre a perda do excedente provocada pelo aumento do preço da quantidade ainda consumida (perda do excedente – 1 ou A₁ na figura 6.1) e a perda correspondente ao que se deixou de consumir após o aumento do preço (perda do excedente – 2 ou A₂).

³⁵ Ver tabela 6.1

³⁶ A eficiência aqui é refletida na taxa média de benefícios líquidos por usuário para cada m³ utilizado. Este valor dá uma medida da eficiência do agente no uso da água e implica em menores reduções de quantidade diante de aumento de custos, que é exatamente o que ocorre com as agroindústrias.

Usuários	Perdas Potenciais com a introdução da cobrança por Custo médio	Arrecadação Potencial com os novos pontos de operação - perda do excedente - 1	Redução Potencial do bem-estar com a introdução da cobrança por Custo médio - perda do excedente - 2
Recife	3,994	3,698	0,296
Vitória	0,092	0,085	0,007
JB	0,151	0,150	0,001
Sibéria	0,020	0,020	0,000
Liberdade	0,128	0,128	0,000
PCH JB	0,000	0,000	0,000
PCH CIP	0,000	0,000	0,000
Total	4,385	4,081	0,304

Tabela 6.3 - Perdas Potenciais em milhões de reais no ano

Como se pode observar na Tabela 6.3, a arrecadação obtida a partir desta forma de cobrança não é suficiente para cobrir o custo de gerenciamento e manutenção total da bacia. Isto ocorre devido à suposição de que o usuário se mantém na mesma curva de demanda, neste caso, diante de um aumento do preço há uma redução da quantidade demandada. Como o cálculo do preço pelo custo médio foi feito com base na quantidade demandada dos usuários da bacia, a mudança desta variável fez com que a arrecadação não mais fosse suficiente para o objetivo arrecadatário. Logo, para que este objetivo fosse atendido, seria necessário que o usuário deslocasse sua curva de demanda de forma a continuar com a mesma quantidade demandada, porém com o preço elevado. A figura 6.2 mostra o comportamento que o usuário deveria ter para que a arrecadação fosse suficiente para cobrir os investimentos e custos programados para a bacia.

Como se observa na figura 6.2, o deslocamento da função demanda leva a um novo ponto de operação, o PO₂. Este ponto é composto pelo novo preço e pela quantidade demandada de água antes da cobrança. Tal deslocamento simularia uma situação em que diante dos novos custos de água, mantendo o consumo nos níveis atuais, implicaria em benefícios líquidos praticamente idênticos. Esta é uma situação hipotética, onde se supõe que os agentes serão capazes de modificar suas funções demanda no longo prazo de forma a não haver retração no consumo. O presente trabalho se restringirá a fazer os estudos dos efeitos das metodologias de cobrança a curto prazo, ou seja, sem alterações na função demanda estimada para cada usuário.

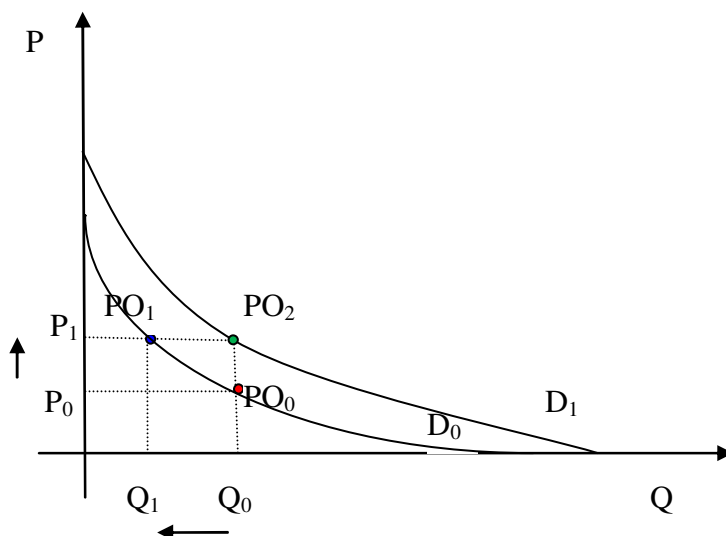


Figura 6.2 - Novo Ponto de Operação após deslocamento da função demanda

Prosseguindo com a análise de curto prazo, até aqui os efeitos da metodologia de cobrança por custo médio foram mostrados através da redução dos benefícios líquidos potenciais, sem utilizar a modelagem para a alocação. Apenas foram utilizadas as funções demanda levantadas para cada um dos usuários. Não se supôs ainda problemas concernentes ao atendimento da demanda de todos, ou seja, restrições de disponibilidade hídrica.

6.1.2 Análise da simulação com escassez da disponibilidade hídrica (utilizando a modelagem econômico-hidrológica integrada)

Dando continuidade à análise, passa-se a utilizar a modelagem econômico-hidrológica integrada que resolverá o problema de alocação a partir de uma oferta hídrica com um redutor de 60% (com a finalidade de simular uma situação onde não há água para todos) diante de diversos critérios de otimização para verificar o que ocorre com o comportamento dos usuários e seus respectivos benefícios.

Assim, a quantidade de água alocada e o benefício resultante para cada um dos usuários dependerão agora do critério de otimização adotado. Diante da ausência de água para todos, pode-se decidir a alocação de forma a maximizar a soma dos benefícios líquidos individuais, que representará o benefício social e ter assim uma referência para avaliar os mecanismos econômicos alocativos, que no caso estudado são as metodologias de cobrança propostas para o Pirapama. Para simular a aplicação de tais mecanismos aloca-se de forma a

minimizar os desvios no atendimento, pois uma vez implantados os valores de cobrança, o gestor atua de forma a atender todos os usuários de forma equânime, independente dos benefícios resultantes. O outro critério simulado é a introdução de prioridades, prevista pela Política Nacional de Recursos Hídricos no que se refere ao abastecimento humano. Assim, obtiveram-se resultados das metodologias de cobrança também minimizando os desvios no atendimento, sendo que com ponderações diferentes em relação ao uso a fim de priorizar o atendimento ao abastecimento humano.

Na alocação obtida a partir do critério de maximização dos benefícios totais, as perdas maiores ficam com os menos eficientes, que para o estudo em questão são as PCH's. Caso o critério seja a minimização dos desvios proporcionais em relação à demanda requerida pelos usuários, a tendência é que as perdas se centralizem nos usuários que requerem pouco e conflitam com usuários que requerem muito.

As perdas encontradas na Tabela 6.4 foram obtidas com base na diferença entre o máximo benefício líquido de cada agente com cobrança por custo médio e os valores resultantes do modelo que dão a alocação ótima diante de cada um dos critérios. Como estas perdas foram calculadas em cima do benefício líquido potencial com cobrança, elas são perdas adicionais às explanadas anteriormente que tinham como base o benefício líquido potencial sem cobrança.

Usuários	Maximização de benefícios líquidos	Minimização dos desvios proporcionais em relação à demanda requerida sem prioridades	Minimização dos desvios proporcionais em relação à demanda requerida com prioridades
Recife	0,000000	0,000000	0,000000
Vitória	0,000052	0,143142	0,000621
JB	0,000000	0,127718	0,157526
Sibéria	0,000000	0,000000	0,000000
Liberdade	0,000000	0,000000	0,000000
PCH JB	0,000369	0,000215	0,000203
PCH CIP	0,016941	0,011989	0,015979
Total	0,017362	1,432526	1,592063

Tabela 6.4– Perdas em milhões de reais no ano com uma disponibilidade hídrica de 60% e cobrança pelo custo médio de acordo com os diversos critérios de otimização

A Tabela 6.2 já tinha mostrado que a introdução desta metodologia de cobrança impõe retrações de consumo que introduzem elevadas perdas de benefícios líquidos aos usuários. A

Tabela 6.4 mostra que numa situação de escassez estas retrações não são suficientes, pois mesmo diante das novas demandas requeridas (menores), as minimizações dos desvios no atendimento com e sem prioridades ficam bem distantes da meta social ótima. Observa-se, além disso, que a cobrança com o estabelecimento de prioridades afasta mais ainda os benefícios totais do máximo possível.

Deve-se ressaltar que isto poderia ser justificado pelo referido mecanismo não ter objetivos econômicos e sim arrecadatários. Na tabela 6.3 já tinha sido mostrado que a arrecadação potencial, uma vez introduzida a metodologia de cobrança por custo médio, não era suficiente devido às retrações no consumo. Numa situação de escassez como se vê na Tabela 6.5, a arrecadação mais próxima da potencial será a que maximiza os benefícios líquidos. Nas simulações consideram metodologias de cobrança, as arrecadações ficam mais abaixo em relação à potencial, sendo que apesar de apresentar as maiores perdas é a modalidade com prioridades que eleva mais a arrecadação.

Usuários	Maximização dos benefícios líquidos	Minimização dos desvios proporcionais em relação à demanda requerida sem prioridades	Minimização dos desvios proporcionais em relação à demanda requerida com prioridades
Recife	3,699	3,699	3,699
Vitória	0,085	0,042	0,083
JB	0,151	0,099	0,096
Sibéria	0,020	0,016	0,016
Liberdade	0,120	0,102	0,102
PCH JB	0,000	0,000	0,000
PCH CIP	0,000	0,000	0,000
Total	4,075	3,958	3,996

Tabela 6.5- Arrecadação anual em milhões de Reais sob redução de disponibilidade hídrica

6.2 Cobrança pelo Preço de Referência Ponderado

6.2.1 Análise da Curva de Demanda

Conforme explicado anteriormente, a cobrança pelo preço de referência ponderado tem objetivo econômico. A idéia é que a cobrança possibilite um uso racional por parte dos usuários.

O preço adotado foi calculado com base num valor de referência de R\$ 2,83/1000 m³, este valor é ponderado com base em três coeficientes: sazonalidade, que tem o valor de 0,34

para o período chuvoso e 2,97 para o período seco; disponibilidade hídrica, que é uma média entre os coeficientes de disponibilidade (que assume os valores de 0,7, 1,0 e 1,4) de cada sub-bacia; e coeficiente de eficiência que assume os valores de 0,8, 1,0 e 1,2.

A partir desses coeficientes, 11 simulações de cobrança foram sugeridas (ver tabela 5.13) dentre as quais as simulações 3, 4 e 9 são anuais; as simulações 2, 6, 8 e 11 referem-se a períodos secos; e as simulações 1, 5, 7 e 10 são de períodos chuvosos.

É importante ressaltar que este preço de cobrança foi calculado de forma a possibilitar a cobrança das PCH's, pois o fato da cobrança pelo custo médio só onerar as agroindústrias e o abastecimento humano pode ter criado distorções no resultado final. Como as PCH's são os usuários menos eficientes na utilização da água, espera-se que esta forma de cobrança tenha resultados bem distintos da anterior.

A tabela 6.6 mostra os benefícios líquidos potenciais sem cobrança e os obtidos como resultado dos novos valores de demanda requerida diante dos preços estabelecidos nas simulações anuais.³⁷

Usuários	Benefícios Potenciais sem cobrança	Benefícios Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 3	Benefícios Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 4	Benefícios Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 9
Recife	16,31207223	15,785	15,865	15,785
Vitória	0,37913535	0,372	0,369	0,372
JB	20,25276167	20,242	20,240	20,244
Sibéria	1,38695184	1,385	1,385	1,386
Liberdade	12,66624200	12,657	12,655	12,659
PCH JB	0,13311537	0,094	0,075	0,087
PCH CIP	0,25652442	0,117	0,110	0,098
Total	51,38680288	50,651	50,699	50,629

Tabela 6.6 - Benefícios líquidos potenciais no curto prazo por usuário em milhões de Reais no ano

³⁷ Esses novos valores de demanda são obtidos através da curva de demanda inversa de cada um dos usuários que considera-se inalterada diante da mudança de preços (curto prazo). Para conseguir os benefícios líquidos resultantes basta colocar na função benefício líquido os novos valores de demanda requerida e custo médio acrescido da cobrança.

A partir da tabela 6.6 pode-se chegar à tabela 6.7 e à tabela 6.8 que mostram respectivamente as perdas potenciais decorrentes da introdução da cobrança e a variação percentual no benefício potencial dos usuários.

Usuários	Perdas Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 3	Perdas Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 4	Perdas Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 9
Recife	0,52713	0,44737	0,52713
Vitória	0,00729	0,01040	0,00729
JB	0,01112	0,01271	0,00890
Sibéria	0,00154	0,00176	0,00123
Liberdade	0,00950	0,01085	0,00760
PCH JB	0,03956	0,05790	0,04622
PCH CIP	0,13947	0,14667	0,15894
Total	0,73562	0,68766	0,75731

Tabela 6.7 - Perdas potenciais no curto prazo por usuário em milhões de Reais no ano

Usuários	Variação percentual no benefício potencial com Preço Ponderado Simulação 3	Variação percentual no benefício potencial com Preço Ponderado Simulação 4	Variação percentual no benefício potencial com Preço Ponderado Simulação 9
Recife	-3,23%	-2,74%	-3,23%
Vitória	-1,92%	-2,74%	-1,92%
JB	-0,05%	-0,06%	-0,04%
Sibéria	-0,11%	-0,13%	-0,09%
Liberdade	-0,07%	-0,09%	-0,06%
PCH JB	-29,72%	-43,49%	-34,72%
PCH CIP	-54,37%	-57,18%	-61,96%
Total	-1,43%	-1,34%	-1,47%

Tabela 6.8 - Variação percentual dos benefícios líquidos potenciais no ano

Como se pode observar, qualquer uma das três simulações realizadas propicia um benefício potencial bem mais alto do que o benefício potencial da cobrança pelo custo médio. Isto se deve ao fato do preço adotado ser bem mais baixo do que o utilizado na cobrança pelo custo médio fazendo com que as variações proporcionais nos custos e na alocação (respectivamente aumento e redução) também sejam menores.

As tabelas 6.9 e 6.10 mostram respectivamente o aumento percentual dos custos e a redução percentual da alocação para as simulações 3, 4 e 9.

Usuários	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 3	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 4	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 9
Recife	0,38%	0,32%	0,38%
Vitória	0,23%	0,32%	0,23%
JB	0,20%	0,22%	0,16%
Sibéria	0,20%	0,22%	0,16%
Liberdade	0,20%	0,22%	0,16%
PCH JB	91,54%	143,41%	109,46%
PCH CIP	186,99%	200,28%	224,28%

Tabela 6.9 – Variação percentual do custo de obtenção da água para simulações 3, 4 e 9

Usuários	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 3	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 4	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 9
Recife	-1,73%	-1,47%	-1,73%
Vitória	-1,03%	-1,47%	-1,03%
JB	-0,03%	-0,03%	-0,02%
Sibéria	-0,06%	-0,06%	-0,04%
Liberdade	-0,04%	-0,04%	-0,03%
PCH JB	-25,24%	-36,05%	-29,19%
PCH CIP	-44,59%	-46,83%	-50,69%

Tabela 6.10 – Variação percentual da alocação de água para simulações 3, 4 e 9

Analisando as variações do abastecimento humano, observa-se que só há diferença nas variações percentuais dos dois municípios quando é utilizada uma modalidade de cobrança com coeficiente de disponibilidade hídrica (Simulações 3 e 9), tendo em vista que o coeficiente de disponibilidade para Vitória é 0,7 e para Recife é 1,2. Na simulação 4, que utiliza o coeficiente de eficiência o qual é o mesmo para os dois, não houve diferenciação nem com relação à variação do preço, nem com relação à variação da alocação.

As agroindústrias possuem sempre os mesmos coeficientes, independente da simulação que esteja sendo utilizada, a diferença nas variações percentuais entre elas se deve às diferenças no mix de produtos como explicado no item 6.1 – Cobrança pelo Custo médio.

As PCH's são os usuários que apresentam maiores aumentos percentuais dos custos (e consequentemente maiores diminuições percentuais na alocação), isto se deve ao fato dos custos destes usuários serem muito baixos: R\$ 0,0024/m³ para a PCH JB e R\$ 0,0017/m³ para a PCH CIP. Diante destes valores, só o preço de referência utilizado (R\$ 0,00283/m³), independentemente do coeficiente de ponderação, já é mais que o dobro dos custos de captação das PCH's. As simulações 4 e 9 são as responsáveis por maiores variações percentuais em virtude da presença do coeficiente de eficiência que atinge o seu valor mais alto (1,2) para as PCH's. Assim, percentualmente falando, explica-se porque as maiores reduções de benefícios recaíram principalmente sobre as PCH's que são os usuários menos eficientes e que não eram cobrados na metodologia anterior (ver tabela 6.8).

As Tabelas 6.11, 6.12 e 6.13 referem-se às simulações que dividem o ano entre período seco e período chuvoso, como o benefício líquido potencial de referência é um valor anual, a comparação nesses casos vai ser feita com o somatório do período seco com o período chuvoso. De acordo com a tabela 5.13 as seguintes simulações são complementares: 1 e 2; 5 e 6; 7 e 8; e 10 e 11. As simulações 1, 5, 7 e 10 referem-se ao período seco (meses de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) e as simulações 2, 6, 8 e 11 dizem respeito ao período chuvoso (março, abril, maio, junho e julho), logo a soma delas entre si dá o benefício líquido potencial em um ano. As tabelas mostram respectivamente: os benefícios líquidos potenciais, as perdas potenciais e a variação percentual dos benefícios líquidos potenciais.

Usuários	Benefícios Potenciais sem cobrança	Benefícios Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 1+2	Benefícios Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 5+6	Benefícios Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 7+8	Benefícios Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 10+11
Recife	16,3120722	15,485	15,339	15,485	15,339
Vitória	0,3791354	0,360	0,366	0,360	0,366
JB	20,2527617	20,206	20,220	20,215	20,226
Sibéria	1,3869518	1,380	1,382	1,382	1,383
Liberdade	12,6662420	12,626	12,638	12,634	12,644
PCH JB	0,1331154	0,062	0,073	0,055	0,066
PCH CIP	0,2565244	0,093	0,086	0,083	0,079
Total	51,3868029	50,212	50,105	50,213	50,103

Tabela 6.11 - Benefícios líquidos potenciais no curto prazo por usuário em milhões de Reais com diferenciação de acordo com a estação do ano (seca ou chuvosa)

Usuários	Perdas Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 1+2	Perdas Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 5+6	Perdas Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 7+8	Perdas Potenciais com cobrança por Preço Ponderado Simulação 10+11
Recife	0,82745	0,97275	0,82745	0,97275
Vitória	0,01923	0,01355	0,01923	0,01355
JB	0,04717	0,03303	0,03774	0,02643
Sibéria	0,00653	0,00457	0,00522	0,00366
Liberdade	0,04027	0,02820	0,03222	0,02256
PCH JB	0,07097	0,05969	0,07834	0,06716
PCH CIP	0,16342	0,17016	0,17354	0,17750
Total	1,17504	1,28194	1,17375	1,28360

Tabela 6.12 - Perdas potenciais no curto prazo por usuário em milhões de Reais com diferenciação de acordo com a estação do ano (seca ou chuvosa)

Usuários	Variação percentual no benefício potencial com Preço Ponderado Simulação 1+2	Variação percentual no benefício potencial com Preço Ponderado Simulação 5+6	Variação percentual no benefício potencial com Preço Ponderado Simulação 7+8	Variação percentual no benefício potencial com Preço Ponderado Simulação 10+11
Recife	-5,07%	-5,96%	-5,07%	-5,96%
Vitória	-5,07%	-3,57%	-5,07%	-3,57%
JB	-0,23%	-0,16%	-0,19%	-0,13%
Sibéria	-0,47%	-0,33%	-0,38%	-0,26%
Liberdade	-0,32%	-0,22%	-0,25%	-0,18%
PCH JB	-53,32%	-44,84%	-58,85%	-50,46%
PCH CIP	-63,70%	-66,33%	-67,65%	-69,19%
Total	-2,29%	-2,49%	-2,28%	-2,50%

Tabela 6.13 - Variação percentual dos benefícios líquidos potenciais com diferenciação de acordo com a estação do ano (seca ou chuvosa)

A diferenciação de acordo com a estação do ano levou a maiores perdas potenciais totais em comparação com a cobrança pelo preço ponderado sem coeficiente de sazonalidade, no entanto, as perdas ainda são menores que as apresentadas na cobrança pelo custo médio.

O período seco possui algumas características que impactam diretamente na quantidade de água requerida pelos usuários e conseqüentemente nos benefícios líquidos potenciais. A fase de safra das agroindústrias está contida no período seco, que é o período de maior escassez, assim sendo, os maiores valores de cobrança ocorrem justamente no período de maior conflito, pois há menos água e mais usuários disputando por ela.

A carga da cobrança continua a recair principalmente em cima das PCH's, se as simulações forem comparadas por analogia, percebe-se que a introdução do coeficiente de sazonalidade aumentou as perdas das PCH's. Por exemplo, a simulação 3 é análoga à união das simulações 5 e 6, tendo em vista que todas ponderam o preço de referência pelo CDH, a diferença é que a 3 supõe um coeficiente de sazonalidade constante, a 5 utiliza um coeficiente de período chuvoso e a 6 um de período seco. Neste caso, as perdas potenciais, na união das simulações 5 e 6, foram maiores, apresentando uma variação percentual dos benefícios líquidos potenciais de -66,33% e -44,84% para as PCH's CIP e JB respectivamente, no caso da simulação 3 essa variação foi de -54,37% e -29,72%. O mesmo aumento de perdas se verifica quando são comparadas, também por analogia, as seguintes simulações: simulação 4 com a união das simulações 7 e 8; e 9 com a união das simulações 10 e 11. Isto se explica pelo fato do período chuvoso não conseguir compensar o período seco, ou seja, o período seco reduz muito os benefícios sem que a contrapartida do período chuvoso aumentando-os seja suficiente para compensar estas perdas.

Vale salientar que o período seco possui 7 meses e o período chuvoso apenas 5, assim, é de se esperar que o período seco comprometa mais os usuários em comparação com a ajuda que o período chuvoso acarreta. Este aumento de perdas ocorre para todos os usuários, porém para as agroindústrias, nem a compensação (parcial) do período chuvoso existe, tendo em vista que elas só demandam água no período seco.

As Tabelas 6.14, 6.15, 6.16 e 6.17 mostram respectivamente o aumento percentual dos custos nos períodos seco e chuvoso e a redução percentual da alocação também nos períodos seco e chuvoso.

Usuários	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 2	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 6	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 8	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 11
Recife	0,96%	1,13%	0,96%	1,13%
Vitória	0,96%	0,67%	0,96%	0,67%
JB	0,83%	0,58%	0,66%	0,46%
Sibéria	0,83%	0,58%	0,66%	0,46%
Liberdade	0,83%	0,58%	0,66%	0,46%
PCH JB	352,12%	268,08%	422,16%	321,29%
PCH CIP	494,93%	554,28%	593,81%	664,99%

Tabela 6.14 - Variação percentual do custo de obtenção da água para simulações 2, 6, 8 e 11

Usuários	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 1	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 5	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 7	Variação do custo de obtenção calculado no novo ponto de operação Simulação 10
Recife	0,11%	0,13%	0,11%	0,13%
Vitória	0,11%	0,08%	0,11%	
JB	-	-	-	-
Sibéria	-	-	-	-
Liberdade	-	-	-	-
PCH JB	42,00%	32,37%	50,04%	38,50%
PCH CIP	57,11%	63,93%	68,46%	76,58%

Tabela 6.15 - Variação percentual do custo de obtenção da água para simulações 1, 5, 7 e 10

Usuários	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 2	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 6	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 8	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 11
Recife	-4,36%	-5,14%	-4,36%	-5,14%
Vitória	-4,36%	-3,05%	-4,36%	-3,05%
JB	-0,12%	-0,08%	-0,09%	-0,07%
Sibéria	-0,24%	-0,17%	-0,19%	-0,13%
Liberdade	-0,16%	-0,11%	-0,13%	-0,09%
PCH JB	-67,60%	-56,51%	-75,75%	-63,72%
PCH CIP	-84,26%	-90,06%	-93,71%	-99,93%

Tabela 6.16 - Variação percentual da alocação de água para simulações 2, 6, 8 e 11

Usuários	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 1	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 5	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 7	Variação da alocação calculada no novo ponto de operação Simulação 10
Recife	-0,50%	-0,59%	-0,50%	-0,59%
Vitória	-0,50%	-0,35%	-0,50%	-0,35%
JB	-	-	-	-
Sibéria	-	-	-	-
Liberdade	-	-	-	-
PCH JB	-12,71%	-9,93%	-14,94%	-11,72%
PCH CIP	-17,40%	-19,17%	-20,32%	-22,32%

Tabela 6.17 - Variação percentual da alocação de água para simulações 1, 5, 7 e 10

Como as agroindústrias só requerem água no período de safra que está contido no período seco, elas não apresentam valores nas planilhas referentes ao período chuvoso. As

mesmas diferenças encontradas nas variações percentuais das simulações anuais são encontradas nas simulações com diferenciação de preço de acordo com a estação, no entanto, o período seco mostra variações mais acentuadas em decorrência da utilização do coeficiente de sazonalidade.

A tabela 6.18 mostra a variação no excedente do consumidor decorrente da introdução da cobrança dividida entre a diminuição do excedente devido ao aumento do custo da quantidade ainda consumida de água (variação 1) e a redução em decorrência da quantidade de água deixada de ser consumida (variação 2).

Simulações	Var. no Excedente do Consumidor	Usuários							Total
		Recife	Vitória	JB	Sibéria	Liberdade	PCH JB	PCH CIP	
Simulação 3	Total	0,52713	0,00729	0,01112	0,00154	0,00950	0,08634	0,19800	0,84092
	Variação 1	0,52252	0,00726	0,01112	0,00154	0,00950	0,03422	0,10309	0,68924
	Variação 2	0,00461	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,05212	0,09490	0,15168
Simulação 4	Total	0,44737	0,01040	0,01271	0,00176	0,01085	0,09551	0,20160	0,78020
	Variação 1	0,44406	0,01032	0,01271	0,00176	0,01085	0,04621	0,10600	0,63191
	Variação 2	0,00331	0,00008	0,00000	0,00000	0,00000	0,04929	0,09560	0,14828
Simulação 9	Total	0,52713	0,00729	0,00890	0,00123	0,00760	0,08967	0,20773	0,84955
	Variação 1	0,52258	0,00726	0,00890	0,00123	0,00760	0,03889	0,11010	0,69656
	Variação 2	0,00455	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,05078	0,09763	0,15300
Simulação 1+2	Total	0,82745	0,01923	0,04717	0,00653	0,04027	0,10067	0,24893	1,29025
	Variação 1	0,62237	0,01447	0,04715	0,00652	0,04024	0,02848	0,03238	0,79161
	Variação 2	0,20508	0,00477	0,00003	0,00001	0,00003	0,07219	0,21655	0,49865
Simulação 5+6	Total	0,97275	0,01355	0,03303	0,00457	0,02820	0,05969	0,17016	1,28194
	Variação 1	0,72916	0,01025	0,03301	0,00457	0,02818	0,03281	0,05272	0,89071
	Variação 2	0,24358	0,00330	0,00002	0,00000	0,00002	0,02688	0,11744	0,39124
Simulação 7+8	Total	0,82745	0,01923	0,03774	0,00522	0,03222	0,07834	0,17354	1,17375
	Variação 1	0,62237	0,01447	0,03773	0,00522	0,03220	0,03388	0,04702	0,79288
	Variação 2	0,20508	0,00477	0,00002	0,00000	0,00002	0,04447	0,12652	0,38087
Simulação 10+11	Total	0,97275	0,01355	0,02643	0,00366	0,02256	0,06971	0,17750	1,28614
	Variação 1	0,72916	0,01025	0,02642	0,00366	0,02255	0,03428	0,03460	0,86091
	Variação 2	0,24358	0,00330	0,00001	0,00000	0,00001	0,03543	0,14290	0,42523

Tabela 6.18 – Variação no excedente do Consumidor para cobrança com base no preço de referência ponderado em milhões de Reais no ano.

Observa-se que, na maioria dos casos, a perda provocada pela redução na demanda da água no caso das agroindústrias é muito pequena, evidenciando que a adoção do preço não tem grandes impactos na demanda requerida por elas, como se pode observar nas tabelas 6.16 e 6.17. Já as PCH's, na maioria das situações, têm uma perda mais elevada em função do que

se deixou de consumir, do que devido ao aumento do preço do que se consome, o que mostra a forte retração que há no consumo das PCH's diante da aplicação do preço, isto pode ser identificado também a partir do aumento dos custos que a introdução da cobrança acarretou, como mostram as tabelas 6.14 e 6.15. Da mesma forma que as agroindústrias, o abastecimento humano também deve a maior parte de suas perdas ao aumento de preços e não à redução do consumo, como se pode observar nas tabelas 6.16 e 6.17, a diminuição percentual da alocação foi baixa.

A parte da redução no excedente do consumidor identificada como variação 1 é o valor correspondente à arrecadação potencial, já a variação 2 corresponde à redução potencial do bem estar devido à diminuição do consumo. A arrecadação potencial informa quanto seria arrecadado se diante de uma situação de água para todos, fosse alocado para os usuários exatamente o que os mesmos requerem diante dos preços estabelecidos em cada metodologia.

Como se pode observar na coluna totalizadora da tabela 6.18, as arrecadações potenciais de todas as modalidades ficam muito abaixo da arrecadação obtida com a cobrança pelo custo médio.

6.2.2 Análise da simulação com escassez da disponibilidade hídrica (utilizando a modelagem econômico-hidrológica integrada)

A utilidade da cobrança surge na medida em que os conflitos pelo uso da água vão aparecendo. A fim de se obter uma simulação de redução da disponibilidade hídrica, utilizou-se a modelagem econômico-hidrológica integrada a partir da introdução de uma redução hidrológica de 60% nas ofertas hídricas, obtendo-se agora os resultados da alocação resultante e os benefícios associados seguindo três critérios de otimização: critério 1 – maximização dos benefícios líquidos totais; critério 2³⁸ – minimização dos desvios no atendimento sem prioridades por uso; e critério 3 – minimização dos desvios no atendimento com prioridades para o abastecimento humano.

Os resultados da tabela 6.19 referem-se à alocação sob cobrança pelo preço de referência ponderado, ou seja, os usuários demandando as quantidades de água a partir dos

³⁸ O critério 2 foi relacionado no trabalho a título de ilustração, tendo em vista que a lei prevê o atendimento prioritário ao abastecimento humano. O objetivo é justamente conseguir analisar o impacto da introdução da prioridade na simulação da cobrança, observando se o abastecimento humano realmente é atendido prioritariamente.

preços cobrados nessa metodologia, e sob esta oferta hídrica, diante de três critérios de otimização. O critério de otimização 1, será usado como referência.³⁹ O critério 2 pretende representar a cobrança sob critério de referência ponderado sem prioridades, pois uma vez estabelecido um valor a ser cobrado, o gestor trata de tentar em situações de escassez atender a todos igualmente. O critério 3 representa o papel do gestor que estabelece o valor de cobrança, mas em situações de escassez prioriza o abastecimento humano.

A introdução do redutor de disponibilidades irá imputar novas reduções aos usuários para o atendimento das restrições físicas além daquelas impostas pela cobrança.

A tabela 6.19 apresenta as perdas adicionais (além das perdas potenciais, introduzidas ao se cobrar), devidas à introdução do redutor (situação de escassez) para cada critério de otimização utilizado.

Simulações	Critérios	Usuários							
		Recife	Vitória	JB	Sibéria	Liberdade	PCH JB	PCH CIP	Total
Simul. 3	Critério 1	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0010
	Critério 2	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
	Critério 3	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Simul. 4	Critério 1	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0009
	Critério 2	0,0000	0,0445	0,0096	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0543
	Critério 3	0,0000	0,0001	0,0372	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0378
Simul. 9	Critério 1	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0007
	Critério 2	0,0000	0,0181	0,0040	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0222
	Critério 3	0,0000	0,0001	0,0259	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0263
Simul. 1+2	Critério 1	0,6157	0,0149	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,6325
	Critério 2	0,6027	0,0314	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016	0,6357
	Critério 3	0,6027	0,0314	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016	0,6357
Simul. 5+6	Critério 1	0,6143	0,0148	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016	0,6308
	Critério 2	0,6975	0,0341	0,0000	0,0000	0,0000	0,0180	0,0374	0,7870
	Critério 3	0,6975	0,0341	0,0000	0,0000	0,0000	0,0180	0,0374	0,7870
Simul. 7+8	Critério 1	0,6158	0,0149	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015	0,6322
	Critério 2	0,6027	0,0314	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,6355
	Critério 3	0,6027	0,0314	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,6355
Simul. 10+11	Critério 1	0,6153	0,0149	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0014	0,6315
	Critério 2	0,6012	0,0315	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,6338
	Critério 3	0,6012	0,0315	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,6338

Tabela 6.19 -Perdas decorrentes dos resultados do modelo econômico-hidrológico integrado em cada uma das simulações de cobrança sob os três critérios de otimização com redução de disponibilidade hídrica de 60% em milhares de Reais no ano

³⁹ Os valores de reduções de benefícios resultantes sob esse critério representam as perdas devido a escassez hídrica. Uma vez estabelecida a referida metodologia de cobrança, estes são os menores valores de reduções que podem ser obtidos.

Estas perdas são calculadas com base na diferença entre o benefício líquido potencial de cada uma das simulações de metodologia de cobrança e o benefício de cada usuário resultante do problema de otimização sob cada um dos critérios.

Observa-se a partir da tabela 6.19 que as cobranças que não utilizam o coeficiente de sazonalidade geram perdas adicionais somente para Vitória, PCH JB e PCH CIP, numa situação de escassez. Isto significa que para os demais usuários, a menos destes últimos, as reduções de consumo impostas pela cobrança já resolveriam o problema na escassez. Os usuários mais prejudicados com a introdução do coeficiente de sazonalidade são Recife e PCH CIP, o que é de se esperar, tendo em vista que eles são os usuários com maiores demandas e a água se encontra mais cara.

Em sua maioria os usuários não apresentaram grandes diferenças de perdas nem entre as simulações nem entre os critérios. O critério 3 que prevê o atendimento prioritário ao abastecimento humano reduziu as perdas de Vitória em relação ao critério 2 somente nas simulações 4 e 9 (sem coeficiente de sazonalidade), onde JB aumenta suas perdas em favor de Vitória. Isto ocorreu porque o valor da perda adicional que aparece nas simulações que consideram o coeficiente de sazonalidade decorre do período chuvoso⁴⁰, onde as agroindústrias não demandam água e não há como JB compensar Vitória.

A tabela 6.20 mostra as perdas totais obtidas em cada simulação para os critérios 2 e 3. A referência que é utilizada para calcular as perdas totais é o benefício líquido potencial de cada usuário, ou seja, o que cada um geraria de benefício, quando ganhasse o que requer antes de ser estabelecido o preço. O objetivo da tabela é avaliar diante da redução de disponibilidade hídrica, cada metodologia de cobrança, bem como a não introdução da mesma (outorgas).

⁴⁰ O período seco não apresenta perdas adicionais.

Simulações	Modalidades de Cobrança	Usuários							
		Recife	Vitória	JB	Sibéria	Liberdade	PCH JB	PCH CIP	Total
Otim. 60% disp. hid. s/ cobrança	Critério 1	0,0000036	0,0002075	0,0000001	0,0000000	0,0000000	0,0003610	0,0177710	0,0183432
	Critério 2	0,0000000	0,1897140	1,2850520	0,0000000	0,0000000	0,0002166	0,0119961	1,4869788
	Critério 3	0,0000000	0,0007819	1,6200472	0,0000000	0,0000000	0,0002026	0,0167705	1,6378022
Simul. CMA	Critério 2	3,9940000	0,2351420	1,4281800	0,0200000	0,1280000	0,0002150	0,0119890	5,8175260
	Critério 3	3,9940000	0,0926210	1,7262600	0,0200000	0,1280000	0,0002030	0,0159790	5,9770630
Simul. 3	Critério 2	0,5271290	0,0073866	0,0111238	0,0015400	0,0094975	0,0395637	0,1394667	0,7357073
	Critério 3	0,5271290	0,0073866	0,0111238	0,0015400	0,0094975	0,0395637	0,1394667	0,7357073
Simul. 4	Critério 2	0,4473687	0,0549423	0,0223615	0,0017599	0,0108540	0,0578978	0,1468137	0,7419979
	Critério 3	0,4473687	0,0104817	0,0498805	0,0017599	0,0108540	0,0578978	0,1472419	0,7254845
Simul. 9	Critério 2	0,5271290	0,0254123	0,0128898	0,0012322	0,0075992	0,0462223	0,1589996	0,7794844
	Critério 3	0,5271290	0,0073913	0,0348223	0,0012322	0,0075992	0,0462223	0,1591827	0,7835791
Simul. 1+2	Critério 2	1,4301772	0,0506486	0,0471747	0,0065280	0,0402713	0,0709714	0,1649964	1,8107676
	Critério 3	1,4301772	0,0506486	0,0471747	0,0065280	0,0402713	0,0709714	0,1649964	1,8107676
Simul. 5+6	Critério 2	1,6702350	0,0476433	0,0330309	0,0045716	0,0281991	0,0776622	0,2075829	2,0689251
	Critério 3	1,6702350	0,0476433	0,0330309	0,0045716	0,0281991	0,0776622	0,2075829	2,0689251
Simul. 7+8	Critério 2	1,4301772	0,0506486	0,0377442	0,0052236	0,0322222	0,0783418	0,1748560	1,8092137
	Critério 3	1,4301772	0,0506486	0,0377442	0,0052236	0,0322222	0,0783418	0,1748560	1,8092137
Simul. 10+11	Critério 2	1,5739332	0,0450614	0,0264258	0,0036577	0,0225609	0,0671643	0,1786447	1,9174479
	Critério 3	1,5739332	0,0450614	0,0264258	0,0036577	0,0225609	0,0671643	0,1786447	1,9174479

Tabela 6.20 – Perdas totais para os critérios 2 e 3 comparativamente a maximização dos benefícios sem cobrança com redutor de disponibilidade hídrica de 60%.

Serão usados como referência os valores da simulação pela otimização com 60% da disponibilidade hídrica sem cobrança nos critérios 1, 2 e 3. Os valores do Critério 1 refletem as menores perdas totais, pois maximizam os benefícios totais e representam, portanto, as perdas mínimas devido à escassez. Numa situação de escassez e sem cobrança, Sibéria e Liberdade não são oneradas, diferentemente de JB, que conflita com todos os usuários, pois está localizada mais a montante que os demais. Como JB é muito eficiente, o critério de maximização dos benefícios (critério 1) não acarreta perdas para ela, porém os critérios de minimização dos desvios no atendimento sem e com prioridades (critérios 2 e 3), ao tentar atender à demanda de todos, acaba por privilegiar os maiores demandantes (Recife e PCH CIP) em detrimento dos outros, inclusive JB. Assim, as perdas dos critérios 2 e 3 comparativamente ao 1 se devem basicamente às perdas originadas em JB.

Como Vitória possui uma demanda baixa, ela é prejudicada no critério de minimização dos desvios, porém se o critério levar em consideração a prioridade no abastecimento humano (critério 3), a situação de Vitória fica próxima à apresentada no critério de maximização dos benefícios (critério 1).

A simulação 4 é a que introduz menores perdas para Recife, já Vitória apresenta menores perdas nas simulações 3 e 9. Apesar destes dois usuários serem de abastecimento humano, o coeficiente de disponibilidade hídrica presente nas simulações 3 e 9 é elevado para Recife, o que causa esta diferença nos valores das perdas. Já as menores perdas das agroindústrias Sibéria e Liberdade estão presentes na simulação 9, isto decorre do fato do preço de referência desta simulação estar sendo ponderado pelo coeficiente de eficiência e disponibilidade hídrica ao mesmo tempo, os referidos coeficientes das agroindústrias são respectivamente, 0,7 e 0,8 o que acarreta num coeficiente final de 0,56 que é mais baixo que qualquer um dos dois isoladamente. A simulação 9 só não é de menores perdas para JB porque nesta simulação ela compensa a diminuição das perdas de Vitória, como na simulação 3 Vitória não precisa ser compensada, esta simulação é a melhor para JB. A simulação que deixa as PCH's numa situação mais confortável é a simulação 3, que é a simulação com menores coeficientes para estes usuários. Analisando o total percebe-se que a simulação que gera menos perdas é a 4 para o critério 3. É interessante notar que isto ocorre porque o usuário Recife é um alto demandante, o que acarreta elevadas perdas para ele, sendo natural que a simulação onde ele tenha menos perdas também seja a de menos perdas totais, tendo em vista que o impacto deste usuário é muito grande no todo. No entanto, se hipoteticamente fosse implantada uma espécie de votação entre os usuários da Bacia a simulação que seria escolhida seria a 3 que é a que gera menos perdas para 4 usuários (Vitória, JB, PCH CIP e PCH JB).

Ao se comparar os critérios 2 e 3 das simulações 3, 4 e 9 com os seus respectivos critérios na simulação sem cobrança, percebe-se que estes valores são menores, então qualquer uma das três simulações de cobrança traz benefícios para a bacia como um todo, já que imputam em menos perdas do que na simulação sem cobrança e com disponibilidade hídrica de 60% e ainda acarretam numa arrecadação (ver tabelas 6.21, 6.22 e 6.23) que retornará, na forma de investimentos, à bacia.

As tabelas 6.21, 6.22 e 6.23 que se seguem apresentam os montantes que serão arrecadados para cada simulação em milhões de reais no ano para os critérios de maximização

dos benefícios líquidos, minimização dos desvios no atendimento à demanda requerida sem e com prioridades ao abastecimento humano respectivamente com uma disponibilidade hídrica de 60%.

Usuários	Simulação 3	Simulação 4	Simulação 9	Simulação 1 + 2	Simulação 5 + 6	Simulação 7 + 8	Simulação 10 + 11
Recife	0,5298	0,4502	0,5298	0,8097	0,9482	0,8097	0,9482
Vitória	0,0073	0,0104	0,0073	0,0188	0,0133	0,0188	0,0133
JB	0,0113	0,0130	0,0091	0,0481	0,0337	0,0385	0,0269
Sibéria	0,0016	0,0018	0,0013	0,0067	0,0047	0,0053	0,0037
Liberdade	0,0097	0,0111	0,0078	0,0411	0,0288	0,0329	0,0230
PCH JB	0,0313	0,0397	0,0348	0,0255	0,0299	0,0185	0,0277
PCH CIP	0,0826	0,0838	0,0836	0,0173	0,0189	0,0199	0,0216
Total	0,6736	0,6100	0,6736	0,9671	1,0773	0,9436	1,0644

Tabela 6.21 – Arrecadação em milhões de reais no ano para o critério de maximização benefício líquidos com uma disponibilidade hídrica de 60%.

Usuários	Simulação 3	Simulação 4	Simulação 9	Simulação 1 + 2	Simulação 5 + 6	Simulação 7 + 8	Simulação 10 + 11
Recife	0,5298	0,4502	0,5298	0,8098	0,9477	0,8098	0,9483
Vitória	0,0073	0,0089	0,0066	0,0187	0,0133	0,0187	0,0133
JB	0,0113	0,0128	0,0090	0,0481	0,0337	0,0385	0,0269
Sibéria	0,0016	0,0018	0,0013	0,0067	0,0047	0,0053	0,0037
Liberdade	0,0097	0,0111	0,0078	0,0410	0,0287	0,0328	0,0230
PCH JB	0,0347	0,0469	0,0394	0,0417	0,0390	0,0395	0,0419
PCH CIP	0,1045	0,1056	0,1103	0,0641	0,0420	0,0434	0,0238
Total	0,6989	0,6373	0,7042	1,0302	1,1091	0,9881	1,0808

Tabela 6.22 – Arrecadação em milhões de reais no ano para o critério de minimização dos desvios no atendimento à demanda requerida sem prioridade com uma disponibilidade hídrica de 60%.

Usuários	Simulação 3	Simulação 4	Simulação 9	Simulação 1 + 2	Simulação 5 + 6	Simulação 7 + 8	Simulação 10 + 11
Recife	0,5298	0,4502	0,5298	0,8098	0,9477	0,8098	0,9483
Vitória	0,0073	0,0104	0,0073	0,0187	0,0133	0,0187	0,0133
JB	0,0113	0,0126	0,0089	0,0481	0,0337	0,0385	0,0269
Sibéria	0,0016	0,0018	0,0013	0,0067	0,0047	0,0053	0,0037
Liberdade	0,0097	0,0111	0,0078	0,0410	0,0287	0,0328	0,0230
PCH JB	0,0347	0,0469	0,0394	0,0417	0,0390	0,0395	0,0419
PCH CIP	0,1045	0,1039	0,1091	0,0641	0,0467	0,0434	0,0238
Total	0,6989	0,6368	0,7035	1,0302	1,1138	0,9881	1,0808

Tabela 6.23 - Arrecadação em milhões de reais no ano para o critério de minimização dos desvios no atendimento à demanda requerida com prioridade com uma disponibilidade hídrica de 60%.

Os valores da arrecadação provinda do critério 1, que é a nossa referência, são os mais baixos dos três critérios utilizados. Ao se analisar comparativamente os resultados das perdas dos três critérios observou-se que os critérios 2 e 3 acarretavam mais perdas, então se pode concluir que analisando a sociedade como um todo há uma compensação após a introdução da cobrança, ou seja, apesar de individualmente cada usuário perder, esta perda é repassada de volta à sociedade em forma de arrecadação, assim quanto maiores as perdas, maior será a arrecadação. Este resultado era de se esperar, tendo em vista que tanto as perdas potenciais, como a arrecadação depende dos valores dos custos dos usuários e suas alocações.

Como se pode observar a partir da figura 61 a arrecadação potencial é parte da variação do excedente do consumidor decorrente da cobrança. Com a introdução da redução da disponibilidade hídrica em 60% a alocação dos usuários não será igual à quantidade de água que é demandada inicialmente, propiciando um valor ainda menor da arrecadação, tendo em vista que o valor da arrecadação é dado pela alocação multiplicada pelo preço para um ano. A variação no excedente do consumidor é o mesmo que a perda potencial, com a introdução da redução da disponibilidade hídrica de 60%, a oferta de água não é suficiente para atender a todos, fazendo com que a alocação dos usuários seja abaixo da requerida. Essa alocação levará a benefícios menores que os potenciais, fazendo com que haja as chamadas perdas adicionais. Percebe-se, portanto, que no curto prazo quanto maior a perda, maior a arrecadação, então a escolha da forma de cobrança a ser utilizada vai depender do objetivo estabelecido pelo Comitê da Bacia.

Como era de se esperar, se o objetivo da cobrança for arrecadatário, a metodologia de cobrança que gera um maior valor é a do custo médio. Com esta metodologia sob o critério de otimização de minimização dos desvios no atendimento da demanda com prioridade para o abastecimento humano, JB apresenta perdas elevadíssimas, contudo a arrecadação chega a quase 4 milhões de reais. As perdas apresentadas por JB são decorrentes de uma redução no consumo, ou seja, não são revertidas em arrecadação, assim esta cobrança onera demasiadamente um dos usuários sem haver a contrapartida em arrecadação para a sociedade.

Caso o objetivo seja econômico, dentre as simulações utilizadas a que leva a menores perdas totais é a simulação 4 com prioridade para o abastecimento humano. Como o objetivo da cobrança pelo preço de referência ponderado é econômico, o montante arrecadado por cada uma das simulações não está sendo levado em consideração para medir qual delas é a melhor para a sociedade.

As simulações 3, 4 e 9 acarretam em menos perdas aos usuários, numa situação de escassez hídrica com e sem prioridades critérios 2 e 3 comparativamente aos resultados encontrados nos critérios correspondentes, porém sem cobrança. Diante deste resultado, percebe-se que esta cobrança pode ser facilmente aceita pelos usuários da bacia, por deixá-los numa situação mais confortável, diante de uma escassez, além de gerar um montante arrecadado que retornará a sociedade em forma de investimentos.

Dentre estas simulações a que gera a maior arrecadação é a simulação 9, com um montante de R\$ 703.500,00. Já a simulação que acarreta em menos perdas totais é a simulação 4 sob o critério 3. No entanto, para a maioria dos usuários: Vitória, JB, PCH JB e PCH CIP, a simulação 3 é a que propicia menos perdas. Sendo assim, a escolha entre qualquer uma das simulações vai depender da decisão de que usuários deverão ser beneficiados em detrimento de outros e o que é mais importante, arrecadação ou baixa perda.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho de apresentar uma plataforma para comparação entre duas metodologias de cobrança com objetivos distintos foi atingido. O SADE-GBHidro possibilitou a obtenção de resultados importantes sobre os benefícios e perdas dos consumidores sob escassez hídrica, diante da introdução ou não de metodologias de cobrança com e sem prioridades, o que é uma ferramenta fundamental aos tomadores de decisão na hora de avaliar a implantação de políticas públicas.

O presente trabalho só utilizou metodologias de cobrança referentes a questões quantitativas, formas de cobrança que considerem questões qualitativas, ou até mesmo ambas são importantes para ampliar a utilidade dos resultados.

Diante dos resultados encontrados, sugere-se a elaboração de cálculos para novos coeficientes, ou a melhoria dos cálculos apresentados, tendo em vista que apesar de terem sido efetuados com base na literatura, para que ficassem o mais perto da realidade possível, ainda foram arbitrados alguns valores na elaboração destes coeficientes, o que pode impactar diretamente no preço a ser cobrado dos usuários e conseqüentemente em seus benefícios.

Os resultados apresentados mostraram que devido à retração no consumo imposta pelo aumento do preço, nenhuma das duas metodologias de cobrança conseguiu atingir o objetivo financeiro de cobrança. A metodologia pelo preço ponderado, no entanto, impôs menos perdas aos usuários como um todo, além de ter beneficiado quem é mais eficiente e onerado mais os usuários com maiores desperdícios. Mesmo nas simulações onde não havia o coeficiente de eficiência este comportamento foi identificado.

O trabalho apresentou uma gama de simulações com base no preço de referência ponderado supondo coeficientes de ponderação diferentes. A análise dos resultados encontrados possibilita ao decisor informações diversificadas para ajudar na escolha de que metodologia de cobrança deve ser adotada de forma a atender os critérios estabelecidos por ele, bem como decidir sobre esquemas de compensação.

Mostrou-se que, diante de uma redução de disponibilidade hídrica, a introdução de algumas simulações de preços leva a menores perdas totais do que se não houvesse a cobrança, além de propiciar alguma arrecadação. Logo, a partir do presente estudo já se sabe que é possível introduzir alguma forma de cobrança (e, por conseguinte conseguir um montante arrecadado) reduzindo as perdas totais diante da escassez. Apesar da arrecadação

nesta situação não ser suficiente para os investimentos e custos do setor, esta é uma situação melhor do que a que não há cobrança alguma.

Ao optar por determinada forma de cobrança, o tomador de decisão sabe quais usuários serão prejudicados e quais serão beneficiados, isto permite a adoção de compensações entre os usuários da bacia. Os resultados também deixam claro o montante de benefícios e perdas que serão imputados à sociedade em decorrência da cobrança.

Sugere-se, para trabalhos futuros, o deslocamento da função demanda dos consumidores, ou seja, estimativas de como as funções demanda se alteram, para se apreciar as metodologias de cobrança sem retração da quantidade demandada e conseqüentemente possibilitar análises de médio e longo prazo. As análises de médio e longo prazos poderão mostrar a funcionalidade de uma metodologia de cobrança de forma a induzir um usuário a aumentar a sua eficiência.

Recomendam-se também novos estudos concernentes à estimação das funções-demanda dos usuários para se ter maiores informações relacionadas às reações diante da imposição de preços. A partir daí seria possível determinar até que ponto se pode aumentar o preço para cada usuário de forma que a arrecadação para a bacia seja a máxima possível e o impacto nos benefícios dos usuários seja o mínimo.

Novas formas de cobrança apresentadas na teoria também podem ser facilmente analisadas dentro do modelo, portanto, é interessante a elaboração de trabalhos nessa linha de avaliação dos métodos de cobrança, não ficando apenas no desenvolvimento de metodologias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEZERRA, D. R. C., DIAS F. M. e RAMOS F. S. **A Ação das Agência reguladoras no Uso Eficiente da Água para Irrigação e Produção de Energia**, Revista Econômica do Nordeste, vol 32, Fortaleza, 2001.
- BRASIL. Lei Federal nº. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/9433-97.htm>>. Acesso em: 18 de março de 2007
- BRASIL. Lei Federal nº. 9.984, de 17 de julho de 2000. **Cria a Agência Nacional de Águas (ANA)**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos>>. Acesso em: 18 de março de 2007.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.
- BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 1 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L6938org.htm>>. Acesso em 18 de março de 2007.
- CAI, X.; McKinney, D.C.; Lasdon, L.S. **Piece-by-piece approach to solving large nonlinear water resources management models**, Journal of Water resources Planning and Management, p.363-368
- CAMPOS, N., STUDART, T. M. C. A Cobrança pelo uso da Água. In: _____. (Ed(s)). **Gestão das águas: Princípios e práticas**. Porto Alegre – RS: ABRH, 2003. p. 113-126.
- CARRERA-FERNADEZ, J. **A Valoração da água e a Cobrança pelo Uso**. Salvador, UFBA, 2000.
- CARRERA-FERNANDEZ, J. & GARRIDO R. S. **O Instrumento da Cobrança pelo Uso da Água em Bacias Hidrográficas: Uma Análise dos Estudos no Brasil**, Revista Econômica do Nordeste, vol. 31, Fortaleza, 2000.
- CNRH. **Resolução nº 48 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)**, de 21 de março de 2005. Estabelece critérios gerais para a Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br>. Acesso em 28 de julho de 2007.
- DINAR, Ariel; ROSEGRANT, Mark W.; MEINZEN-DICK, Ruth. **Water allocation mechanisms: principles and examples**. The World Bank / Policy Research, Junho de 1997.
- EATON, B. C. & EATON, D. F. **MicroEconomia**, Sexta Edição, Editora Saraiva, São Paulo. ISBN: 85-02-02718-2.
- FERREIRA, P. M. & CARRERA-FERNANDEZ J. **Otimização Econômica dos Recursos Hídricos ao Nível de Bacia Hidrográfica: Um Estudo de Caso para a Bacia do Rio Formoso, na Bahia**. Anpec 2003.
- FORGIARINI, Francisco R.. **Modelagem da Cobrança pelo Uso da Água Bruta para Aplicação em Escala Real na Bacia do Rio Santa Maria**. Dissertação, UFSM, Fevereiro de 2006.
- GAMA, Ana Maria C. de F. **Avaliação da Agenda 21 da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama**. Dissertação, UFPE, Dezembro de 2003.

- MACÊDO, Renato M. **Cobrança pela Retirada da Água Bruta: Simulação para a Bacia do Rio Paraíba – PB**. Dissertação, UFCG, Agosto de 2006.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Recursos Hídricos. Instrumentos da Política (2005)**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/srh/politica/instrumentos/cobranca.html>. Acesso em 14 de setembro de 2007.
- MORAES, M.M.G.A., CIRILO, J. A., SAMPAIO, Y. (2006). **Integração dos componentes econômicos e hidrológico na modelagem de alocação ótima de água para apoio a gestão de recurso hídricos: uma aplicação na bacia do rio Pirapama**, Revista ANPEC. Vol 7 nr. 2.
- MORAES, M. M. G. A., MENDES, G.B, FILHO, B. E. M., AMORIM, C.A, (2007a) **Avaliação de Mecanismos Econômicos Alocativos na Gestão de Bacias Hidrográficas Usando Modelo Econômico-Hidrológico Integrado**, submetido à ANPEC nacional 2007.
- MORAES, M. M. G. A., FILHO, B. E. A, ROCHA, S. P. V. da, (2007b) **Avaliação do Mecanismo de Outorga no Alcance do Ótimo Social Usando Modelagem Econômico-Hidrológica Integrada: O caso da bacia do Rio Pirapama**, submetido à ABRH 2007
- MOTTA, Mirella L. et al. **Estudo de Coeficientes Sazonal Saponibilidade Hídrica na Formulação de Cobrança pela Retirada de água Bruta**. Gravatá – PE: ABRH, 2006.
- MOTTA, Ronaldo Seroa. **Utilização de Critérios Econômicos para a Valorização da Água no Brasil**. Ipea, texto para discussão nº 556, Rio de Janeiro, 1998.
- PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 11.426, de 17 de janeiro de 1997. **Dispõe sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos e o Plano Estadual dos Recursos Hídricos**. Disponível em <<http://www.ana.gov.br/Institucional/ASPAR/legislacaoEstadosDF.asp>>. Acesso em 18 de março de 2007.
- PERNAMBUCO. **Constituição Estadual. Pernambuco**, 1989. Disponível em <<http://www.tce.pe.gov.br/sistemas/constituicao-estadual/>>. Acesso em 18 de março de 2007.
- PINHEIRO J. C. V. & SHIROTA R. **Determinação do Preço Eficiente da Água para Irrigação no Projeto Curu-Paraipaba**, Revista Econômica do Nordeste, vol. 31, Fortaleza, 2000.
- RIBEIRO, M. M. R, **Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água**, Tese de doutoramento, UFRS, Janeiro de 2000.
- ROSEGRANT, M.W.; Ringler, C.; McKinney, D.C.; Cai, X.; Keller, A.; Donoso, G. **Integrated Economic-Hydrologic Water Modeling at the basin scale: The Maipo River Basin**, Agricultural Economics, p.33-46.
- ROSEGRANT, M. W. e BISWANGER, H. P. **Markets in tradable water rights: potential for efficiency gains in developing country water resource allocation**, World Development journal, number 22, pp 1613-1625.
- SILVA, Simone Bezerra da. **Cobrança pelo lançamento de efluentes: Simulação para a Bacia do rio Paraíba – PB**, Dissertação, UFCG, Abril de 2006.
- SOUZA, R. F. P. & JÚNIOR A. G. S. **Valoração Econômica Ambiental: O Caso do Rio Paraíba, Juiz de Fora – MG**. Anpec, 2006.

THOMAS, Patrick Thadeu. **Proposta de uma Metodologia de Cobrança pelo uso da Água Vinculada à Escassez**, Tese de doutoramento, UFRJ, Agosto de 2002.

SPERING, Marcos Von. **Introdução a Qualidade da Águas e ao Tratamento dos Esgotos: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte, UFMG, 1996.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: Princípios Básicos**, Quinta Edição Americana, Editora Campus Ltda, Rio de Janeiro.

Sites Consultados:

www.abrh.org.br

<http://www.cprh.pe.gov.br>

www.hidroweb.ana.gov.br

www.compesa.com.br

<http://www.arpe.pe.gov.br/index.php>

www.periodicos.capes.com.br

www.semargh.gov.br

www.anpec.org.br

<http://www.mma.gov.br>

www.marcadagua.org.br

www.sabesp.com.br