

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**A COBRANÇA EFICIENTE PELA GARANTIA DE DISPONIBILIDADE E PELO  
USO DA ÁGUA: PROPOSTA DE UM MODELO MULTICRITÉRIO DE GESTÃO**

**SÉRGIO BRIÃO JARDIM**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia.

**Orientador: Prof. Antônio Eduardo Leão Lanna, PhD**

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Francisco Carlos Bragança de Souza

Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro

Prof. Dr. Oscar Fernando Osorio Balarine

IPH/UFRGS

PPGEP/UFRGS

FACE/PUCRS

Porto Alegre, setembro de 2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**SÉRGIO BRIÃO JARDIM**

**A COBRANÇA EFICIENTE PELA GARANTIA DE DISPONIBILIDADE E PELO  
USO DA ÁGUA: PROPOSTA DE UM MODELO MULTICRITÉRIO DE GESTÃO**

**Orientador:** Prof. Antônio Eduardo Leão Lanna, PhD

**Porto Alegre,  
2003**

**SÉRGIO BRIÃO JARDIM**

**A COBRANÇA EFICIENTE PELA GARANTIA DE DISPONIBILIDADE E PELO  
USO DA ÁGUA: PROPOSTA DE UM MODELO MULTICRITÉRIO DE GESTÃO**

*Tese submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia*

**Orientador:** Prof. Antônio Eduardo Leão Lanna, PhD

**Porto Alegre,  
2003**

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J37c Jardim, Sérgio Brião  
A cobrança eficiente pela garantia de ter e pelo uso da água disponível no ambiente : proposta de um modelo de gestão / Sérgio Brião Jardim. – Porto Alegre, 2003.  
347 f. : il.

Tese (Doutorado) – Inst. de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, 2003.

1. Hidrologia. 2. Cobrança : Água. 3. Uso da Água. I. Título.

CDU 556.18

Bibliotecária Responsável  
Iara Breda de Azeredo  
CRB 10/1379

**SÉRGIO BRIÃO JARDIM**

**A COBRANÇA EFICIENTE PELA GARANTIA DE DISPONIBILIDADE E PELO  
USO DA ÁGUA: PROPOSTA DE UM MODELO MULTICRITÉRIO DE GESTÃO**

Tese submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia

**Orientador:** Prof. Antônio Eduardo Leão Lanna, PhD

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Francisco Carlos Bragança de Souza      IPH/UFRGS

---

Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro      PPGE/UFGRS

---

Prof. Dr. Oscar Fernando Osorio Balarine      FACE/PUCRS

*Dedicatória*

*Aos meus quatro amores: Zuleika,  
minha esposa, Eugênia e Leonora,  
minhas filhas e Catarina, minha neta.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Antônio Eduardo Lanna, pelos ensinamentos, pela orientação e por ter apontado o rumo certo e oportuno para o desenvolvimento desta pesquisa.

A Francisco Carlos Bragança de Souza, por ter trazido ao nosso meio acadêmico os caminhos atualizados do construtivismo para o apoio à decisão.

A José Luiz Duarte Ribeiro, pela invulgar capacidade de alertar para o que é essencial.

A Oscar Fernando Osorio Balarine, por ter mostrado, pelo exemplo, a importância da humildade científica e a verdadeira utilidade dos nossos estudos e avanços acadêmicos e que, reconhecer o valor dos outros é um caminho seguro para o alcance dos objetivos comuns.

A Pedro Ruas, pela visão de contexto e de futuro, como gestor público.

A Ana Cecília Perroni, Eugenio Miguel Cánepa, João Francisco Giuliani, Luiz Antônio Timm Grassi, Paulo Renato Paim, Percy Baptista Soares Neto e Rogério Dewes, por terem possibilitado incorporar à pesquisa o profundo saber que possuem sobre o tema e as visões de uma larga vivência na questão dos recursos hídricos, voltada para o bem comum.

Aos decisores e componentes do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, pela oportunidade de poder ter participado do processo de apoio à decisão e pelo conhecimento de causa adquirido, indispensáveis para o desenvolvimento da presente pesquisa.

A João Henrique Santos da Silva, pelas valiosas sugestões para a definição do algoritmo do modelo e pela colaboração no desenvolvimento da ferramenta computacional, para a operacionalização do modelo de cobrança desenvolvido na pesquisa.

A Iara Azeredo, pela competência e responsabilidade com que assumiu a formatação do trabalho.



*“Utilizaria 55 minutos para definir o problema e 5 minutos para resolvê-lo”*

Atribuído a Albert Einstein, respondendo sobre o que faria se dispusesse de uma hora para salvar o mundo.

M.S. Basadur

## RESUMO

A iminente cobrança pela garantia de ter água no ambiente e pelo decorrente uso deste recurso natural deve ser condicionada ao quanto e ao que seja outorgado reter e usar. Tem caráter contingencial, somente sendo aplicável se, onde e quando for necessária.

O pretendido é que nada se pague e que haja água para todos em qualquer tempo e lugar, como ocorria no passado. No entanto, este ideal está cada vez mais distante.

Diante desta realidade, o trabalho contém uma proposta de como estruturar o problema da possível cobrança em questão, na forma de uma Hierarquia de Objetivos, por meio do emprego dos Mapas Cognitivos, uma forma de representar com ordenamento e consistência o consenso das preferências dos decisores, a partir dos seus valores e percepções particulares, para os contextos decisórios dos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica.

Complementarmente e para fins de operacionalização do instrumento de gestão proposto, utiliza-se a modelagem multicritério para o estabelecimento das contribuições financeiras, através de cotas de participação, buscando o tratamento justo e proporcional aos usuários, além da constante indução ao uso racional da água.

Uma aplicação real é apresentada, através de simulações, para a região da bacia hidrográfica do rio Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** Meio ambiente; Água; Bacia hidrográfica; Análise multicritério.

## **ABSTRACT**

The imminence of charging to be certain of having water in the environment, and for the resulting use of this natural resource, should be conditioned to how much and what is awarded to keep and use. It is a contingency measure, and only applicable if, where and when necessary.

The intention is that nothing be paid, and that there be water for all at any time and place, as used formerly to be the case. However this ideal is increasingly distant.

Considering this reality, the study contains a proposal of how to structure the problem of possible charging involved, in the form of a Hierarchy of Objectives, by using the Cognitive Maps, a way of representing the consensus of the stakeholders' preferences with ranking and consistency, based on their specific values and perceptions, for the context of decision-making in the River Basin Management Committees.

Complementarily, and for the purpose of implementing the management tool proposed, the multicriteria model is used to establish the financial contribution, by means of participation shares, seeking to treat users in a fair and proportional manner, besides inducing them to use the water rationally.

Simulations are used to present a real-life application for the Santa Maria river basin region, in the State of Rio Grande do Sul.

**Key words:** Environment; Water; River basin; Multicriteria analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Estrutura estratégica de trabalho.....	30
Figura 2.2	Exemplo de <i>estrutura estratégica de trabalho</i> para o processo decisório no âmbito de um Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica (CGBH).....	34
Figura 2.3	Valor dos recursos hídricos.....	57
Figura 2.4	Métodos de valoração monetária da água.....	60
Figura 4.1	Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos.....	75
Figura 4.2	Sistema Estadual de Recursos Hídricos.....	77
Figura 4.3	Preços marginais e externalidades.....	95
Figura 4.4	Hierarquia dos objetivos da cobrança pelo uso da água disponível no ambiente.....	101
Figura 4.5	Análises custo-benefício e custo-efetividade.....	103
Figura 4.6	Demanda pela água disponível no ambiente.....	115
Figura 4.7	Elasticidade-preço da procura pelo uso da água.....	120
Figura 4.8	Custo marginal de racionamento.....	123
Figura 4.9	Processo cognitivo de articulação e pensamento.....	129
Figura 4.10	Pólo presente e pólo oposto psicológico em um conceito.....	136
Figura 4.11	Pólo presente e pólo oposto lógico em um conceito.....	136
Figura 4.12	Construção dos conceitos <i>fim</i> .....	138
Figura 4.13	Construção dos conceitos <i>meio</i> .....	139
Figura 4.14	Conceitos <i>fim</i> conflitantes.....	140
Figura 4.15	Mapas cognitivos individuais dos decisores A e B.....	143
Figura 4.16	Mapa cognitivo agregado dos decisores A e B.....	144

Figura 4.17	Construção do mapa cognitivo congregado e o sistema de valores dos decisores.....	145
Figura 4.18	Mapa cognitivo do autor - exemplo.....	150
Figura 4.19	Teste de independência preferencial ordinal ( <i>taxa de irrigação x localização da captação</i> ).....	162
Figura 4.20	Teste de independência preferencial ordinal ( <i>localização da captação x taxa de irrigação</i> ).....	163
Figura 4.21	Teste de independência preferencial cardinal ( <i>taxa de irrigação x localização da captação</i> ).....	164
Figura 4.22	Teste de independência preferencial cardinal ( <i>localização da captação x taxa de irrigação</i> ).....	164
Figura 4.23	Estrutura do mapa cognitivo.....	168
Figura 4.24	Estrutura da hierarquia dos objetivos.....	168
Figura 4.25	Hierarquia dos Objetivos. Problema exemplo.....	170
Figura 4.26	Função de valor. Níveis <b>bom</b> e <b>neutro</b> .....	176
Figura 4.27	Função de valor. Transformação de escala ( <b>bom</b> e <b>neutro</b> ).....	180
Figura 4.28	Alternativa A: melhor desempenho ( <b>bom</b> ) no Critério 1, pior desempenho ( <b>neutro</b> ) no Critério 2, mantido o nível <b>neutro</b> para os critérios restantes.....	183
Figura 4.29	Alternativa B: pior desempenho ( <b>neutro</b> ) no Critério 1, melhor desempenho ( <b>bom</b> ) no Critério 2, mantido o nível neutro nos critérios restantes.....	183
Figura 4.30	Níveis de desempenho que tornam as alternativas <b>A</b> e <b>B</b> indiferentes, na visão dos decisores.....	184
Figura 5.1	Os usos Pareto-Ótimos da água disponível no ambiente.....	199
Figura 5.2	Evolução esperada para os preços marginais, pela aplicação do modelo de cobrança proposto.....	213
Figura 6.1	Situação e Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso.....	218
Figura 6.2	Mapa cognitivo individual do Estudo de Caso. Decisor 2: Usuário - Agricultura e Pecuária (Grupo I).....	240
Figura 6.3	Mapa Cognitivo Congregado. Estudo de Caso.....	243
Figura 6.4	Hierarquia dos Objetivos. Estudo de caso.....	250

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Usos da água disponível no ambiente.....	49
Quadro 4.1	Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Competências das Entidades (legislação).....	76
Quadro 4.2	Estudos brasileiros sobre cobrança pelo uso da água.....	126
Quadro 4.3	Análise avançada do mapa cognitivo. Linhas de argumentação e ramos.....	156
Quadro 4.4	Escala 1–9 de medidas para variáveis qualitativas, por comparação de <i>i</i> (linha) com <i>j</i> (coluna).....	179
Quadro 6.1	Grupo decisor. Estudo de caso.....	238
Quadro 6.2	Centralidade Cognitiva dos conceitos centrais. Estudo de caso.....	242
Quadro 6.3	Análise avançada do mapa cognitivo congregado. Linhas de argumentação e ramos. Estudo de caso.....	246
Quadro 6.4	Conceitos candidatos a objetivos fundamentais. Estudo de caso.....	247
Quadro 6.5	Confirmação dos objetivos fundamentais. Estudo de caso.....	247
Quadro 6.6	Objetivos-meio. Estudo de caso.....	248

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	<i>Centralidade</i> de um conceito.....	151
Tabela 5.1	Matriz de Avaliação dos usuários, quanto à eficiência no uso da água.....	203
Tabela 6.1	Áreas de cultivo do arroz irrigado. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	220
Tabela 6.2	Número de lavouras, posse da terra e provisão de água para a irrigação. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	221
Tabela 6.3	Estratificação das áreas de cultivo de arroz irrigado, por município. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	222
Tabela 6.4	Estratificação das áreas de cultivo de arroz, com relação à área irrigada total. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	223
Tabela 6.5	Fatores de prejuízo na orizicultura. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	224
Tabela 6.6	Nível de sistematização das lavouras de arroz irrigado. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso.....	227
Tabela 6.7	Demandas de águas superficiais – Período de verão. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	229
Tabela 6.8	Composição do Comitê de Gerenciamento da Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso.....	231
Tabela 6.9	Critério de avaliação C1-vazão de captação no curso d’água. Função de valor. Níveis bom e neutro.....	254
Tabela 6.10	Critério de avaliação C2-vazão de captação em represa. Função de valor. Níveis bom e neutro.....	255
Tabela 6.11	Transformação de escala. Valores de $\alpha$ e $\beta$ . Estudo de caso.....	256
Tabela 6.12	Transformação de escala (bom e neutro). Critério de avaliação C1-vazão captada no curso d’água.....	256
Tabela 6.13	Transformação de escala (bom e neutro). Critério de avaliação C2-captção em represa.....	257

Tabela 6.14	Relações de troca (“trade-offs”) entre os critérios de avaliação. Uso-captação. Estudo de caso.....	257
Tabela 6.15	Ponderação dos critérios de avaliação para o uso-captação. Estudo de caso.....	259
Tabela 6.16	Relações de troca (“trade-offs”) entre os critérios de avaliação. Uso-poluição. Estudo de caso.....	259
Tabela 6.17	Ponderação dos critérios de avaliação para o uso-poluição. Estudo de caso.....	260
Tabela 6.18	Matriz de Avaliação dos usuários da água-uso captação. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	261
Tabela 6.19	Matriz de Avaliação dos usuários da água-uso poluição. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	262
Tabela 6.20	Classificação dos usuários da água-uso captação - distâncias. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	263
Tabela 6.21	Classificação dos usuários da água-uso poluição - distâncias. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	264
Tabela 7.1	Simulação 1: custo estimativo para revisão e atualização do cadastro de usos e usuários. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso.....	267
Tabela 7.2	Simulação 3 - inclusão de 100 novos usuários orizicultores. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	276
Tabela 7.3	Simulação 3 - expansão da área de cultivo de arroz. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso.....	276
Tabela 7.4	Custo estimativo para implantação e custeio do Comitê de Gerenciamento no primeiro ano. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso.....	281



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEMÁTICA, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS.....</b>	<b>23</b>
2.1	O CONTEXTO DECISÓRIO NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS....	23
2.1.1	<b>A necessidade de pensar e agir estrategicamente.....</b>	<b>26</b>
2.2	OS PROBLEMAS COMPLEXOS.....	33
2.2.1	<b>Os valores dos decisores.....</b>	<b>38</b>
2.2.2	<b>As ações no processo decisório.....</b>	<b>39</b>
2.2.3	<b>As variáveis de controle.....</b>	<b>40</b>
2.2.4	<b>A avaliação.....</b>	<b>41</b>
2.3	USOS, VALOR E PREÇOS DA ÁGUA.....	44
2.3.1	<b>Os usos da água.....</b>	<b>48</b>
2.3.2	<b>O valor da água.....</b>	<b>55</b>
2.3.3	<b>A valoração monetária da água.....</b>	<b>58</b>
2.4	OS OBJETIVOS.....	63
2.4.1	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>63</b>
2.4.2	<b>Objetivo específico.....</b>	<b>63</b>
2.5	JUSTIFICATIVAS PARA A PESQUISA.....	64
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA ADOTADA.....</b>	<b>67</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>68</b>
4.1	OS SISTEMAS E MODELOS DECISÓRIOS NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	68

<b>4.1.1</b>	<b>O Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos e o do Estado do Rio Grande do Sul.....</b>	<b>74</b>
<b>4.1.2</b>	<b>A evolução dos modelos decisórios na gestão dos recursos hídricos.....</b>	<b>78</b>
<b>4.2</b>	<b>OS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....</b>	<b>84</b>
<b>4.2.1</b>	<b>A cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água do ambiente.....</b>	<b>93</b>
4.2.1.1	Objetivos da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água do ambiente.....	98
4.2.1.2	Modalidades de cobrança.....	100
4.2.1.3	Estudos de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água no Brasil.....	124
<b>4.3</b>	<b>A ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS.....</b>	<b>127</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Os mapas cognitivos.....</b>	<b>128</b>
4.3.1.1	Classificação e conceito dos mapas cognitivos.....	130
4.3.1.2	Construção do mapa cognitivo individual.....	132
4.3.1.3	Construção do mapa cognitivo de grupo.....	140
<b>4.3.2</b>	<b>A análise dos mapas cognitivos.....</b>	<b>146</b>
4.3.2.1	A análise básica.....	147
4.3.2.2	Análise de transição.....	152
4.3.2.3	Análise avançada.....	155
<b>4.3.3</b>	<b>Os objetivos estratégicos.....</b>	<b>157</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Os objetivos fundamentais.....</b>	<b>157</b>
<b>4.3.5</b>	<b>A Hierarquia dos Objetivos.....</b>	<b>167</b>
<b>4.4</b>	<b>OPERACIONALIZAÇÃO DOS OBJETIVOS FUNDAMENTAIS.....</b>	<b>171</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Os critérios de avaliação do modelo multicritério.....</b>	<b>171</b>
4.4.1.1	A escolha do conjunto de critérios de avaliação.....	172
4.4.1.2	Propriedades dos critérios de avaliação.....	173
4.4.1.3	Funções de valor.....	174
4.4.1.4	Escalas originais de medidas dos critérios de avaliação.....	177

4.4.1.5	Transformação de escala (níveis <b>bom</b> e <b>neutro</b> ).....	179
4.4.1.6	Ponderação global dos critérios de avaliação.....	180
4.5	A AVALIAÇÃO NO PROCESSO DECISÓRIO.....	186
<b>4.5.1</b>	<b>Justificativas para a escolha do método multicritério da Programação de Compromisso.....</b>	<b>187</b>
<b>5</b>	<b>O MODELO DE COBRANÇA PROPOSTO.....</b>	<b>195</b>
5.1	O QUE HÁ DE INOVAÇÃO NA PROPOSTA.....	195
5.2	A CONCEPÇÃO DO MODELO.....	197
<b>5.2.1</b>	<b>Os usos Pareto-Ótimos.....</b>	<b>197</b>
5.2.1.1	A eficiência distributiva.....	200
5.2.1.2	A eficiência econômica.....	201
<b>5.2.2</b>	<b>A formulação matemática do modelo.....</b>	<b>201</b>
5.2.2.1	A utilização do conceito multicritério.....	204
5.2.2.2	O método adotado para a classificação dos usuários da água.....	205
5.2.2.3	As cotas de participação.....	207
<b>5.2.3</b>	<b>A questão da distribuição espacial e o alcance das intervenções.....</b>	<b>208</b>
<b>5.2.4</b>	<b>A inclusão e saída de usuários.....</b>	<b>209</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Reclassificação geral periódica dos usuários.....</b>	<b>209</b>
5.3	A DISPOSIÇÃO (ACEITAÇÃO) A PAGAR PELA GARANTIA DA DISPONIBILIDADE E PELO USO DA ÁGUA.....	210
5.4	A CONTRIBUIÇÃO FINANCEIRA.....	213
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA-RS.....</b>	<b>217</b>
6.1	ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E DE USO DO SOLO.....	218
6.2	BALANÇO HÍDRICO NO PERÍODO DE ESTIAGEM.....	224
6.3	A EFICIÊNCIA ATUAL NO USO DA ÁGUA.....	225
6.4	OS USUÁRIOS DA ÁGUA.....	229
6.5	O COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA.....	229

6.6	ESTUDOS E PROJETOS JÁ DESENVOLVIDOS E EM ANDAMENTO NA REGIÃO.....	233
6.7	O PROJETO RIO SANTA MARIA: A COBRANÇA COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS.....	234
6.8	A ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA.....	236
<b>6.8.1</b>	<b>Definição e formulação do problema.....</b>	<b>236</b>
<b>6.8.2</b>	<b>Os decisores.....</b>	<b>237</b>
<b>6.8.3</b>	<b>Os valores dos decisores.....</b>	<b>238</b>
6.8.3.1	Os Mapas Cognitivos individuais.....	239
6.8.3.2	O Mapa Cognitivo Congregado.....	241
6.8.3.3	Objetivo estratégico.....	244
6.8.3.4	Estratégias emergentes (Áreas de interesse).....	245
6.8.3.5	Linhas de argumentação e ramos.....	245
6.8.3.6	Objetivos fundamentais.....	246
6.8.3.7	Objetivos-meio.....	247
<b>6.8.4</b>	<b>A Hierarquia dos Objetivos.....</b>	<b>249</b>
6.9	A ESCOLHA DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	249
<b>6.9.1</b>	<b>As funções de valor.....</b>	<b>254</b>
<b>6.9.2</b>	<b>Transformação de escala.....</b>	<b>255</b>
<b>6.9.3</b>	<b>Ponderação dos Critérios de Avaliação.....</b>	<b>257</b>
6.10	AS ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA.....	260
6.11	A AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DOS USUÁRIOS DA ÁGUA..	260
6.12	CLASSIFICAÇÃO DOS USUÁRIOS DA ÁGUA E COTAS DE PARTICIPAÇÃO.....	263
<b>7</b>	<b>OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO, RESULTADOS E CONDICIONANTES.....</b>	<b>265</b>
7.1	SIMULAÇÃO 1.....	266
7.2	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 1.....	268

7.3	SIMULAÇÃO 2.....	268
7.4	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 2.....	271
7.5	SIMULAÇÃO 3.....	274
7.6	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 3.....	277
7.7	SIMULAÇÃO 4.....	278
7.8	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 4.....	279
7.9	SIMULAÇÃO 5.....	280
7.10	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 5.....	281
7.11	CONDICIONANTES.....	282
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>283</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>288</b>
	<b>APÊNDICE A – MAPAS COGNITIVOS INDIVIDUAIS. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>300</b>
	<b>APÊNDICE B - FUNÇÕES DE VALOR. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>307</b>
	<b>APÊNDICE C - FUNÇÕES DE VALOR. ESCALA TRANSFORMADA. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>310</b>
	<b>APÊNDICE D - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>313</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O atual modelo brasileiro de gestão dos recursos hídricos define a água como um recurso natural escasso e com valor econômico, pelo que está disposto na Lei Federal nº 9.433/97 (art.5). O referido preceito legal, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, também estabelece que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e com ampla participação, em um contexto decisório onde a comunidade, os usuários e o poder público devem definir os problemas e escolher as soluções para os mesmo, sendo a bacia hidrográfica a unidade de planejamento.

O modelo de gestão, que tem como pressuposto o entendimento por parte dos atores do processo decisório, deve ser suportado por uma consistente base comum de dados e possibilitar um efetivo processo de negociação entre as partes envolvidas.

Um dos instrumentos de gestão previsto na Política Nacional dos Recursos Hídricos, recentemente instituída, é a cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, objeto de estudo principal deste trabalho, na forma de uma proposta de modelagem.

A necessidade de um tratamento justo e equitativo a ser dispensado aos usuários da água, considerados seus conflitos de interesses, diferenças de poder, valores, crenças e cultura, além da influência da conjuntura político-econômica vigente e do momento em que o processo decorre, têm gerado muita controvérsia em termos de como implementar a referida cobrança, como instrumento de gestão.

A par do exposto, também há que se levar em conta a presença dos múltiplos decisores e atores do contexto decisório, notadamente nos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, campo de aplicação da pesquisa desenvolvida nesta tese.

Sendo assim, pode-se depreender que os problemas que ocorrem na gestão dos recursos hídricos, como também no âmbito dos comitês de gerenciamento de bacia hidrográfica, podem ser caracterizados como de grande complexidade. Essa realidade freqüentemente tem sido evidenciada na constatação de problemas mal estruturados, às vezes inexistentes, com conseqüentes decisões incompletas, ineficazes e intempestivas.

O objetivo geral desta pesquisa é a apresentação de uma sistemática para a estruturação de problemas complexos que considere, além da experiência dos decisores, os aspectos subjetivos representados pelos valores desses, suas crenças e culturas, através de uma visão que valorize o aprendizado e a efetiva participação ao longo do processo de apoio à decisão.

Naturalmente, os resultados da abordagem sistemática, indispensável para a adequada estruturação dos problemas complexos, comumente encontrados na gestão dos recursos hídricos, concluem pela fixação de múltiplos objetivos fundamentais a serem alcançados, a curto, médio e longo prazos.

Um outro produto que surge ao longo da fase de estruturação, também como um dos resultados construtivos no processo de apoio à decisão, são as ações ou alternativas de solução do problema em questão. A solução do problema é obtida através da avaliação de cada uma dessas ações, ou alternativas de solução, por meio da medida de desempenho de cada uma delas em termos de atendimento simultâneo da totalidade dos múltiplos objetivos pretendidos, nos tempos considerados, o que pode ser materializado por meio da utilização de um modelo multicritério, que constitui o objetivo específico do presente trabalho.

No capítulo 2 apresentam-se a problemática, os objetivos e as justificativas do trabalho. Inicialmente, apresenta-se a problemática dos atuais modelos de gestão, os aspectos funcionais das instituições vinculadas à área e considerações sobre a necessidade de uma abordagem estratégica para a gestão dos recursos hídricos.

Na mesma linha de enfoque, reconhece-se a complexidade dos problemas que ocorrem na gestão dos recursos hídricos, caracterizando os valores dos decisores, as ações do processo decisório, as variáveis e a fase de avaliação, considerada a multiplicidade de objetivos conflitantes por natureza em ambientes de grande mutabilidade, onde há muitos interesses em jogo. Trata-se, também, através de uma abordagem conceitual, da problemática da cobrança pelo uso da água disponível no ambiente, considerados os variados usos, o valor desse bem público, a questão do preço da água e as dificuldades de implementação desse instrumento de gestão. Seguem os objetivos e, finalizando, as justificativas para a pesquisa.

No capítulo 3, descreve-se a metodologia adotada na pesquisa.

No capítulo 4, apresenta-se o referencial teórico, as características metodológicas existentes para a abordagem, estruturação e solução de problemas complexos na gestão de recursos hídricos, mais especificamente no que diz respeito à cobrança pelo uso da água, incluída a experiência brasileira. São analisados os sistemas e modelos decisórios na gestão dos recursos hídricos, apresentando-se uma síntese sobre a evolução desses modelos.

O capítulo 5 contém a concepção e formulação do modelo de cobrança proposto, a forma de estruturação de problema adotada e a sistemática de avaliação, através da análise multicritério.

O capítulo 6 traz a contextualização, as características e o desenvolvimento do caso estudado. Neste capítulo, define-se o contexto decisório, materializado na bacia hidrográfica do rio Santa Maria-RS. São apresentados os aspectos físicos, climatológicos, sócio-econômicos e de uso do solo e da água. Além das informações sobre a situação do balanço



hídrico e dos aspectos qualitativos na bacia hidrográfica e da caracterização dos usuários da água, relata-se um histórico da formação e principais ações do Comitê de Gerenciamento da bacia.

Segue-se com a descrição e caracterização do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria, em termos de composição do corpo de decisores.

Na seqüência, trata-se da estruturação do caso estudado, que compreende a definição e formulação do problema e a construção da hierarquia dos objetivos, seguindo com a caracterização das ações no processo decisório e o estabelecimento e ponderação das variáveis ou critérios de avaliação dessas ações.

A seguir, apresenta-se a fase de avaliação das ações na solução do problema estudado, compreendendo a construção da matriz de avaliação e a classificação das ações consideradas no processo decisório.

No capítulo 7, apresenta-se a operacionalização computacional do modelo. A partir da utilização de uma base de dados construída por adaptação de um arquivo real de dados, são apresentados os resultados de simulações de algumas situações passíveis de ocorrência e as limitações de utilização do modelo, principalmente no que diz respeito à utilização para as realidades de outras bacias hidrográficas, sem a indispensável adequação da lógica operacional do modelo para cada nova situação.

A conclusão do trabalho é apresentada no capítulo 8.

## **2 PROBLEMÁTICA, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS**

A finalidade deste capítulo é apresentar um preâmbulo sobre as questões reconhecidamente complexas que configuram o escopo básico da pesquisa desenvolvida na presente tese. Essas questões referem-se, inicialmente, aos aspectos institucionais do quadro atual do contexto decisório, no que concerne à gestão dos recursos hídricos.

Na seqüência, são apresentadas as características do que se entende por problemas complexos e sua estruturação, os valores dos decisores, as ações, as variáveis e a avaliação no processo de apoio à decisão. Também, apresenta-se a problemática que refere à cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água disponível no ambiente, como instrumento de gestão dos recursos hídricos, finalizando com a indicação dos objetivos e as justificativas para a pesquisa desenvolvida.

### **2.1 O CONTEXTO DECISÓRIO NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Segundo Lanna (1996a, p. 8), a causa principal dos problemas ambientais é a inadequação dos processos de gerenciamento.

Os problemas ambientais brasileiros, e também mundiais, decorrem, em grande parte, das carências do processo decisório que orienta a utilização dos recursos ambientais, particularmente no que se refere à articulação e coordenação das ações e à participação da sociedade interessada na negociação que orienta a tomada de decisão.

O atual nível de degradação e uso não racional dos recursos hídricos não se justifica somente por falta ou inadequação do conhecimento científico e dos meios tecnológicos de prevenção e controle, mas, principalmente, pela falta de articulação institucional na utilização dos meios necessários ao equacionamento e solução dos problemas.

Os setores públicos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos e pelo fomento à pesquisa ainda não apresentam uma adequada ação conjunta para que seja propiciada uma gestão eficiente, considerada a gravidade da situação, principalmente no que diz respeito à escassez de água disponível no ambiente. Tanto no que concerne à disponibilidade quantitativa, quanto à qualidade.

Também cabe afirmar que a tão desejada gestão efetiva dos recursos hídricos ainda não alcançada não se deve à incompetência de administradores, técnicos, juristas e legisladores, mas, isto sim, à inadequação, em termos de concepção e formas de implementação, dos modelos de gestão até agora adotados.

Segundo Lanna (1996b, p. 1),

a gestão dos recursos hídricos deve ser uma atividade analítica e criativa, voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientados e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões, que tem por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos.

Existem vários instrumentos legais que detalham e disciplinam as atividades do setor e que são provenientes de um modelo de gestão das águas orientado por tipos de uso, o que estabelece conflitos, superposições e desarticulação da legislação, exigindo, portanto, avaliações e aperfeiçoamento desses instrumentos, o que torna a gestão dos recursos hídricos uma atividade extremamente complexa.

O contexto decisório em questão deve sua complexidade à presença de eventos como o conflito de interesses e condicionantes de ordem social, institucional ou legal, a limitação dos recursos naturais ou financeiros, a multiplicidade de usuários e de potenciais interessados no uso da água, consideradas as diferenças de poder e culturais. Ocorrem, também, um alto

grau de interconexão dos problemas e possíveis soluções, em termos espaciais, temporais e institucionais, objetivos não mensuráveis precisamente, mal definidos, ou inexistentes, a presença de problemas mal estruturados, devido à falta de informações, cultura e questões institucionais e à conjuntura sócio-político-econômica presente no momento em que o processo decisório se desenvolve.

Este contexto impõe a necessidade de uma visão plurianual e de longo prazo, supra-partidária, em termos políticos, considerada a forte mutabilidade da sociedade. Esse conjunto de ações a longo prazo deve ser um processo contínuo de julgamentos e decisões, fortemente caracterizado pelo aprendizado, para que possa atender, de forma efetiva, às novas situações, em um futuro completamente incerto.

Cánepa, Grassi e Có (1994, p. 16), relatando as atividades do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, referentes aos sete anos de existência, à época, concluíam pela delimitação de uma estratégia pela qual “já que não se podia proceder ao efetivo gerenciamento dos recursos hídricos, estabeleciam-se programas de atuação que, a longo prazo, conduziriam ao mencionado gerenciamento”. Essa estratégia tem garantido a atividade permanente de um grupo de pessoas e entidades, apesar da limitação dos recursos que têm sido disponibilizados, embora em trabalho voluntário, que depende da vontade de técnicos, líderes comunitários e apoio de autoridades e entidades isoladas.

Com relação aos comitês de gerenciamento de bacia hidrográfica, também é oportuno registrar as considerações emitidas por Vainer e Araújo (1992, p. 12), que alertam para o fato de que a constituição dessas entidades também tem apresentado limitações para as soluções de conflitos no uso da água disponível no ambiente. Os referidos autores argumentam no sentido de que, embora instituídos por lei como um parlamento das águas, os comitês “acabam sendo espaços de negociação e/ou legitimação dos interesses do setor hegemônico”. Tal afirmativa é justificada pela assimetria de poderes entre os diferentes participantes (“massa de poder

absolutamente desproporcional”), os empreendedores com uma unidade total de objetivos e interesses tendo, de outro lado, as forças regionais heterogêneas, incapazes de expressar a complexidade regional. Essas condições transformam, muitas vezes, a participação em uma operação “meramente formal”.

Lanna (2000, p. 56), ao reconhecer que a estrutura gerencial, formalizada através do Sistema Nacional de Recursos Hídricos com base na substituição jurídico-constitucional recente, ainda não está em operação na forma como foi concebida, justifica tal fato por tratar-se de um processo lento de aperfeiçoamento. Também argumenta que “o amadurecimento e fortalecimento institucional levam tempo para ser concretizados, mas que o processo que levará a um modelo sistêmico de gestão dos recursos hídricos é irreversível e caminha gradualmente para sua implementação”.

Pelo exposto, pode-se concluir que a busca de uma gestão efetiva dos recursos hídricos passa, muito antes, pela cultura e desenvolvimento do *pensar e agir* estrategicamente do que por planos estratégicos fechados e acabados, na visão de algumas pessoas, em contextos decisórios alternativos para determinados momentos.

Entendemos que a sucessão desses eventos isolados, sem uma visão ampla e sistemática, no tempo e no espaço, com atores diferentes, tem sido a causa principal da aludida falta de articulação institucional e da sensação do sempre *recomeçar da estaca zero*.

### **2.1.1 A necessidade de pensar e agir estrategicamente**

Originada do grego “strategos”, *estratégia* é um termo que define a arte de planejar e combinar um conjunto amplo de ações, com habilidade e astúcia, visando à garantia

permanente de meios efetivos de alcance de objetivos estratégicos bem definidos, em qualquer época.

Segundo Keeney (1992, p. 44),

a *oportunidade de decisão*, quando usada como meio de estruturação dos objetivos estratégicos, representa um imenso potencial de apoio à decisão, que pode ser repetidamente utilizado como uma base segura, como um ponto de referência estável para atenuar as turbulências no contexto decisório.

A gestão dos recursos hídricos, atividade reconhecidamente complexa, que tem a bacia hidrográfica como unidade de planejamento (um enfoque discutível, como será comentado adiante), impõe uma abordagem sistemática a ser sustentada por uma *estrutura estratégica de trabalho*, que leve em conta, permanentemente, os valores dos decisores, as ações e as informações possíveis do contexto de decisão, considerado o momento em que o processo se desenvolve.

Lanna (2000, p. 21), ao historiar a evolução dos modelos de gestão dos recursos hídricos, reconhece a água como “um bem estratégico, gerido em torno da bacia hidrográfica como unidade geográfica ideal de planejamento, gestão e intervenção”.

Segundo Kirkwood (1997, p. 3), a abordagem estratégica do processo decisório deve seguir, basicamente, as seguintes fases:

- a) amplificação dos objetivos e escalas para medida de atendimento a esses objetivos;
- b) desenvolvimento de alternativas que, potencialmente, possam atender aos objetivos;
- c) determinação do desempenho de cada alternativa no atendimento do conjunto dos objetivos;
- d) consideração das *relações de troca* (“trade-offs”) entre os objetivos;
- e) seleção da alternativa que, no balanceamento, melhor atenda ao conjunto dos objetivos, levando em conta as incertezas.

Quando não há clareza com relação aos objetivos, é difícil tomar decisões com convicção. Diz que “para quem não sabe para onde está indo, qualquer caminho serve”.

Segundo Eden e Ackermann (1998, p. 3), “é importante desenvolver a capacidade de flexibilidade decisional a longo prazo e o oportunismo estratégico ao invés de planos de longo alcance”.

Para um indivíduo, o objetivo estratégico pode ser *maximizar a qualidade de vida*, embora não seja fácil definir esse conceito. O conjunto de seus valores, crenças e visão de mundo, considerada a influência do meio, constituem o contexto decisório. O contexto decisório pode ser definido de uma forma mais abrangente, como o conjunto de circunstâncias que acompanham o processo decisório. Diante disto, é fundamental construir uma *estrutura estratégica de decisões*.

Raramente as decisões plausíveis se encontram no nível estratégico. É necessário reduzir a abordagem, visando a uma parte do contexto decisório estratégico, definindo o *contexto decisório local* para situações específicas.

Por interpretação e adaptação do que afirmam Eden e Ackermann (1998, p. 34), pode-se definir como *estratégia efetiva* um conjunto coerente de ações discretas em apoio a um sistema bem estruturado de objetivos e suportadas por uma equipe de decisores qualificados e representativa da opinião de consenso no contexto decisório, em qualquer momento.

O caráter dinâmico e contingente do que se define como *estratégia* justifica o argumento que intitula este item, no sentido da necessidade de *pensar e agir estrategicamente*, ao invés da adoção do tradicional planejamento estratégico. Bem de acordo com a mutabilidade e incerteza que caracterizam os contextos decisórios na gestão dos recursos hídricos, a par da exigida descentralização participativa, instituída pela Lei Federal nº 9433.

O *pensar e agir* estrategicamente é um processo que trata de pessoas criando resultados através da negociação e não, simplesmente, de resultados. Que faz com que surja e se desenvolva o *pensamento criativo*, o caminho mais eficaz para que os decisores tenham novas percepções sobre os seus problemas e passem a estruturá-los e resolvê-los com outras visões, que não apenas aquelas desde há muito arraigadas.

Embora manifestando um posicionamento contrário, Eden e Ackermann (1998, p. 4) dão conta de que muitos especialistas em estratégia afirmam que investidores têm encontrado dificuldades para obtenção de financiamentos para empresas que não demonstrem possuir uma estratégia organizacional. A propósito, em matéria jornalística recente sobre o projeto *Brasil de Cara Limpa*, tornou-se ciência de que o Banco Mundial ofereceu, em 1997, U\$ 40 milhões para as empresas de saneamento básico. “Quase 100% do dinheiro permaneceu intacto, porque as empresas brasileiras não se enquadram nas exigências técnicas mínimas para receber os empréstimos”. (Segundo o geólogo Aldo Rebouças. *In*: País distribui mal a água. Correio do Povo de 22/07/2001). Dentre as referidas exigências, o Banco Mundial determina que as empresas tenham um máximo de 20% de perdas nas redes de distribuição de água.

Segundo Weik (1983, p. 222), estratégia significa *agir refletidamente*. Vale dizer que as decisões devem desenvolver uma habilidade para agir rapidamente sem interrupções para análise, com as ações decorrendo de uma *estrutura mental de trabalho* antecipadamente construída, servindo as ações como base de informação para pensamento e ação futuros.

A abordagem estratégica, em termos de pensamento e ação, conduz à redução do receio de ameaças, da sensação de elevada incerteza e do grau de suposição de dependência de fatores externos.

Esquemáticamente, a Figura 2.1 representa a dinâmica do que foi definido como *estrutura estratégica de trabalho*, diante de problemas complexos.



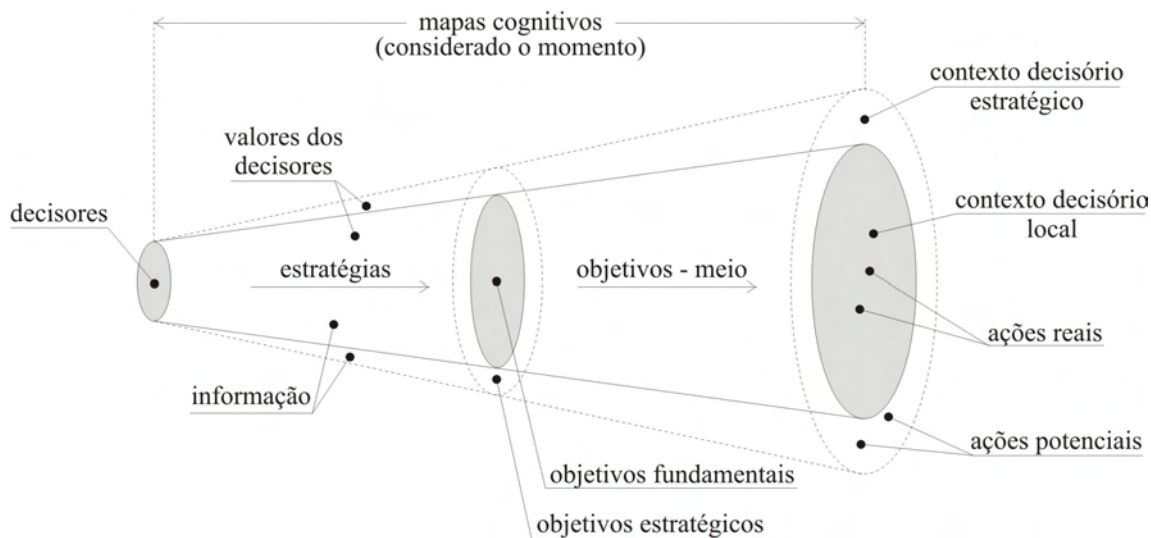


Figura 2.1: Estrutura estratégica de trabalho

Fonte: Interpretação do autor, com base em Keeney (1992, p. 37-48), Eden e Ackermann (1998, p. 284-302) e Montibeller Neto (1996, p. 34-37)

A *estrutura estratégica* de trabalho pode ser, ao mesmo tempo, uma referência e guia que possibilita uma sólida estruturação do problema a ser resolvido, considerados os valores dos decisores, as ações e as informações possíveis do contexto de decisão.

Os *objetivos fundamentais* são as especificações qualitativas dos valores mais importantes dos decisores. São a base do processo de decisão e essenciais para a orientação às ações, através dos *objetivos-meio* que os especificam, para o desenvolvimento dos modelos que possibilitam a avaliação das ditas ações no atendimento dos *objetivos estratégicos*, também definidos no processo de decisão.

Os *objetivos estratégicos* são os valores mais elevados estabelecidos pelos decisores e que exigem interpretação para poderem ser operacionalizados. Esses objetivos deveriam guiar, permanentemente, o processo decisório, em quaisquer cenários e momentos.

Segundo Ensslin et al. (1998, p. I-3), “as ações referem-se àqueles objetos, decisões, candidatos, alternativas, que serão explorados durante o processo decisório”.

As *ações reais* são aquelas originadas de um projeto completamente desenvolvido, que pode ser executado. As *ações potenciais* são aquelas que têm sua implementação

razoavelmente prevista sendo que, fundamentalmente, é sobre o conjunto dessas ações potenciais que o processo de apoio à decisão ocorre.

O processo cognitivo, através da construção dos **Mapas Cognitivos**, é uma ferramenta usada para a definição, formulação e estruturação de problemas. Tem por fundamento a cognição humana, um conceito geral que alcança todas as formas de conhecimento, incluídos a percepção, o raciocínio e o juízo de valor. Os mapas cognitivos são a representação gráfica do resultado da interpretação mental que o analista (facilitador) faz a partir da representação discursiva feita pelo decisor sobre um problema. Trata-se de um processo *discursivo-reflexivo-recursivo*. A construção e uso desta ferramenta estão descritos adiante, na parte que trata da estruturação de problemas complexos, no item 4.3 Estruturação de Problemas Complexos.

Essencialmente, segundo Keeney (1992, p. 40), “o conjunto dos objetivos fundamentais e o contexto decisório fornecem a estrutura do processo decisório”.

Para uma situação específica, o *contexto decisório local* possibilita a definição de um conjunto de ações reais, que terão seus desempenhos avaliados visando ao atendimento conjunto e simultâneo de um elenco delimitado de objetivos fundamentais.

De uma forma mais ampla e dinâmica, os decisores têm, diante de si, um quadro do processo decisório dentro de uma visão estratégica, existindo, de um lado, o *contexto decisório estratégico*, que é definido pelo conjunto de todas as *ações potenciais* passíveis de ocorrência e implementação e, de outro lado, os *objetivos estratégicos*, que surgem de uma visão mais abrangente, obtida por uma exploração mais profunda dos valores dos decisores, a partir do conjunto de objetivos fundamentais, ao longo da implementação das ações reais definidas para a situação específica inicial.

Contextualizando a questão para a área da gestão dos recursos hídricos, com foco no campo de desenvolvimento da presente pesquisa, caracterizam-se os conceitos apresentados, para uma melhor elucidação do que se entende por *estrutura estratégica de trabalho*.

Tomando o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria como o cenário onde se desenvolve o processo decisório, considere-se, como *contexto decisório local*, o conjunto de circunstâncias representado pela Política Estadual de Recursos Hídricos, a preocupante e crescente escassez da água no ambiente, a crescente demanda de água para irrigação das lavouras e a indissociável questão da equidade social.

Os principais usuários da água, os orizicultores, podem ser admitidos como *ações reais*, as alternativas de solução, entendidas como meios de alcance conjunto e simultâneo dos *objetivos fundamentais* definidos na fase de estruturação do problema. Podem ser admitidos, como objetivos fundamentais, por exemplo, a *minimização da captação de água diretamente no rio, na estiagem* e a *maximização do volume de armazenamento de água, na entre-safra*.

Como *objetivos-meio*, podem ser considerados, exemplificando, a *sistematização da lavoura* e a *construção de açudes*, como formas de atendimento conjunto e simultâneo dos objetivos fundamentais estabelecidos.

As medidas de desempenho das alternativas de solução (os usuários-orizicultores), em termos de atendimento dos objetivos fundamentais, seriam obtidas através da fixação de variáveis, os *critérios de avaliação*. Para avaliação do nível de atendimento do primeiro dos objetivos fundamentais, poderia ser utilizado o critério de avaliação *porcentagem de área sistematizada na lavoura* e, para o segundo, *vazão captada em represas*.

Ao longo do processo decisório, através da discussão e negociação no Comitê de Gerenciamento, a ampliação do contexto decisório ocorre naturalmente. A inclusão gradual dos demais tipos de usuários da água na região da bacia hidrográfica (as ações potenciais), respeitados os múltiplos usos da água, os decorrentes conflitos de interesses, a

heterogeneidade do novo universo de atores envolvidos, com suas crenças, culturas, visões e poder econômico, a Política Nacional de Recursos Hídricos e o desejo comum do alcance do *uso eficiente* da água (objetivo estratégico), passam a constituir as novas circunstâncias do *contexto decisório estratégico*.

Na materialização do contexto decisório descrito, podem ser admitidas, como *estratégias*, ao longo de todo o processo decisório, a *informação*, a *inovação* e a *educação ambiental*, por exemplo.

A Figura 2.2 sintetiza uma possível estrutura estratégica de trabalho para o processo decisório no âmbito de um Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica.

Assim pode ser configurada a problemática atual do contexto decisório na gestão dos recursos hídricos.

## 2.2 OS PROBLEMAS COMPLEXOS

A questão da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água disponível no ambiente pode ser caracterizada como complexa devido à multiplicidade e conflitos de uso, às diferenças de poder, crenças, visões e culturas dos usuários, além da irregular disponibilidade da água no espaço e no tempo.

As dificuldades maiores que têm sido encontradas no processo decisório, de uma forma geral na gestão dos recursos hídricos, podem ser potencialmente avaliadas pelas tentativas de solução de situações complexas através da aplicação de modelos computacionais matematicamente precisos, em problemas mal ou não estruturados.

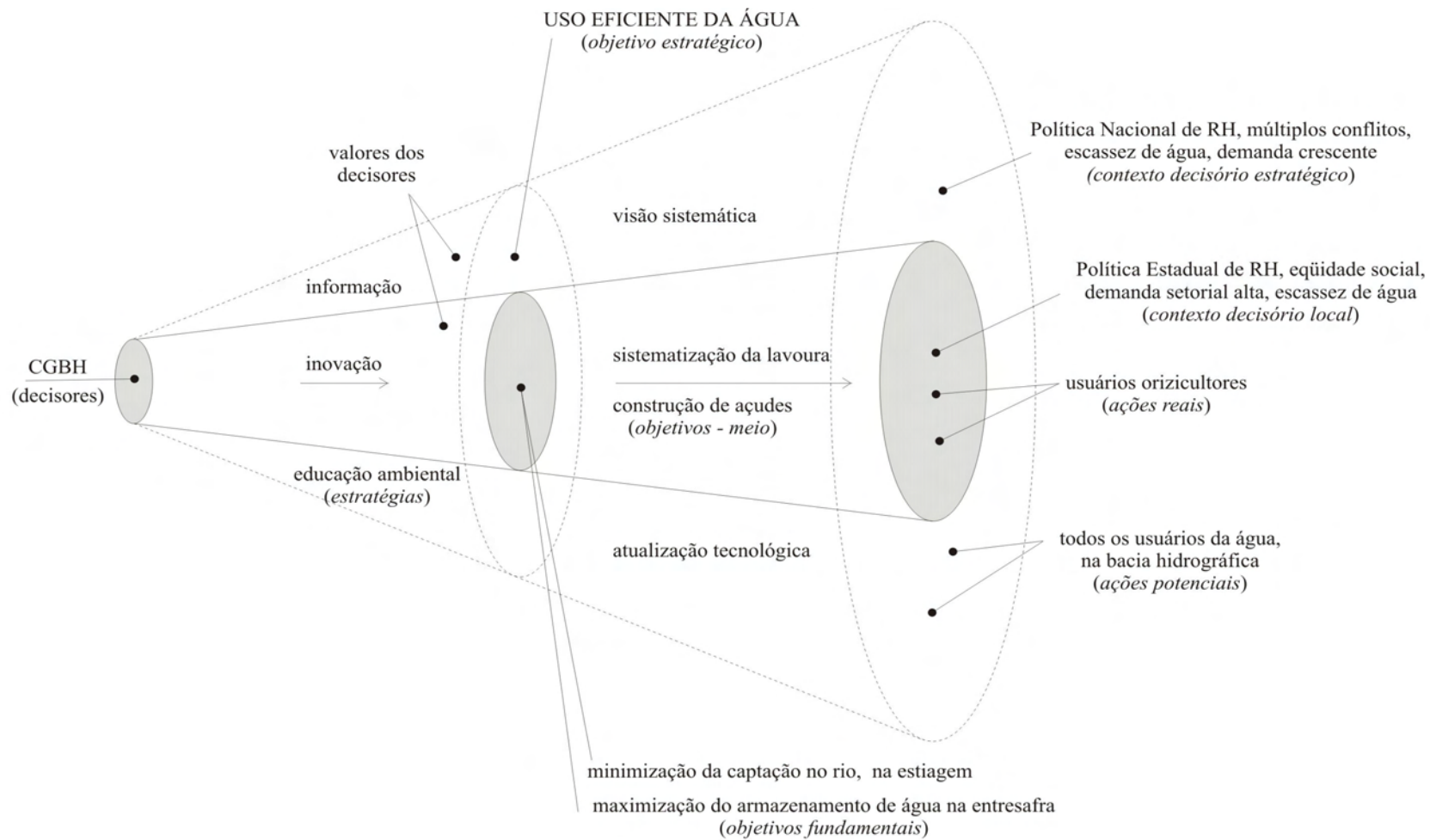


Figura 2.2: Exemplo de *estrutura estratégica de trabalho* para o processo decisório no âmbito de um Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica (CGBH)  
 Fonte: elaborada pelo autor

A valorização da subjetividade, fato cada vez mais presente na gestão do ambiente em especial na área dos recursos hídricos, aliada à convicção do aprendizado e, enfim, do *construtivismo* (ENSSLIN et al., 1998, p. II-2), tem trazido uma maior riqueza de elementos para a análise. Segundo Lanna (1997, p. 25), diante de quadro dessa natureza, a análise deve ser desenvolvida sob uma abordagem sistemática, que o mesmo autor define como um procedimento “relacionado à abstração, ou simplificação, de um problema complexo de maneira que apenas sejam mantidas as informações mais relevantes para a sua solução”.

A questão é: *como definir e escolher de forma legítima, científica e com convicção as referidas informações mais relevantes, com a efetiva participação, entendimento e aceitação dos atores intervenientes no processo decisório, consideradas as inter-relações de dependência e de influência entre as mesmas?*

Porto e Azevedo (1998, p. 45), ao discorrerem sobre Sistemas de Suporte a Decisão (SSD), centram o processo em “uma intensa utilização de bases e dados e modelos matemáticos e na necessária facilidade do diálogo entre o usuário e o computador” e definem esses sistemas de suporte como “sistemas computacionais que têm por objetivo ajudar indivíduos que tomam decisões na solução de problemas não estruturados (ou parcialmente estruturados)”. Esses autores definem problemas não estruturados como “aqueles para os quais não existem soluções através de algoritmos bem definidos o que ocasiona não serem facilmente tratáveis por computador” e indicam a solução através da estreita interação entre homem e máquina.

Ainda segundo Porto e Azevedo (1998, p. 59), podem ser consideradas como as principais características desestruturadoras dos sistemas:

formulação vaga e indefinição do papel dos atores no processo decisivo; necessidade de tomada de decisões em ambiente novo, mal conhecido ou muito complexo, impossibilidade de formação através de algoritmos conhecidos; dificuldade de formulação de critérios quantitativos e presença de incertezas.

Na pesquisa aqui desenvolvida, preconiza-se como fundamental a *adequada estruturação do problema*, como caminho indispensável para a obtenção de decisões efetivas

na gestão dos recursos hídricos e, no caso, na cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água. O recurso aos modelos matemáticos e à interação usuário-computador são vistos como meios conseqüentes e que devem ser simplificados e otimizados para o apoio à decisão, através de um processo *necessariamente bem estruturado*.

Para isso, torna-se necessária uma busca mais profunda da definição, formulação e estruturação do problema, consideradas as peculiaridades de cada situação.

Keeney e Raiffa (1976, p. 66) afirmam que “em um mundo incerto, o tomador de decisão responsável deve cotejar julgamentos sobre incertezas com suas preferências ou resultados”. Consideram esses autores que, antes da modelagem de incertezas, é preciso formalizar os valores e preferências dos decisores.

Em termos gerais, considerados os objetivos os deste trabalho, *problemas* podem ser definidos segundo Montibeller Neto (1996, p. 53), como “situações onde se deseja que alguma coisa seja diferente de como ela é, mas não se esteja muito seguro de como obtê-la”.

Na realidade, os problemas pertencem às pessoas e dependem da construção que cada indivíduo faz sobre os eventos. Vale dizer, que os problemas não são entes físicos pré-existentes, que possam ser objetivamente considerados, podendo ser entendidos como relacionamentos de desarmonia entre a realidade e os valores e preferências dos decisores.

Os problemas que exigem grande esforço de estruturação, como os que seguidamente ocorrem na gestão dos recursos hídricos são *problemas complexos*, que envolvem diversos atores, com diferentes relações de poder, visões, valores, cultura, percepções e objetivos.

Sob outro prisma, mas na mesma linha de abordagem, Holz (1999, p. 49) define *problemas difíceis* como

aqueles que não têm formatação definitiva. O entendimento e a resolução do problema são concomitantes e, em geral, o problema não pode ser definido até que seja encontrada a solução. Não existe uma regra de término para a solução do mesmo e se pára quando os atores dizem: está bem, vamos parar por aí. Nestes casos, não há uma solução verdadeira ou falsa, mas, boa ou má.

Também não existe teste de validação para a solução encontrada. Todo o problema desse tipo é essencialmente único. Um problema é sempre uma parte ou um sintoma de outro problema. Aqui o objeto nunca é achar a verdade, mas melhorar algumas características da situação encontrada.

Para os problemas *difíceis*, a abordagem adequada é a do caminho *construtivista*, segundo Roy (1993, p. 184-203).

Complementarmente, a complexidade dos problemas na gestão dos recursos hídricos pode ser melhor entendida através dos tópicos que seguem, por interpretação e adaptação de Ensslin et al. (1998, p. II-1) e Montibeller Neto (1996, p. 54):

- intratabilidade da análise devido a informações incompletas, perda de definição de parâmetros quantitativos, objetos múltiplos e conflitantes e participantes em conflito de interesses;
- excessiva quantidade de informações qualitativas e quantitativas;
- ocorrência de equipes constituídas por membros com visões, objetivos e valores concorrentes, no que diz respeito à situação;
- necessidade de negociação, fruto das interações resultantes de pressões sobre a equipe decisiva, de parte dos atingidos no ambiente externo ao contexto decisório, pelas externalidades, positivas ou negativas;
- ocorrência de diferenças de poder entre os membros da equipe decisória, o que influencia, sobremaneira, o desencadeamento do processo decisório;
- necessidade de pensamento criativo para a busca de opções (ações) efetivas para a solução do problema.



### 2.2.1 Os valores dos decisores

Segundo Keeney (1992, p. 3), “valores são aquilo pelo que nos preocupamos e devem ser a força condutora do processo decisório. Eles deveriam ser a base para o tempo e espaço que dispendemos pensando em decisões (...). As alternativas são meios para o alcance dos valores mais fundamentais”. Esse mesmo autor também sustenta que o tempo do processo decisório deve ser prioritariamente investido em “articular e entender nossos valores e usar estes valores para selecionar decisões efetivas para ponderar, para criar melhores alternativas de solução, além das identificadas inicialmente, e para avaliar mais cuidadosamente o quão desejáveis são as alternativas selecionadas”.

Ainda segundo Keeney (1992, p. 45), “há uma grande discrepância entre o modo como as situações de decisão são usualmente examinadas e a forma como deveriam ser, com base na consistência, como os valores dos decisores e a informação”. Esses valores das decisões são, na realidade, os princípios usados para a avaliação.

Cada ator do processo decisório tem seu sistema de valores que condicionam a formação dos objetivos estratégicos e fundamentais, interesses e aspirações dos atores.

Segundo Roy (1985, p. 42), o sistema de valores pode ser definido como

um sistema que sustenta, de forma mais implícita que explícita, os julgamentos de valores de um indivíduo ou de um grupo (...). Os sistemas de valores (dos atores) condicionam o emergir das preocupações, bem como a formação dos objetivos e normas que são freqüentemente propostos para justificar, ou simplesmente hierarquizar esses julgamentos de valor, bem como os comportamentos.

Segundo Maturana (2001, p. 120), os domínios do conhecimento científico, filosófico e da vida cotidiana estão fundados na dinâmica das ações especificadas pelas emoções que guiam o agir do ser humano, entendido como um sistema estruturalmente determinado. Ainda, segundo esse autor, “as emoções são disposições corporais dinâmicas que especificam os

domínios das ações nos quais os animais, em geral, e nós seres humanos, em particular, operamos num instante”.

### **2.2.2 As ações no processo decisório**

No contexto decisório, há um conjunto de meios através dos quais, direta ou indiretamente, busca-se o alcance dos objetivos fundamentais (construídos à luz dos *valores* dos decisores) estabelecidos ao longo do processo. Esses meios são tratados como *ações*, ou *alternativas de solução*.

Comumente,

as primeiras alternativas que vêm à mente são as óbvias, já utilizadas anteriormente em situações similares e que são facilmente avaliáveis (...). Elas servem de âncora para a criação de outras (...). Mais alternativas, diferentes e criativas, permanecem ocultas na mente (...). Uma busca mental profunda e persistente é requerida para que essas alternativas sejam extraídas da consciência (KEENEY, 1992, p. 9).

De forma mais abrangente, uma ação pode ser definida como “qualquer meio que possa servir de contribuição para a tomada de decisão (...). Dependendo da situação, uma ação pode surgir como um plano, um programa ... ou como variante de um projeto (...)” (ROY; BOUYSSOU, 1993, p. 175-190).

Segundo Roy (1985, p. 55), uma ação pode ser definida como “uma representação de uma eventual contribuição à decisão global suscetível de ser considerada de forma autônoma e de servir de ponto de aplicação do apoio à decisão, com relação ao estado de desenvolvimento do processo de decisão”. Desse conceito, depreende-se que uma ação não incorpora necessariamente nenhuma idéia de realismo ou ato concreto factível.

### 2.2.3 As variáveis de controle

As variáveis de controle (ou *critérios de avaliação*) constituem a base para a avaliação das ações (ou alternativas de solução), em termos de atendimento do conjunto de objetivos fundamentais estabelecidos no processo decisório. Essas variáveis constituem os parâmetros com os quais se pode representar as *preferências* entre as alternativas. Em termos gerais, esses critérios de avaliação, também podem ser entendidos como as especificações dos objetivos fundamentais.

Ao longo da fase de estruturação do problema, as variáveis podem ser construídas a partir da identificação consensual dos objetivos-meio, através da análise da hierarquia (*árvore*) de objetivos, que representa o problema estruturado. Na hierarquia de objetivos referida, os objetivos-meio explicam os objetivos fundamentais e estes, os objetivos estratégicos.

Na realidade, problemas complexos são estruturados para avaliação através de modelos multicritério.

Os critérios de avaliação adotados devem ser independentes, mutuamente exclusivos e, coletivamente, devem fornecer uma caracterização (especificação) exaustiva, isto é, completa, do objetivo fundamental ao que os mesmos se referam.

Os modelos multicritério também podem ser estruturados na forma de árvore de valores, com utilização da lógica de decomposição em que um critério mais complexo de ser mensurado é dividido em dois ou mais sub-critérios de mais fácil mensuração.

Segundo Keeney (1992, p. 78), “quando é usada a lógica de decomposição para fins de simplificação do processo de avaliação, devem existir pelo menos dois critérios de nível hierárquico inferior conectados ao critério de nível hierárquico superior”.

Os critérios de avaliação podem ser quantitativos, discretos ou contínuos e qualitativos.

Além de independentes, os critérios devem, preferencialmente, ser mensuráveis, operacionáveis e compreensíveis. Essas características e propriedades serão descritas detalhadamente no capítulo 4, o qual apresenta o referencial teórico.

#### **2.2.4 A avaliação**

Como já referido, a gestão dos recursos hídricos, bem como a problemática da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, caracterizam-se, além de outros aspectos, pela multiplicidade de objetivos conflitantes e pela diversidade de preferências e pontos de vista dos vários decisores envolvidos no processo. Nesses casos, a solução do problema pode ser alcançada através da análise multicritério que possui, como característica maior, a carência de uma precisão matemática. Isto por que, para uma determinada alternativa de solução, a melhoria de um dos vários objetivos a serem alcançados, somente pode ser obtida com detrimento de outro, ou outros objetivos, por serem, via de regra, conflitantes. Nesses casos, nunca ocorre uma solução que possa ser considerada a melhor de todas, para todas as situações.

Vale dizer, que uma alternativa de solução pode ser a *melhor* sob determinado ponto de vista, ao ser avaliada sob um certo critério. Mudando-se o ponto de vista (sob outro critério), a alternativa considerada a melhor poderá ser outra. Por isso, no uso da metodologia multicritério para resolver problemas complexos, a escolha recai sobre a alternativa que apresente o melhor desempenho no atendimento conjunto de todos os objetivos, ou seja, sob

todos os critérios estabelecidos. Essa escolha é representada pela *solução de melhor compromisso*. Nesses casos, podem ocorrer pequenas e sutis diferenças na avaliação das alternativas de solução do problema, em termos de verificação do atendimento do conjunto dos objetivos.

Considerando os aspectos subjetivos da gestão dos recursos hídricos, como, por exemplo, a questão do bem-estar social, da aceitabilidade ou da rejeição de determinada ação, uma mudança na manifestação de preferência dos decisores (ou de parte deles), pode mudar o resultado da avaliação. Na realidade, sempre há um conjunto de melhores soluções, as *soluções não-dominadas*, de tal forma que qualquer uma delas pode ocupar a posição de *solução de melhor compromisso*, diante de possíveis mudanças, deliberadas ou não, na *estrutura de preferências* dos decisores, ou no cenário do contexto decisório.

Esse conjunto de *soluções não-dominadas* representa as alternativas de solução ótimas no **Conceito dos Ótimos de Pareto**. Essencialmente, esse conjunto é obtido pela identificação, estudo e comparação das *relações de troca* (“trade-offs”), as relações de compromisso, entre os objetivos conflitantes, através dos critérios de avaliação, sejam estes mensuráveis diretamente, ou não. Em uma solução *não-dominada*, a melhoria de uma *função-objetivo* somente pode ser obtida às custas da degradação de outra, ou outras.

Considerando que os critérios de avaliação podem ser entendidos como a discriminação, ou especificação, dos múltiplos objetivos do processo, a solução do problema, através de modelos multicritério é, em suma, uma decisão *essencialmente política*.

Para a definição do conjunto de soluções *não-dominadas*, matematicamente, o problema multiobjetivo pode ser considerado, como já referido, à luz do Conceito dos Ótimos de Pareto, como um processo de *otimização por vetor*, como descrito em Cohon e Marks (1975, p. 210).

$$\text{Max } \mathbf{Z}(\mathbf{x}) = [Z_1(\mathbf{x}), Z_2(\mathbf{x}), \dots, Z_p(\mathbf{x})] \quad (2.1)$$

sujeito a:

$$\mathbf{g}_i(\mathbf{x}) \leq 0 \quad \mathbf{i} = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\mathbf{x}_j \geq 0 \quad \mathbf{j} = 1, 2, 3, \dots, n$$

Onde  $\mathbf{Z}(\mathbf{x})$  = função-objetivo p-dimensional

(p = número de objetivos)

$\mathbf{g}_i(\mathbf{x})$  = função-restrição m-dimensional

$\mathbf{x}_j$  = vetor n-dimensional das variáveis de decisão (os critérios de avaliação)

Para o conjunto  $\mathbf{X}$  das soluções viáveis no espaço das variáveis de decisão, tem-se:

$$\mathbf{X} = \{ \mathbf{x} / \mathbf{g}_i(\mathbf{x}) \leq 0 \text{ e } \mathbf{x}_j \geq 0 \quad \text{para todo } \mathbf{i}, \mathbf{j} \}$$

$$\mathbf{x} \in \mathbf{X}$$

Uma *solução não-dominada*  $\mathbf{x}$  é uma solução viável do conjunto  $\mathbf{X}$ , não havendo outra solução viável  $\mathbf{x}' \in \mathbf{X}$ , em que ocorram:

$$Z_r(\mathbf{x}') > Z_r(\mathbf{x}) \text{ para algum } \mathbf{r} = 1, 2, \dots, p$$

$$\text{e } Z_k(\mathbf{x}') \geq Z_k(\mathbf{x}) \text{ para todo } \mathbf{k} \text{ diferente de } \mathbf{r}.$$

O conjunto  $\mathbf{X}^*$  das *soluções não-dominadas* é representado por:

$$\mathbf{X}^* = \{ \mathbf{x} / \mathbf{x} \in \mathbf{X} \text{ e } \mathbf{x} \text{ conforme definido acima} \}.$$

Diferentemente do que ocorre na pesquisa operacional tradicional, onde se busca a otimização matemática com base em critério único, a análise multicritério incorpora a estrutura de valores e preferências dos decisores como fator fundamental de ajuda aos limitados algoritmos matemáticos, na solução do problema. Uma dessas técnicas será escolhida, justificadamente, para a solução do problema apresentado no estudo de caso deste trabalho.

### 2.3 USOS, VALOR E PREÇOS DA ÁGUA

Em termos mundiais, a escassez da água já impõe limites ao crescimento populacional e à produção, principalmente agrícola. A irregular distribuição de oferta de água, em termos geográficos e temporais, impede a disponibilidade de vazões regularizadas e o atendimento de demandas definidas, que permitam um equilíbrio entre a disponibilidade natural e a necessidade hídrica. Este fato tem dificultado o entendimento por parte da sociedade e a adequada estruturação de um desenvolvimento sustentável, considerada a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.

A ocupação territorial desordenada e a falta de controle na expansão demográfica, aliadas à inexistência de um planejamento plurianual, têm gerado sérios e crescentes conflitos de uso entre os usuários da água.

No mundo, segundo dados das Nações Unidas (BEEKMAN; KETTELHUT, 1991, p. 4), uma média de 40.000 crianças morrem diariamente, vitimadas por doenças de veiculação hídrica. Também relatam que 70% (setenta por cento) da água utilizada mundialmente é destinada à agricultura, que o consumo atual de alimentos já supera a

quantidade produzida e que os estoques reguladores internacionais têm sido deplecionados desde 1987, sendo que a capacidade de reserva estimada, há dez anos atrás, era de apenas 54 dias de abastecimento. Os autores também afirmam que, “se hoje em dia existe beligerância entre os países pelo petróleo, o deflagrador para os conflitos futuros poderá ser a água”.

Além da carência para o suprimento às necessidades básicas de sobrevivência no planeta, a escassez da água e a conseqüente e incessante busca de novas fontes e meios de abastecimento, na forma de obras como derivações, retificações de rios, drenagem, além do uso indevido do solo para depósitos de resíduos de toda a ordem, já comprometem ecossistemas inteiros.

No Brasil, o uso perdulário da água disponível no ambiente, especialmente nos mananciais de superfície e os crescentes níveis de poluição que têm ocorrido, estão trazendo a escassez desse recurso natural, tanto em quantidade, como em termos de qualidade.

Segundo Carrera-Fernandez (1997, p. 250), tal fato

é conseqüência direta da falta de preços sinalizados. (...) tornando-se imprescindível a ação do poder público, através da cobrança pelo uso e poluição da água, como forma de racionalizar o uso desse recurso. (...) A determinação de um preço justo e a efetiva cobrança pelo uso e poluição da água de mananciais, principalmente aqueles com balanços hídricos deficitários ou críticos, são um instrumento importante para a gestão racional dos recursos hídricos no Estado.

Noutros tempos, a água disponível nos mananciais de superfície era considerada um *bem livre*, isto é, sem valor econômico, devido à grande abundância e do relativamente baixo nível de uso. Nos tempos atuais, a situação é muito diferente. O crescimento desordenado, com intensidade variável conforme a região, e a histórica cultura do desperdício e do uso ineficiente da água, principalmente devido à abundância, trouxeram a convicção e o consenso geral de que a água passou a ser um *bem econômico*, ou seja, dotado de um *valor de uso*.

Em termos nacionais, a escassez da água já impõe severas limitações ao crescimento da produção primária, em especial da agricultura e à expansão populacional sustentada, em termos de bem-estar público. Algumas regiões não têm suporte, sequer para manter a situação atual da população, nem em termos do suprimento mínimo indispensável de água potável.



Diante do contexto atual, Cordeiro Netto (1995, p. 47), ao ressaltar a necessidade de atribuição de um *valor econômico* para a água, chama a atenção para a importância do adequado conhecimento e definição dos vários usos da água, como condição básica. Também sustenta que “a água é um bem de características variáveis, que pode ter diferentes funções e satisfazer direta e indiretamente um grande número de usos, com condições de oferta e demanda extremamente complexas”.

Souza (1995, p. 28) afirma que “os recursos hídricos, dotados de valor devido à escassez, devem ter sua utilização racionalizada e visando a contemplar os aspectos econômicos, ambientais e sociais, além de atender às características de cada região”. Nesta linha, chama a atenção para a necessidade de internalização das *externalidades* na área ambiental, “efeitos colaterais não intencionais de produção e consumo que afetam terceiros, positiva ou negativamente”, segundo Turner, Pearce e Bateman (1994, p. 79), e para o estabelecimento de princípios orientadores para que a implantação de uma metodologia de cobrança pelo uso dos recursos hídricos seja uma componente de um sistema de gestão e não apenas fonte de arrecadação ou forma de rateio de obras ou serviços executados em determinadas bacias hidrográficas ou região.

Na realidade, esse posicionamento teve origem na corrente da *economia do bem-estar social* (PIGOU, 1960), segundo a qual os danos causados se devem aos custos não considerados no processo produtivo, como o não pagamento pelo uso da água, mas com geração de danos aos próprios recursos hídricos e à sociedade. Tal desequilíbrio pode ser corrigido através do pagamento pelo uso desse bem público, no caso da água.

Cánepa (1996, p. 4), ao discorrer sobre a necessidade de uma “gestão econômica do meio ambiente” nos dias atuais, afirma que “o meio ambiente tornou-se escasso e precisa ser economizado; que a natureza, em seus diversos segmentos (em especial os recursos hídricos), passa a ter um preço que é uma verdadeira *renda de escassez*”. Isto é, não um preço que corresponda a

custos de produção, mas sim um preço de racionamento, um preço que deve ser cobrado por aqueles bens que, embora não custem nada, devem ser racionados e alocados aos usos mais valiosos. Pode-se acrescentar: *e para os mais eficientes no uso do bem público, no caso a água.*

A água disponível no ambiente é um bem público por representar uma situação de não-rivalidade no consumo, pois mais de um indivíduo ou entidade podem usufruir do bem, também sem aplicabilidade do princípio da exclusão, ou seja, quem não paga não pode ser excluído do benefício.

No entanto, o nível de degradação ambiental, o desperdício no uso da água e a crescente escassez estão levando a sociedade, sem outra alternativa, a decidir pela intervenção do Poder Público no processo, estabelecendo que a água é propriedade da União, não deixando de existir o livre acesso, com a instituição e regulamentação de instrumentos de gestão, visando a racionar e racionalizar os usos. Em síntese, tem-se um mecanismo extra-mercado para a negociação e internalização das externalidades, decorrentes do uso da água.

Cánepa e Grassi (1995, p. 1), analisando a questão Poder Público *versus* Iniciativa Privada, no que concerne ao uso da água disponível no ambiente, concluem pela “necessária intervenção do Estado” na gestão dos mais essenciais dos bens ambientais: as águas doces de nossos rios, lagos e mananciais subterrâneos. Estes autores afirmam que

a natureza já não dá conta sozinha, principalmente da depuração dos resíduos das atividades humanas e do suprimento das quantidades de águas doces necessárias para os diversos usos, havendo, portanto, uma crescente escassez desse recurso natural. O meio ambiente precisa ser *comprado*, principalmente se quisermos legar a nossos herdeiros um capital natural, pelo menos, do mesmo nível que recebemos de nossos ancestrais e que essa compra só pode ser feita como um bem público, isto é, algo que seja adquirido coletivamente.

A recente Lei Federal nº 9433, de janeiro de 1997, institui a água como um bem público, finito, vulnerável e escasso em quantidade e em qualidade em muitas regiões, tendo se transformado, portanto, em um *bem econômico*.

Mestre, Carvalho e Serralheiro (1995, p. 24) afirmam que “vivemos hoje numa época de conscientização em que muito se admite, mas pouco se faz. As realidades avançam com maior velocidade que as decisões, sendo necessário agir e, nesse sentido, é preciso congrega esforços, unindo diferentes áreas para o fim comum, a gestão dos recursos hídricos”.

### 2.3.1 Os usos da água

Os problemas de um corpo d'água, superficial ou subterrâneo, são percebidos sempre em função dos usos do mesmo. “Esses problemas surgem quando o manancial ameaça não ter condições para possibilitar o enfrentamento da intensificação de um ou mais usos, o surgimento de novos usos e as conseqüências das intervenções realizadas para o atendimento das múltiplas demandas” Grassi (1993, p. 5). A partir deste ponto, uma consideração se impõe: é ponto pacífico e a lei assim o determina, que a água é um bem de propriedade da União, escasso e, portanto, um *bem econômico*.

No entanto, “não se pode discutir sobre o valor econômico de um bem do qual não se conhecem os diferentes usos, características e funções desse bem” (CORDEIRO NETTO, 1995, p. 45).

O Quadro 2.1 sintetiza a multiplicidade de usos da água disponível no ambiente, quanto ao tipo, destinação, função e impacto no manancial.

Por uso *consuntivo* são entendidas as situações em que a água é retirada do manancial com diminuição da disponibilidade quantitativa, em termos espacial e temporal. Diferentemente, o uso *não-consuntivo* refere-se às situações em que a água ou não é retirada do manancial ou, após o uso, retorna na quase totalidade por escoamento

superficial, podendo haver alguma modificação no padrão temporal de disponibilidade quantitativa.

Tipo de uso	Destinação	Função	alteração no manancial (impacto)		
			física	química	biológica
Consuntivo	dessedentação	biológica	sim	não	não
	usos públicos e domésticos	biológica	sim	não	sim
	agricultura	produção primária	sim	possível	possível
	pecuária	produção primária	sim	possível	sim
	irrigação	produção primária	sim	possível	possível
	processamento	produção industrial	sim	sim	sim
	termo-transformação	produção industrial	sim	sim	sim
	transporte hidráulico	produção primária/industrial	sim	possível	possível
não-consuntivo	recreação humana	lazer	não	não	não
	navegação	transporte, deslocamento	possível	possível	possível
	pesca	lazer, produção	possível	não	possível
	piscicultura	produção primária	possível	possível	possível
	mineração	lavagem, transporte	possível	sim	sim
	alternativa energética	geração de energia	sim	não	possível
	recepção de efluentes	transporte, diluição, depuração	sim	sim	sim
	conservação e preservação de mananciais de suporte ambiental (banhados, pântanos)	biológica, paisagística, amenidades para o bem-estar	não	não	não

Quadro 2.1: Usos da água disponível no ambiente

Fonte: Interpretação do autor, segundo Lanna (1997, p. 16), United Nations (1976) e Cordeiro Netto (1995, p. 49)

A descrição sucinta, dada a seguir, refere-se à destinação, função e impacto no ambiente e causas de possíveis conflitos para cada uso da água, adaptado de Lanna (1997, p. 16). Primeiramente, descrevem-se as alternativas de uso consuntivo da água.

A dessedentação, humana e animal, os usos públicos e domésticos referem-se às demandas que são supridas por projeto de abastecimento de água potável, ou por consumo direto nos mananciais. As fontes são os mananciais superficiais (que exigem tratamento, no caso, humano) e os subterrâneos que, em geral, dispensam o processamento para

potabilização. As causas potenciais dos possíveis conflitos de uso devem-se, como para todos os usos da água, à aleatoriedade do ciclo hidrológico e ao regime de demanda, função dos hábitos e crescimento populacional sem controle, com o agravamento nas épocas de estiagem e da sobre-exploração dos mananciais subterrâneos e, evidentemente, à concorrência com outros usos.

As demandas de água para a agricultura e pecuária ocorrem pontualmente, com água tratada ou não. A quantidade é função do tipo de cultivo e intensidade da atividade agrícola e do número de pessoas e animais envolvidos. Os conflitos surgem normalmente na estiagem e, principalmente, como decorrência, principalmente, da criação de animais (suínos, em especial).

O uso na irrigação tem outra conotação, pois é estabelecido para suplementar a disponibilidade natural, oriunda das chuvas, considerada a irregularidade sazonal das precipitações. Aqui, os conflitos são de ordem quantitativa, devido aos grandes volumes de demandas concorrentes, por exemplo, na lavoura orizícola. Como atenuantes ou agravantes desse conflito de uso aparecem o método de cultivo, o tipo de solo, as culturas, o clima, a forma de irrigação e a extensão da área cultivada e a eficiência operacional e tecnológica do usuário da água.

Na produção industrial, a água pode ser usada como matéria-prima, na geração de energia elétrica através do vapor, no uso da energia hidráulica para o transporte hídrico, no resfriamento de processos e lavagem de produtos industrializados. Nesses usos, os conflitos devem-se à depleção quantitativa da água disponível no ambiente e, principalmente, a degradação qualitativa do corpo receptor, com o comprometimento das demandas a serem atendidas a jusante.

Na seqüência, considerações semelhantes são feitas com relação ao uso não-consuntivo da água.

No uso da água para recreação, para composição paisagística e amenidades que visam ao bem-estar da população, importa mais o aspecto qualitativo dos mananciais. Os conflitos mais freqüentes resultam da disputa com os demandantes do setor produtivo, face aos argumentos sustentados pelos aspectos ligados à necessidade do crescimento econômico.

No uso para a navegação, tem-se as obras de grande porte para alargamento e manutenção de calado, as eclusas para transposição de nível, as proteções de margens e as barragens de regularização do regime fluvial. Nesse caso, os conflitos ocorrem com os ambientalistas, principalmente com relação aos impactos ao ambiente aquático, resultado pelos transtornos à biota, à erosão e ao prejuízo às matas ciliares.

A piscicultura, pesca, uso de estuários e preservação de banhados e pântanos são atividades que demandam água do ambiente com os objetivos de manutenção da diversidade biológica, visando ao suporte para criação e desenvolvimento de espécies de interesse econômico. De novo, os conflitos são decorrentes das diferentes visões de futuro dos usuários, quando colidem os interesses a curto e a longo prazo.

Na mineração, a água é usada para desagregação, para fins de concentração de minérios e para diluição de partículas minerais. Nessa atividade ocorrem grandes conflitos de uso com os demais concorrentes pelo suprimento, devido à intensa degradação qualitativa dos mananciais com um grande espectro de prejuízos ao ambiente.

Para a geração de energia elétrica, o uso é caracterizado, principalmente, pela implantação de obras de acúmulo de grandes volumes de água e para ganhos de cota. Essas intervenções são caracterizadas por usos múltiplos e pelos possíveis conflitos com respeito ao impacto ambiental e social, em função das extensas áreas inundadas.

O uso de mananciais como corpo receptor de efluentes, para transporte, diluição e depuração desses, acarreta o que se define como poluição. Esse fenômeno degrada a qualidade das águas dos mananciais, através de agentes físicos, químicos e biológicos que

atuam por meios, características e intensidades de alta variabilidade. A referida poluição, no entanto, somente fica caracterizada quando é excedida a capacidade natural de auto-depuração no manancial. Quando os agentes não são naturalmente metabolizados pelo processamento bioquímico, como quando há metais pesados, tem-se a contaminação do ambiente aquático, agravando a situação. Os grandes conflitos de uso ocorrem por questões de qualidade de água, com os que demandam à jusante.

Pelo exposto, é fácil concluir que a água disponível no ambiente, além de escassa, é um recurso natural de usos múltiplos e conflitantes.

Não obstante a multiplicidade de usos da água e os aspectos conflitantes decorrentes por natureza, a legislação vigente restringe a abordagem ao que diz respeito à cobrança pelo uso da água.

A Lei Federal nº 9433, no artigo 21, institui que, na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos, devem ser observados, dentre outros: I - nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação; II - nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

Na mesma linha, o texto da Lei Estadual-RS nº 10.350, em seu artigo 33, estabelece que o valor da cobrança será estabelecido nos planos de Bacia Hidrográfica, obedecidas as seguintes diretrizes gerais:

I – na cobrança pela derivação da água serão considerados:

- a) o uso a que a derivação se destina;
- b) o volume captado e seu regime de variação;
- c) o consumo efetivo;
- d) a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo de água onde se localiza a captação.

II – na cobrança pelo lançamento de efluentes de qualquer espécie serão considerados:

- a) a natureza da atividade geradora do efluente;
- b) a carga lançada e seu regime de variação, sendo ponderados na sua caracterização, parâmetros físicos, químicos, biológicos e toxicidade dos efluentes;
- c) a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo de água receptor;
- d) o regime e variação quantitativa e qualitativa do corpo de água receptor.

Observa-se que alguns usos não-consuntivos de exploração comercial privada, ou pública, como a recreação e a navegação, estão fora do alcance da lei.

Embora previsto na Lei Federal 9433, a Lei Estadual-RS 10.350, por outro ângulo, não torna claro e inequívoco que sejam passíveis de cobrança as águas acumuladas em barramentos e açudes supridos exclusivamente pela precipitação pluviométrica, nem as águas extraídas de aquíferos subterrâneos, sejam freáticos ou confinados. Essas situações, que podem ser entendidas como não prescritas na lei, podem dificultar seriamente a implementação da cobrança pelo uso da água. Pode-se imaginar a possibilidade de uma migração intensa, por parte dos usuários, para a busca de água na fonte alternativa subterrânea, com todas as sérias conseqüências, em termos econômicos, como de balanço hídrico na bacia.

Por outro lado, vê-se a possibilidade que há dos reservatórios particulares, como açudes e banhados supridos exclusivamente pelas precipitações pluviométricas, passarem a representar alternativa de exclusiva exploração comercial, pela venda da água.

Em Lanna (1996a, p. 86), encontrou-se que “as bases conceituais para a cobrança pelo uso da água são apoiadas na constatação que existem diferentes tipos de uso. A cobrança de cada um desses usos pode ter motivações distintas que devem ser explicitadas de forma que se



possa adotar um referencial adequado para o valor a ser estipulado”. O autor resume os usos da água em quatro modalidades:

- a) uso da água disponível no ambiente (água bruta) como fator de produção ou bem de consumo final;
- b) uso de serviços de captação, regularização, transporte, tratamento, armazenamento e distribuição de água (serviço de abastecimento);
- c) uso de serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (serviço de esgotamento);
- d) uso de água disponível no ambiente como receptor de resíduos.

Trata-se de uma abordagem abrangente, que contempla todas as possibilidades de uso da água. *No escopo desta tese, serão considerados os usos a e d, mesmo porque as empresas e autarquias responsáveis pelos usos b e c são, também, usuárias das águas disponíveis no ambiente, em uma visão mais ampla.*

Justifica-se esta delimitação por ser suficientemente abrangente para os objetivos estabelecidos neste trabalho e pelo pleno atendimento dos preceitos legais instituídos pelas Políticas Federal e Estadual de Recursos Hídricos, no que concerne à cobrança pelo uso da água.

Cordeiro Netto (1995, p. 57), na proposição de uma discussão teórica sobre estimativas do valor econômico da água, antes da instituição da Lei Federal 9433, registra as seguintes conclusões:

- (1) a água, como um recurso natural, é um bem econômico cujo valor total é de difícil, ou mesmo, impossível estimativa, em função do caráter multifuncional e multiformal desse bem;
- (2) a água pode assumir, ao mesmo tempo, características de bem privado e público, de bem de consumo e de produção, o que não facilita a determinação de uma regra ótima ou socialmente aceitável de repartição;
- (3) como bem privado, o valor da água pode ser facilmente estimado, recorrendo-se aos mecanismos de um mercado real (diretamente ou a partir de uma função de produção) e
- (4) como bem público ou misto, a estimativa do valor econômico da água pressupõe a utilização de técnicas em que podem ser elevados os níveis de incerteza.

A recentemente instituída Política de Recursos Hídricos, níveis federal e estadual, define a água como um bem público de domínio do Estado. Visando à simplificação da terminologia utilizada neste trabalho, para toda a referência à cobrança pelo uso da água, subtenda-se que se trata desse recurso disponível no ambiente.

### **2.3.2 O valor da água**

A multiplicidade de usos da água acarreta, por consequência, uma diversidade de valores e preços, conforme os referidos usos. Há uma grande controvérsia na teoria da economia ambiental no que concerne ao estabelecimento desses preços e do que dependem as diferenças entre os mesmos.

A doutrina neoclássica, que contempla os princípios das economias clássica e socialista, reconhece o trabalho como índice de valor da água, mas ressalta a primazia dos elementos subjetivos (...). Isto é,

o valor da água está fundamentado na apreciação subjetiva (preferência) que cada usuário faça da água e se materializa em um preço, através do equilíbrio entre a oferta e a demanda. Assim, quanto mais escassa for a água e quanto maior a sua valoração subjetiva para os usuários, maior será o seu preço e vice-versa (...). (CARRERA-FERNANDEZ, 1997, p. 251).

A fixação do preço da água através da abordagem referida acima esbarra, desde logo, em uma dificuldade: a exigência da existência de uma curva de demanda por água em cada uso, que relaciona um valor ou um preço para cada quantidade de água. Na atualidade, em termos nacionais e regionais, não há informações nem dados estatísticos que possibilitem o conhecimento e estimativa do valor (preço) que os usuários da água estariam dispostos a pagar por cada metro cúbico de água utilizada.

Por outro lado, partindo do pressuposto de que a água é um bem público, segundo a Lei Federal nº 9433, a fixação de um preço público passa a visar a dois objetivos principais. O primeiro deles preconiza que a função do preço público é buscar a *eficiência* na alocação dos recursos públicos, através da maximização do bem-estar social, com base no **custo marginal**. O segundo objetivo, com visão mais restrita e operacional, estabelece que a política de preço público é cobrir os custos de ações, investimentos, produção, cobrando-se de cada usuário uma *proporção justa*, o **custo médio**, com base nos valores médios dos referidos custos.

A primeira abordagem (custo marginal) tem como maior desvantagem a ineficiência devido às distorções distributivas dos custos no universo dos usuários, ou seja, não otimiza o aspecto social, embora economicamente eficiente. Na segunda abordagem (custo médio), resulta como aspecto negativo o fato de não haver a incitação ao uso economicamente eficiente dos recursos hídricos, embora socialmente ótima.

Vê-se que se trata de duas metodologias que visam a objetivos conflitantes por natureza.

Em Turner, Pearce e Bateman (1994, p. 109-128), encontra-se uma abordagem sistematizada sobre a valoração em função do uso dos bens e serviços não regulados pelas leis de mercado, como o caso do recurso natural representado pela água disponível no ambiente, o foco da pesquisa desenvolvida nesta tese. A Figura 2.3 é um resumo das modalidades de atribuição de valor à água disponível no ambiente, em função do uso.

Os *valores de uso* dizem respeito aos usos atuais da água. Os valores advindos do uso imediato, consideram o uso consuntivo da água, quando há retirada e diminuição da disponibilidade quantitativa, temporal e espacialmente, como já referido (irrigação e insumo industrial, por exemplo).

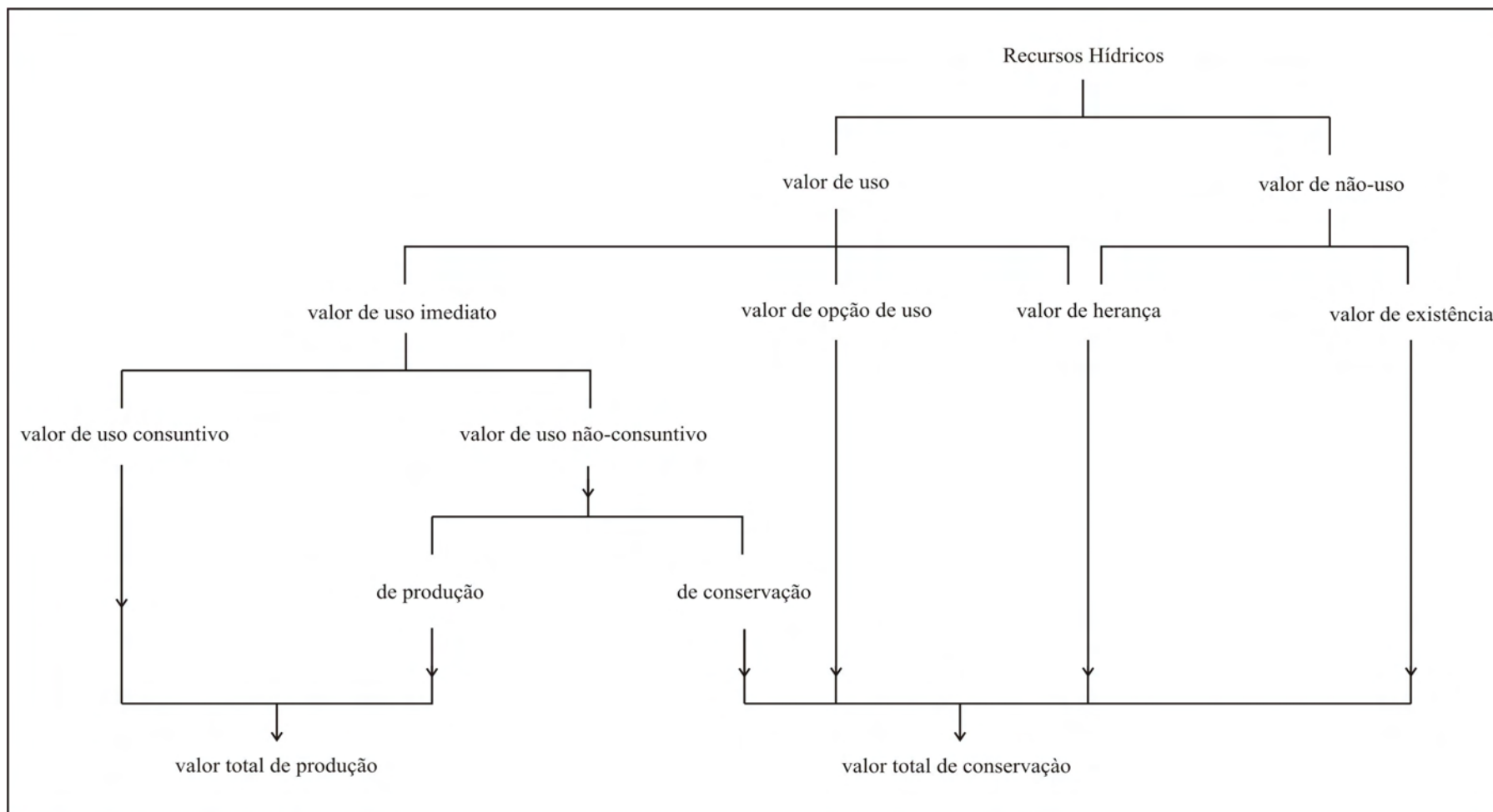


Figura 2.3: Valor dos recursos hídricos  
 Fonte: Interpretação do autor, por adaptação de Turner, Pearce e Bateman (1994, p. 112)

A outra modalidade de valoração do uso imediato diz respeito ao uso não-consuntivo, nas situações em que não há retirada, ou com retorno logo após o uso como, por exemplo, na geração de energia nas hidrelétricas, ou para fins de recreação.

No *valor de opção de uso*, quando há a disposição a pagar pela água no presente, como reserva de provável uso no futuro, admitida como positiva essa probabilidade.

O *valor de herança* significa a disposição a pagar no presente para preservar a água disponível no ambiente, visando à manutenção do valor de uso, ou de não-uso, para as gerações futuras.

Os *valores de não-uso* da água são desassociados da expectativa de qualquer utilização atual ou futura. Dizem respeito ao valor do bem natural em si, intrinsecamente. Como não implicam em quantia de uso futuro, podem ser considerados como valores de não-uso de herança e como valores de não-uso de existência, nesse último caso, independente da possibilidade de uso corrente ou potencial. Esse *valor de existência* tem base conceitual nos sentimentos altruísticos, na visão holística e no bem-estar comum.

### **2.3.3 A valoração monetária da água**

Voltando à questão central tratada nesta parte do trabalho, a cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, passa-se às considerações sobre a problemática referente à necessidade de atribuição de um *valor econômico* para a água. “Como um bem econômico, a água tem um valor de uso que é variável por depender, fundamentalmente, da utilidade ou satisfação que os diversos usuários atribuem a esse recurso natural, pela capacidade de atendimento das suas necessidades” (CARRERA-FERNANDEZ, 1997, p. 250).

Como foi descrito, a característica mais marcante é que *a água tem diferentes valores de uso e, por consequência, admite diferentes preços.*

O estabelecimento do *valor monetário* da água tem caráter de variabilidade, função dos múltiplos usos e das diferentes estruturas de preferências por parte dos usuários.

Como já referido, a abordagem pode ser feita através de dois enfoques genéricos. O primeiro deles, baseado na curva de demanda pelo uso da água, tem como fundamento o uso do **custo marginal** e objetiva a eficiência econômica, com a maximização do bem-estar social, tendo como desvantagem a decorrência de distorções distributivas.

O segundo, baseado nos **custo médio**, busca de eficiência distributiva no universo dos usuários, sendo socialmente justa, mas não garante a eficiência econômica, devido às distorções na alocação da água. A Figura 2.4 contém uma representação sistemática dos métodos de valoração monetária dos recursos hídricos.

Nos métodos em que a curva de demanda de água é definida, há dois caminhos: o primeiro, com o estabelecimento da preferência de uso *a priori*, levanta-se a *disposição (aceitação) a pagar* pelo uso da água, através de questionamento direto com os usuários. O método do *valor contingencial*, que materializa essa situação, consiste na entrevista com os usuários da água e no estabelecimento de suas disposições a pagar pelo uso consuntivo ou não da água, por tipo de uso.

A derivada primeira da curva de demanda pelo uso da água agregada no universo dos usuários define o **custo marginal**, ou seja, o preço por metro cúbico adicional de água captada, ou de despejo tratado que os usuários estariam dispostos a pagar, por tipo de uso. Nesse caso, tem-se a maximização da utilidade (*satisfação*) que a água proporciona ao usuário, adicionado à sua restrição orçamentária. Por esse método, atinge-se a *eficiência econômica* e a maximização do bem-estar social. A dificuldade de ordem prática é a inexistência de dados estatísticos que possibilitem estimar a disposição a pagar por metro cúbico de água usada, ou de tratamento de despejos.

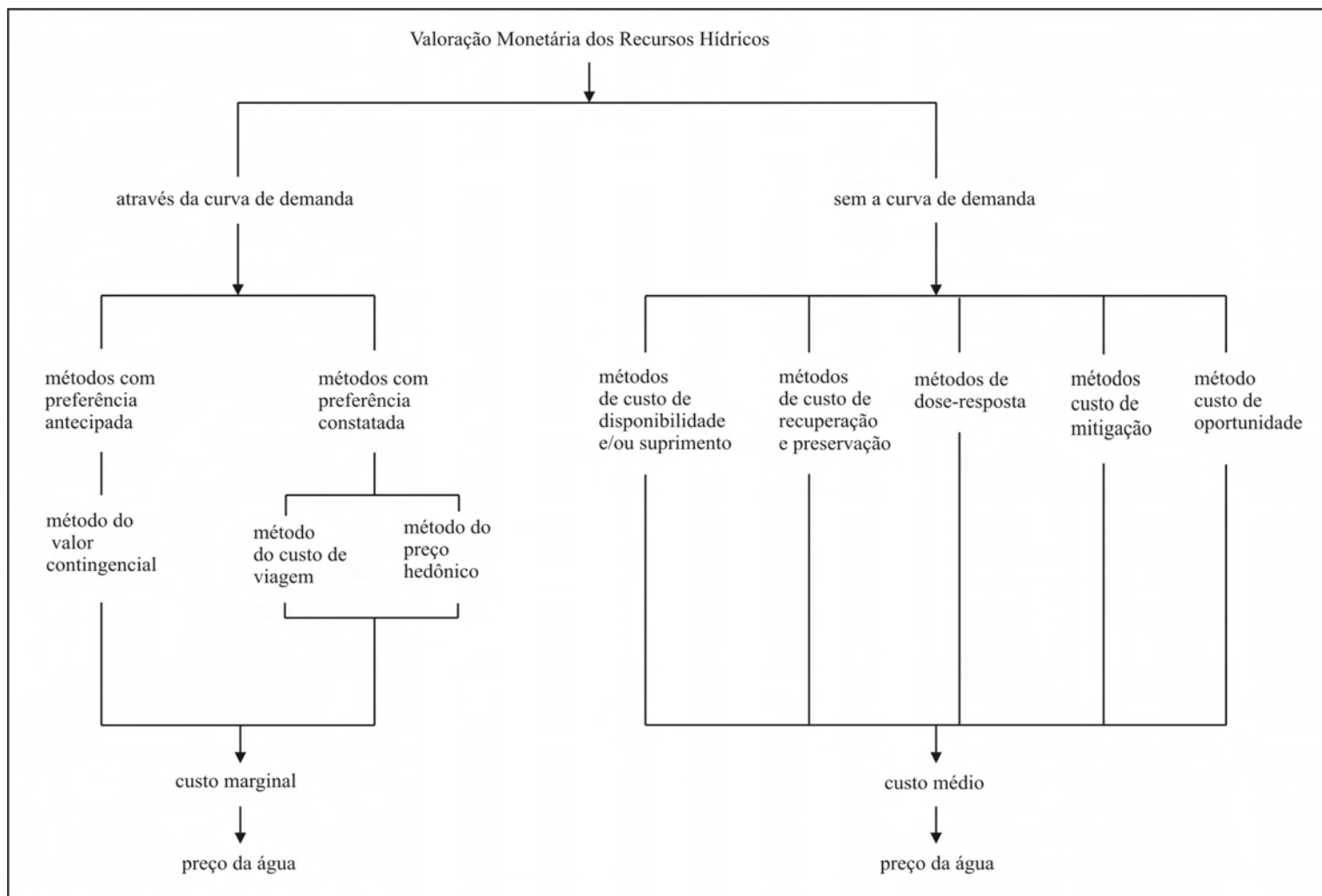


Figura 2.4: Métodos de valoração monetária da água  
 Fonte: Interpretação do autor, com base em Turner et al. (1994, p. 115)

No segundo caso, através de informações indiretas, examina-se o preço de mercado de outros bens que possam substituir o bem em questão.

O método do *custo de viagem* pode ser utilizado para o levantamento da curva de demanda para fixar a disposição a pagar (e custo marginal) pelo uso da água para recreação e baseia-se nas informações sobre os gastos que os usuários despendem na visitação dos lugares de lazer (transporte, hospedagem, alimentação, ingressos).

O método do *preço hedônico* é considerado quando a qualidade ambiental influencia no processo de fixação do preço do uso da água. Por exemplo, imaginando um cotejo de mananciais alternativos (lagos, represas) para fins de exploração comercial recreacional, a disposição a pagar por parte dos usuários, extraídas as parcelas correspondentes aos aspectos comparáveis e mensuráveis (superfície líquida, ventos predominantes, regime pluviométrico, profundidade, qualidade da água), os valores remanescentes podem ser considerados como o preço hedônico do uso da água (paisagem, aspectos lúdicos, grau de deterioração e tipo de uso dos espaços ciliares, por exemplo).

Estes métodos de preferência constatada têm, como característica comum, a aplicação restrita em termos de uso da água, especialmente e quase exclusivamente para uso recreacional.

Nos métodos de valoração monetária em que não há a manifestação prévia, ou constatada *a posteriori* em termos de disposição a pagar pelo uso da água (sem o estabelecimento da curva de demanda), ocorre a *eficiência distributiva* dos encargos financeiros entre os usuários. O custo total de cada intervenção é rateado com equidade entre os usuários, mas há o consenso de que, nessa abordagem, não é obtida a eficiência econômica no uso da água.

O método do *custo de disponibilidade e/ou suprimento* consiste na quantificação dos dispêndios necessários, de forma parcial ou abrangente na bacia hidrográfica, para a garantia



da disponibilidade de água, ou para fins de fornecimento, quando há água disponível. Aqui se enquadram os estudos, projetos e obras de barramento e acumulação de água e os sistemas de captação, bombeamento e adução.

Os métodos de *custo de recuperação e preservação* referem-se aos custos de campanhas públicas e conscientização para os estudos, projetos e obras de recuperação de mananciais poluídos, na forma de coleta, transporte, tratamento e disposição final de águas residuárias, visando ao alcance dos padrões de qualidade, estabelecidos através do enquadramento do corpo d'água. Da mesma forma, essa abordagem possibilita a quantificação de quaisquer custos de ações e intervenções que visem à preservação de banhados, pântanos e estuários, independente dos usos a que sejam destinados esses bens naturais.

Nos métodos de *dose-resposta*, a finalidade é estabelecer o custo das doenças e males sobre as pessoas e animais e perdas na produção primária, ou industrial, causados por agentes patogênicos, físico-químicos ou biológicos por veiculação hídrica. Nessas situações há a necessidade da existência de informações e dados estatísticos para avaliar os custos, mas há sérias dificuldades de avaliação, por estarem implícitas questões complexas referentes ao valor da vida e saúde humanas.

Os métodos de *custos de mitigação* dizem respeito aos investimentos de prevenção, como por exemplo, a implantação de matas ciliares nas margens dos mananciais para prevenir a ocorrência de erosão, assoreamento e os efeitos danosos previsíveis.

O método do *custo de oportunidade* é um processo indireto de valoração monetária do uso da água. Esse custo de oportunidade pode ser definido como o preço de reserva da água, em cada uso, correspondente ao valor máximo que os usuários da água, em conjunto, estariam dispostos a pagar e ficar indiferentes entre continuarem a utilizar esse recurso ou buscarem uma solução alternativa menos onerosa. Esse custo de oportunidade pode ser estimado na prática, simulando-se uma interrupção na utilização da água pelos meios atuais para um

determinado uso, na forma do custo adicional que os usuários teriam para substituir esse recurso por uma alternativa menos custosa, com o mesmo efeito. Por exemplo, um orizicultor buscar, como alternativa, plantar arroz de sequeiro.

## 2.4 OS OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho são de ordem geral e específica, para o contexto decisório da bacia hidrográfica e para a realidade brasileira, conforme o alcance pretendido.

### 2.4.1 Objetivo geral

Estruturação do problema da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água do ambiente.

### 2.4.2 Objetivo específico

Proposta de um modelo de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água do ambiente, que possibilite o tratamento eqüitativo dos usuários e que induza ao uso racional.

Para o alcance dos objetivos estabelecidos, foram considerados os seguintes procedimentos:

- utilização de **Mapas Cognitivos** para estruturar o problema da cobrança, na forma de uma **Hierarquia de Objetivos**, a partir das percepções e valores dos decisores envolvidos no processo;
- estabelecimento de um conjunto compreensível, mensurável e operacional de critérios independentes para a avaliação da eficiência global dos usuários da água;
- utilização de **Metodologia Multicritério**, como meio analítico, para a avaliação no modelo de cobrança proposto;
- utilização de planilha eletrônica para a operação do modelo multicritério de gestão, em termos de avaliação da eficiência global dos usuários e de fixação de *cotas de participação*, para a composição das contribuições financeiras e verificação do impacto da cobrança.

## 2.5 JUSTIFICATIVAS PARA A PESQUISA

Três justificativas sustentam o presente trabalho.

A primeira emerge da análise da problemática apresentada para o contexto decisório, onde se conclui que os modelos de gestão de recursos hídricos atualmente utilizados não têm dado uma resposta satisfatória às crescentes expectativas no setor.

A grande mutabilidade do cenário decisório, em termos espaciais e temporais, aliada à complexidade dos eventos e à multiplicidade de atores, impõem uma *abordagem estratégica*, no pensar e no agir. Ao longo da exposição deste trabalho procura-se mostrar esse procedimento.

A segunda, diz respeito à necessidade da consideração dos valores dos decisores, através da captação ordenada das percepções, preferências e juízos de valor dos mesmos na estruturação dos problemas complexos que ocorrem na gestão dos recursos hídricos.

A partir da revisão realizada, pode-se afirmar que os modelos atualmente utilizados seguem a linha prescritivista-normativista e descritivista que têm, como pressupostos, considerar os decisores como entidades totalmente racionais e que a modelagem matemática sempre pode bem representar a formulação e solução do problema, através da busca de uma *solução ótima*, como descrito em Ensslin et al. (1998, p. II-1).

Preconiza-se, então, a *valorização da subjetividade*, inerente ao processo decisório, e a *convicção do construtivismo* no apoio à decisão, onde é pressuposto o reconhecimento das “limitações da objetividade” (ROY; VANDERPOOTEN, 1996, p. 22), onde “o fundamento não é a formulação matemática do problema, nem a busca de uma solução ótima, mas sim, propiciar a geração de conhecimento aos atores” (MONTIBELLER NETO, 1996, p. 9).

Nesse sentido, é fundamental destacar, desde logo que, no momento em que se leva em conta os valores dos decisores, *o modelo de gestão não pode ser generalizado*. Vale dizer que, para a realidade de cada bacia hidrográfica, impõe-se uma aplicação específica.

A terceira refere-se a uma questão específica, que decorre do preocupante quadro, supostamente contingencial, devido à crescente escassez da água e da necessidade de instrumentos eficientes de gestão. Um desses instrumentos de gestão, muito cogitado atualmente para a atenuação dos efeitos desse desequilíbrio, é a cobrança pelo uso da água.

Com o intuito de trazer uma colaboração para a atual discussão que visa ao desenvolvimento de instrumentos de cobrança pelo uso desse recurso natural, o trabalho contém uma proposta de modelagem para a cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água. A referida proposição, concebida a partir do pressuposto de que a água

representa um elemento estratégico, é um modelo de gestão estruturado cognitivamente sob uma visão construtivista, com avaliação por meio de análise multicritério para o âmbito decisório dos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica e tendo, por princípio, a *eficiência no uso da água*.

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA ADOTADA

Quanto à concepção adotada e objetivos estabelecidos para o modelo proposto, a pesquisa pode ser classificada como **exploratória**, pois visa a “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito” (GIL, 1991, p. 59).

Quanto aos procedimentos técnicos utilizados, em termos de operacionalização, a pesquisa é do tipo **estudo de caso**, para confrontar a visão teórica com os dados da realidade.

Envolve um estudo profundo e exaustivo das peculiaridades de várias entidades comparadas (os usuários da água), em termos de *eficiência no uso* desse recurso natural.

São características do estudo de caso desenvolvido: o estímulo a novas descobertas (na fase de estruturação); a ênfase na totalidade, em termos de multiplicidade de dimensões e a simplicidade de procedimentos, materializada pelo uso da planilha eletrônica.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresenta-se o referencial teórico adotado para sustentação e desenvolvimento do presente trabalho.

Inicialmente, aborda-se a questão que trata dos sistemas e modelos decisórios na gestão dos recursos hídricos, com a apresentação da síntese de uma retrospectiva e da concepção adotada com relação a esses assuntos.

### 4.1 OS SISTEMAS E MODELOS DECISÓRIOS NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Um *Sistema de Gestão de Recursos Hídricos* pode ser definido como um conjunto de entidades públicas e privadas, organizadas legal e institucionalmente, com autonomia financeira, que concorrem de forma articulada e coordenada, através de modelos de gestão, para a execução da Política de Recursos Hídricos, por meio de instrumentos que possibilitem o planejamento da garantia de disponibilidade, do uso, controle e proteção desses recursos.

De uma forma mais abrangente, para fins de melhor conceituação, há a necessidade de uma visão sistemática, um misto de arte e ciência, que tem sua base de sustentação na teoria do comportamento e na formulação dos problemas complexos. Nesta linha, preconiza-se como mais importante e apropriado o entendimento dos conceitos e as relações entre os

mesmos, do que a direta e objetiva aplicação de técnicas precisas e avançadas, quando a questão fundamental é estruturar adequadamente e lidar com problemas complexos, para melhor decidir.

Em termos institucionais, a efetiva gestão dos recursos hídricos, como um *sistema*, depende, essencialmente, da combinação dos instrumentos disponíveis e aplicáveis, do claro entendimento de *quando* cada instrumento é mais apropriado e da experiência na aplicação dos mesmos, em problemas reais.

Fica evidente que o que foi exposto como *sistema*, em termos de estrutura tem, como elementos subjacentes, os aspectos humano e temporal. Isto porque os problemas, o conhecimento e a experiências são propriedades de pessoas e não de instituições, entidades abstratas. Cada momento de uma instituição, e de um contexto decisório, possui características peculiares e únicas, que dependem dos decisores em ação. Daí a necessidade de que, para as instituições envolvidas em uma ação complexa, abrangente e contínua, como a gestão dos recursos hídricos, seja implantado um processo de articulação coordenada de ações, que propicie uma visão permanente de conjunto, com valorização das inter-relações e busca de um padrão comportamental auto-sustentável ao longo do tempo, minimamente sujeito a retrocessos por mudança dos atores.

Um *sistema* de gestão, com as características e condições expostas, somente pode ser alcançado através de uma *estrutura estratégica de trabalho*, como visto inicialmente no item 2.1.1 A necessidade de pensar e agir estrategicamente.

Segundo Dourojeanni (1994, p. 111), “a sustentabilidade do desenvolvimento é um conceito abstrato quando não associado a objetivos claros que se devam alcançar dentro de territórios definidos e a processos de gestão necessários para fazê-lo”. Neste sentido, surge a necessidade de que a gestão dos recursos hídricos tenha como unidade de planejamento a bacia hidrográfica, de que os objetivos sejam estabelecidos através de uma bem definida



estruturação de cada problema a ser resolvido e de que, em suma, seja adotado um modelo de gestão adequado.

O referido autor também afirma que

para converter as políticas ambientais em ações, é preciso dispor de entidades adequadas de gestão, normalmente muito complexas. A criação dessas entidades significa gerar um sistema público-privado autônomo no aspecto financeiro, orientado para o social e sensível aos aspectos ambientais, através de uma atuação democrática e com participação.

A crescente escassez de água, constatada com mais intensidade nos tempos mais recentes, tem levado ao consenso sobre a necessidade de serem encontradas opções viáveis de desenvolvimento sustentadas por um crescimento econômico equitativo, que perdure ao longo do tempo, garantida a sustentabilidade ambiental.

“As políticas de intenção deverão transformar-se em políticas de execução, e é precisamente aqui onde surgem os maiores desafios” Dourojeanni (1994, p. 112). Neste sentido, os Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, que possuem formalidade garantida por lei federal, devem ser transformados, efetivamente, em entidades *estáveis* para o cumprimento da função de gestores dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. O atendimento dessa condição é indispensável para que se possa garantir os preceitos legais que determinam a gestão descentralizada e a efetiva participação dos usuários da água, da população da bacia e do poder público.

Também é importante ressaltar que, embora instituída legalmente como unidade de planejamento, a bacia hidrográfica não é suficiente para esse fim. Isto porque há os casos de transposição de bacias e o fato de que, nem sempre, os divisores das águas superficiais em uma bacia hidrográfica coincidem com os limites das águas subterrâneas. Além disso, os limites da bacia hidrográfica tornam-se pouco relevantes para a gestão em áreas predominantemente planas e áridas e mais, as áreas das bacias hidrográficas não incluem as superfícies de domínio dos mares, geradoras de grande parte do ciclo hidrográfico. Isto, sob o aspecto físico de disponibilidade/demanda.

No entanto, na gestão dos conflitos de uso da água, há que se levar em conta a dimensão sócio-política. Sobre essa abordagem, uma interessante forma de ver pode ser encontrada em Souza Filho (2002, p. 15). É preciso esclarecer que a área geográfica delimitada pela bacia hidrográfica é apenas uma opção inicial para a base de gestão dos recursos hídricos, com maior ou menor validade, dependendo das características geográficas da bacia.

Apesar desses condicionantes, também é necessário reconhecer que, à luz da conjuntura atual, não se pode dispor de outro modo mais eficiente do que utilizar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento na gestão dos recursos hídricos. Isto porque, sob essa condição, tem-se a melhor maneira de unir os usuários em torno de um elemento comum, a água. Há, também, uma maior facilidade de monitoramento para o acompanhamento e verificação do impacto ambiental das intervenções decididas e implementadas.

Por outro lado, além das restrições naturais que podem ocorrer em uma bacia hidrográfica, vista como unidade de planejamento, também há os limites político-partidários dentro da abrangência geográfica da referida bacia. Por isso, o alcance do sucesso na gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica também depende da busca de uma eficiente articulação entre os agentes político-partidários, sob uma adequada coordenação. Esse aspecto parece contemplado pela legislação, com a forma de instituição e composição concebidas para os Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica.

Em termos de planejamento, segundo Lacorte e Damázio (1995, p. 91),

o primeiro modelo de abrangência regional amplamente utilizado na América Latina, após a Segunda Guerra Mundial, foi o desenvolvimento integrado de bacias hidrográficas. A estratégia adotada, à época, era a redução das desigualdades regionais, através da recuperação sócio-econômica das regiões deprimidas.

No Brasil, o processo emergiu na década 50-60, tendo início com a criação da Comissão do Vale do São Francisco (CVSF). As intervenções iniciais foram baseadas, fundamentalmente, no aproveitamento dos múltiplos usos da água, visando ao desenvolvimento sócio-econômico e tendo como objetivo estratégico o bem-estar das populações do vale do manancial.

A partir da década de 70, o contexto decisório ganhou uma abrangência maior, com base na estratégia de integração nacional, ao invés da busca da redução de desigualdades regionais. Sob esse novo enfoque, surgiram e se intensificaram os conflitos em torno da apropriação e utilização da água, também em função do surgimento da inequívoca conscientização por parte da sociedade com relação à necessária sustentabilidade ambiental, mais fortemente a partir da década de 80.

A seguir, são citadas algumas iniciativas mais significativas que muito têm contribuído, nos tempos mais recentes, especialmente nas duas últimas décadas, para construção de uma estrutura sistemática para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, sem desconsiderar outras importantes contribuições que têm ocorrido, também no país. Uma descrição detalhada das experiências nacionais e estrangeiras sobre os modelos de gestão pode ser encontrada em Lanna (2000, p. 21).

A gestão das águas no Brasil começou a adquirir um formato de *sistema* a partir do início da década de 90, quando o Estado de São Paulo instituiu a Política de Recursos Hídricos, através da Lei nº 7.663 de 30/12/1991. Na mesma época, o governo do Estado do Ceará implantou o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos (SIGERH), através da Lei nº 11.966 de 24/06/1992, sob os preceitos de

adotar a bacia hidrográfica como unidade de gestão; promover um gerenciamento integrado participativo e descentralizado; reconhecer água como um bem econômico; instituir a outorga como instrumento indispensável de gerenciamento e a indissociabilidade de quantidade e qualidade e a unidade das fases aérea superficial e subterrânea do ciclo hidrológico. (CAMPOS; SOUZA FILHO, 1995, p. 63).

A referida Lei Estadual também firmou, como princípio, a necessidade de um órgão gestor não setorial, o que acabou sendo concretizado pela criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), através da Lei Estadual nº 12.217, de 18/11/1993.

No ano seguinte, o Estado do Rio Grande do Sul promulgou a Política Estadual de Recursos Hídricos, através da Lei nº 10.350 de 30/12/1994, baseada essencialmente, na *lei das águas* de 1964, do modelo francês.

O fato mais expressivo, em termos de gestão dos recursos hídricos como *sistema*, ocorreu recentemente, em nível nacional, com a instituição da Política e Sistema Nacional de Recursos Hídricos, pela Lei Federal nº 9.433, de 08/01/1997. Um histórico detalhado da evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil pode ser encontrado da Edição Comemorativa do Dia Mundial da Água (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2002, p. 1-64).

Como visto, a parte anterior desse item trata de uma abordagem atualizada e prospectiva sobre a gestão dos recursos hídricos. Para uma visão histórica e mais abrangente, relata-se a evolução dos processos decisórios que têm sido usados para a gestão dos recursos hídricos até o momento e, também, apresenta-se a concepção do modelo que se entende como o mais adequado na visão atual.

Por outro lado e salvo melhor juízo, a recente instituição da Agência Nacional de Águas, através da Lei Federal nº 9.984, de 17/07/2000, parece estar em desacordo com os princípios estabelecidos na Lei nº 9.443, de 18/11/1997, com respeito à gestão descentralizada para execução para a Política Nacional dos Recursos Hídricos no Brasil, haja vista a pré-existência da Secretaria Nacional dos Recursos Hídricos, com uma aparente sobreposição de atribuições, apesar dos ajustes legais ocorridos. Vislumbra-se, aqui, um possível retrocesso na implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos. Para esclarecer, cita-se o processo de descentralização que teve início com a constituição

pioneira de alguns comitês de bacia hidrográfica, como os casos dos rios Gravataí (1989) e Sinos (1938) no Rio Grande do Sul e o consórcio das bacias dos rios Piracicaba e Capivari (1989), em São Paulo e um grande impulso de consolidação através da Lei Federal nº 9443, que instituiu, em seu art. 1º, inciso VI, que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada.

Por oportuno, cabe ressaltar um viés que historicamente tem caracterizado o Brasil no domínio das questões legais: *a profusão de leis*, como lenitivo para as situações complexas, às vezes confusas e de muitos conflitos como os que ocorrem nos contextos decisórios na gestão dos recursos hídricos.

A seguir, por interpretação da estrutura legal vigente, apresentam-se, sinteticamente, o Sistema Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul. Uma esclarecedora e abrangente explanação sobre o assunto, incluindo sistemas adotados em outros países, pode ser encontrada em Lanna (2000), Cordeiro Netto e Coimbra (1995, p. 57) e Dourojeanni (1994, p. 111).

#### **4.1.1 O Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos e o do Estado do Rio Grande do Sul**

A Figura 4.1 sintetiza o Sistema Nacional Gestão de Recursos Hídricos.

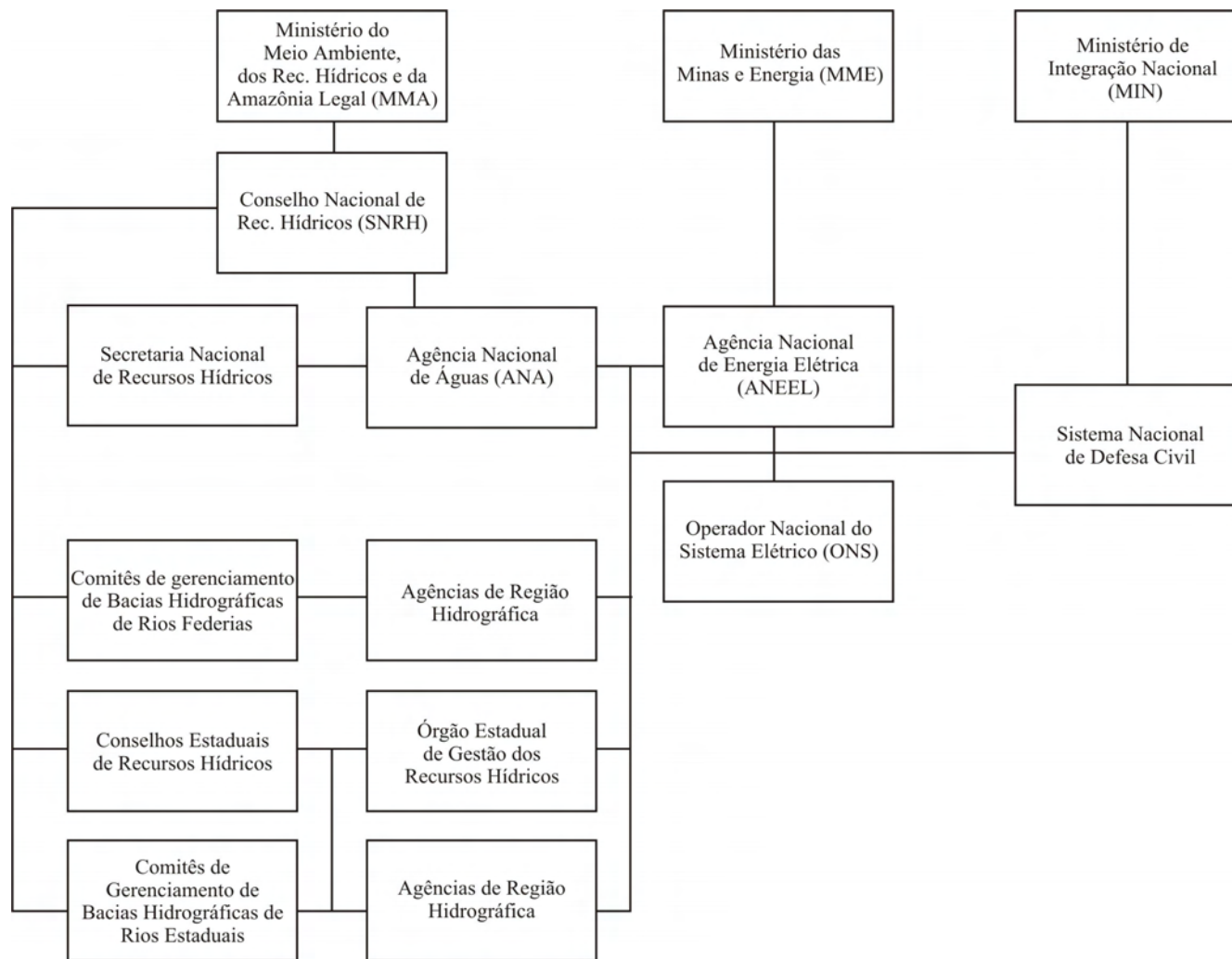


Figura 4.1: Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos  
 Fonte: Composição do autor, com base nas Leis Federais nº 9443 e 9984

O suporte legal do Sistema Nacional de Recursos Hídricos é apresentado no Quadro 4.1.

Entidade	Composição e Competências	
	Lei Federal nº 9443	Lei Federal nº 9984
Conselho Nacional de Recursos Hídricos	Arts. 34, 35 e 36	-----
Secretaria Nacional de Recursos Hídricos	-----	Art. 32
Agência Nacional de Águas	-----	Arts. 4, 9 e 12
Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos	Legislação específica para cada Estado	
Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas	Arts. 37, 38, 39 e 40	-----
Agências de Águas	Arts. 41, 42, 43 e 44	-----

Quadro 4.1: Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Competências das Entidades (legislação)  
Fonte: Elaborado pelo autor, com base nas Leis Federais nº 9443 e nº 9984

Na seqüência, na Figura 4.2, apresenta-se a síntese do Sistema Estadual de Recursos Hídricos para o Rio Grande do Sul, com base nas Leis Estaduais nº 10.350 e nº 11.560 e Decreto Estadual nº 37.033.

Pela análise da legislação em vigor, no que concerne às competências das entidades que integram o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, pode-se concluir pela necessidade de um ajuste dessas atribuições, para que um dos componentes ganhe e possa, efetivamente, desempenhar a função de gestor, que parece vaga no gerenciamento dos recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul.

Por exemplo, considerando a outorga do direito de uso da água e a cobrança, instrumentos de gestão indissociáveis por natureza, e as entidades encarregadas de gerí-los, constata-se uma possível falha estrutural em termos de articulação e competências. A outorga é, por força de lei (Decreto nº 37.033), atribuição do Departamento de Recursos Hídricos (DRH) e da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), entidades articuladas e que se reportam, ambas, à Secretaria do Meio Ambiente (SEMA).

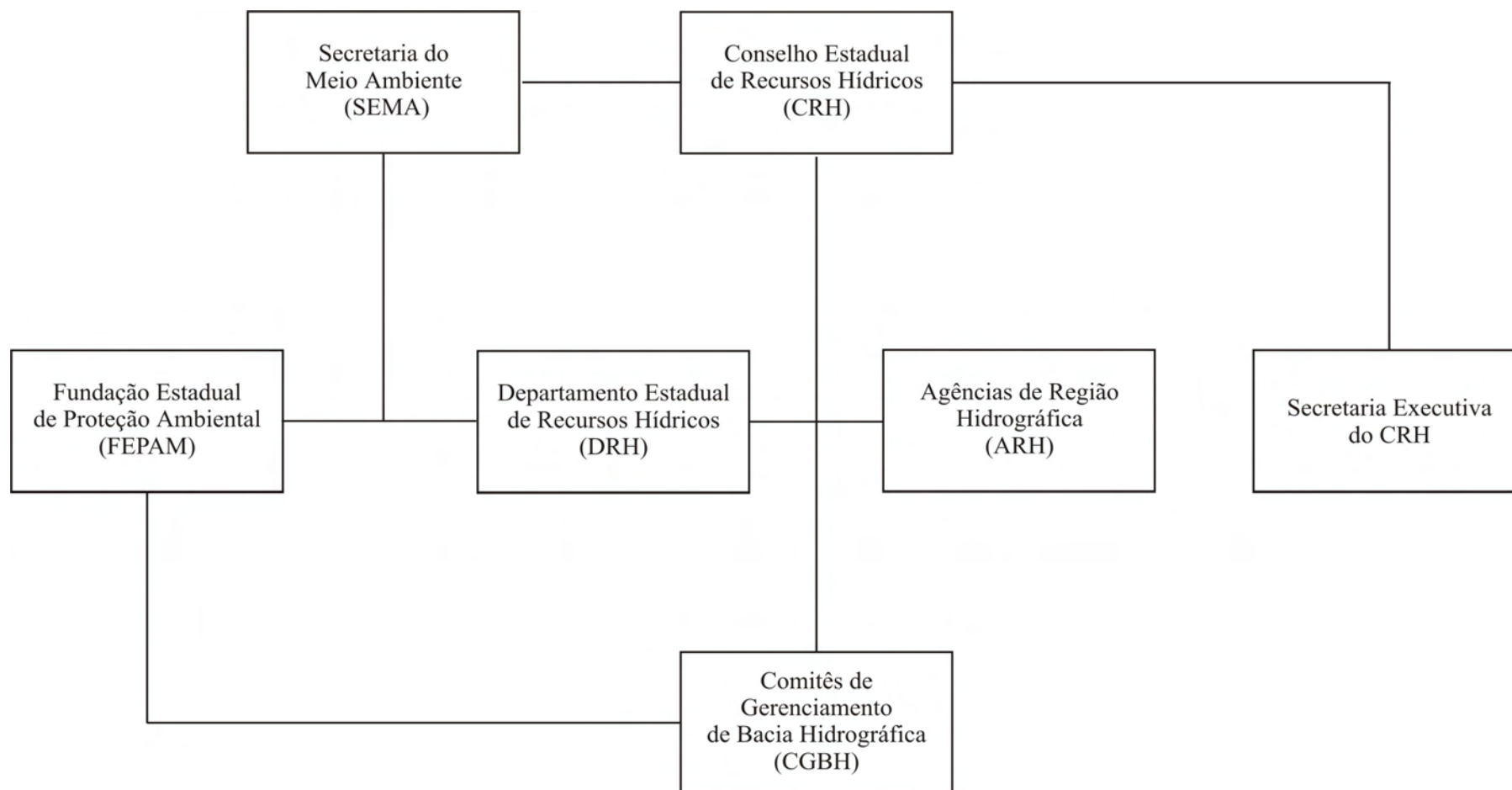


Figura 4.2: Sistema Estadual de Recursos Hídricos

Fonte: Interpretação do autor, com base nas Leis Federais nº 10.350 e 11.560 e Decreto Estadual nº 37.033



Por outro lado, a competência legal para a cobrança pelo uso da água, que depende da outorga (art. 29 da lei 10.350 e art. 1º, Dec. 37.033), está dividida entre os Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica (aprovação dos valores) e as Agências de Região Hidrográfica (arrecadação e aplicação). Aqui é fundamental definir uma dessas entidades como gestora, em caráter estável, para a garantia de uma eficiente execução da Política Estadual de Recursos Hídricos.

A experiência também tem demonstrado a fragilidade da forma como estão sendo constituídos e estruturados os Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, que representam a entidade mais importante dentro da concepção em se baseia a Política de Recursos Hídricos, em todos os níveis. A morosidade e ineficiência desse processo talvez estejam a representar a consequência desfavorável mais visível, decorrente da ausência de um órgão gestor adequadamente estruturado.

#### **4.1.2 A evolução dos modelos decisórios na gestão dos recursos hídricos**

Inicialmente, entende-se por modelo decisório o conjunto de procedimentos sustentado pela lógica, experiência, conhecimento, criatividade e ferramental analítico-computacional, que tem por objetivo o apoio e a tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos.

O uso da formulação matemática nos processos de tomada de decisão tiveram origem, principalmente, na Pesquisa Operacional durante a Segunda Guerra Mundial, inicialmente pelos ingleses, visando à pesquisa sobre aspectos operacionais de radar e, pelos norte-americanos, no estudo e estabelecimento de estratégias militares para as forças armadas, segundo Hipel (1992, p. 4).

Após a guerra, a pesquisa operacional ganhou um rápido desenvolvimento, especialmente nas áreas de gerenciamento, engenharia de sistemas, recursos hídricos, engenharia de transportes, análise de sistemas, ciências militares e engenharia industrial.

A Pesquisa Operacional foi inicialmente desenvolvida para a solução de problemas estruturalmente pesados, mas no nível de decisões táticas como, por exemplo, a escolha da operação *ótima* de um reservatório em um determinado período. Nessas técnicas, com objetivo único, busca-se a *otimização* (max. / min.) de uma função-objetivo, considerado um conjunto de variáveis de decisão e as restrições para o intervalo de cada uma dessas variáveis. “Os métodos de otimização, dessas questões táticas (operacionais) mais usualmente aplicados exigem que a dinâmica do sistema tenha características bem específicas” (LANNA, 1997, p. 33).

Segundo Hipel (1992, p. 5), a Pesquisa Operacional tradicional é utilizada para o equacionamento de problemas pesados (“hard”). Esses problemas, de acordo com Holz (1999, p. 48), são os formulados para um fim definido e se caracterizam pela facilidade de definição de objetivos, pela existência de procedimentos decisórios claramente estabelecidos e de medidas de performance quantitativas. Em síntese, as características mais importantes das técnicas com objetivo único (monocritério) da Pesquisa Operacional são as seguintes, com base em Roy (1990, p. 17):

- o problema é bem formulado matematicamente e a finalidade do modelo é encontrar uma solução *ótima*;
- existe um conjunto bem definido de alternativas de solução consideradas viáveis;
- estabelece-se um critério único (função) que reflete precisamente as preferências do decisor único e bem definido (*totalmente racional*);
- a comparação entre as alternativas é realizada através do valor (quantitativo) da função para cada alternativa.

Segundo Porto e Azevedo (1998, p. 52), apesar da larga produção acadêmica dos métodos de otimização nas últimas décadas, “a aplicação dessas técnicas para a solução de problemas reais em recursos hídricos certamente ficou aquém do que se esperava”. Esses autores indicam, como algumas das razões, a complexidade e abstração nos modelos, a grande carência de programas computacionais generalizados e de fácil utilização e o fato desses métodos não tratarem os problemas realisticamente. Alguns títulos importantes sobre Pesquisa Operacional, estão referidos em Hipel (1992, p. 9).

Especificamente sobre a área de gestão de recursos hídricos, podem ser citados Hall e Dracup (1970), Hipel e McLeod (1992), Loucks, Spedinger e Hath (1981), Maass et al. (1962) e Lanna (1997). Pode-se acrescentar que, nos dias atuais, a grande restrição que há pelos métodos monocritério (objetivo único) é a inadequação para a abordagem global de problemas que apresentem múltiplos objetivos e vários decisores.

A partir da década de 70, começaram a surgir as metodologias para a tomada de decisão baseadas na *Análise Multiobjetivo*, conhecidas inicialmente e mais genericamente pela sigla “MCDM” (“Multicriteria Decision Making”). Aqui esclarece-se uma questão de terminologia, pois utiliza-se correntemente a designação alternativa de Análise Multicritério (ou Multicriterial), isto porque os critérios de avaliação usados na análise podem ser entendidos como especificações dos objetivos.

A necessidade dessas metodologias é justificada pela ocorrência de problemas complexos, especialmente na área de recursos hídricos, onde há objetivos conflitantes ambientais, econômicos, sócio-culturais e políticos, na presença de vários decisores.

Em termos estratégicos, normalmente ocorrem problemas parcialmente estruturados, fruto, em parte, da influência trazida pela recente valorização dos aspectos subjetivos, além dos quantitativos, do contexto decisório. Esses fatores passaram a exigir uma *abordagem sistemática* para a solução dos problemas complexos ainda através de uma formulação

matemática, com uso de funções com múltiplos objetivos (funções de funções), adequadas para a gestão integral.

Por interpretação de Roy (1990, p. 20), citam-se as principais características das metodologias “MCDM” (Escola Americana):

- o problema, em geral parcialmente estruturado, é bem formulado matematicamente e a finalidade da metodologia é encontrar uma solução de melhor compromisso, no conceito dos Ótimos de Pareto;
- existe um conjunto bem definido de alternativas de solução aceitas a priori como viáveis (as soluções não-dominadas);
- há um conjunto de critérios de avaliação (global), admitido como totalmente representativo, que mede o desempenho individual das alternativas e expressa *precisamente* as preferências dos decisores;
- a comparação entre as alternativas de solução é realizada através da avaliação do atendimento simultâneo do conjunto de objetivos, por parte de cada uma delas.

Com relação às metodologias “MDCM”, Zionts (1998, p. 18) afirma que, apesar da extensa literatura acadêmica sobre métodos e recursos computacionais desenvolvidos, “há uma grande carência de aplicações reais e bem sucedidas dessas técnicas”. A literatura especializada faz referência a mais de 50 técnicas de “MDCM” (BARBOSA, 1997, p. 44), podendo ser citadas, como as mais importantes, na área de recursos hídricos Cohon e Marks (1975), Gershon, Duckstein e Mcaniff (1982), Zeleny (1973), Saaty (1980), Duckstein e Opricovic (1980), Haimes e Hall (1974), Hipel (1992), Keeney e Raiffa (1976), Keeney e Wood (1977), Roy (1971) e Simonovic (1998). Comparações entre técnicas de *Análise Multiobjetivo*, quanto à aplicabilidade na gestão dos recursos hídricos estão detalhadas em Gobbetti (1993) e Hipel et al. (1992).

A utilização das técnicas da Pesquisa Operacional e das Metodologias Multicritério de Tomada de Decisão (“MCDM”) estritamente, como descritas até aqui e para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos, encontra uma séria deficiência nos dias atuais. Essa restrição diz respeito às “*limitações da objetividade*”, segundo Roy e Vanderpooten (1996, p. 22). Como foi visto na descrição das referidas técnicas, há o pressuposto da *racionalidade* do decisor e, também, da *objetividade* na formulação matemática, sustentáculo dessas metodologias.

Na realidade, o processo decisório é muito influenciado pela condição humana e pelas incertezas do contexto, sendo indispensáveis a “aceitação da interconexão e inseparabilidade dos elementos objetivos e subjetivos e a convicção do aprendizado e construtivismo no contexto decisório” (BANA E COSTA, 1993, p. 4).

As limitações da objetividade inerentes ao processo decisório podem ser melhor entendidas através dos aspectos que seguem, por interpretação, a partir de Roy e Vanderpooten (1996, p. 23) e que também representam a base das metodologias “MCDA” (“Multicriteria Decision Aid”), segundo a Escola Européia:

- um modelo matemático, por mais bem formulado que seja, não é suficiente para garantir a qualidade de uma decisão;
- o conjunto de alternativas de decisão é difuso, não estável e modifica-se ao longo do processo decisório, não havendo a garantia *a priori* da factibilidade;
- os valores numéricos de avaliação nem sempre são precisos e as preferências dos decisores raramente são bem definidas, devido a incertezas, conflitos, contradições e inconsistências do juízo de valor;
- o decisor totalmente racional é um mito, pois vários atores tomam parte naturalmente no processo decisório, direta e indiretamente.

O modelo decisório proposto neste trabalho, para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, é baseado na aplicação da *Análise Multicritério* para a solução de problemas complexos *adequadamente estruturados*, através de uma *abordagem sistemática e estratégica* e sustentada pelo reconhecimento e *valorização da subjetividade*.

Por *estruturação do problema*, entenda-se:

- definição e formulação do problema;
- estabelecimento dos objetivos estratégicos, objetivos fundamentais e objetivos meio;
- construção da Hierarquia dos Objetivos (árvore de objetivos).

Para a adequada *estruturação do problema*, nos termos descritos, propõe-se a utilização do processo cognitivo (definido no item 2.2 Os Problemas Complexos), fundamentado na construção dos **Mapas Cognitivos** dos membros da equipe decisora e na negociação construtiva, considerado o momento em que decorre o processo decisório. O processo cognitivo tem por fundamento a cognição humana, um conceito geral que alcança todas as formas do conhecimento, incluídos a percepção, o raciocínio e o juízo de valor. A descrição detalhada do processo proposto neste trabalho está apresentada no item 4.3 A Estruturação de Problemas Complexos.

Para a fase de *avaliação global* das alternativas de solução no processo decisório, adotar-se-á a Análise Multicritério. Essa metodologia possibilita a comparação de cada alternativa de solução com todas as demais, em termos de atendimento simultâneo dos múltiplos objetivos estabelecidos no processo, por meio de critérios de avaliação, as variáveis de controle, que possibilitem a avaliação global de cada uma das alternativas comparadas. O detalhamento da técnica escolhida para este trabalho encontra-se no item 4.5 A Avaliação no Processo Decisório. O resultado do processo é representado pelo ordenamento (“ranking”) das alternativas de solução do problema, quando essas são globais e mutuamente exclusivas, ou

pela hierarquização das intervenções, quando a abrangência é parcial, constituída de ações complementares, ou independentes.

#### 4.2 OS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Segundo a Lei Federal nº 9433, artigo 5º, são instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos: 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 dos recursos hídricos; V – a compensação dos Municípios e VI – o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

A Lei Estadual nº 10.350, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul, estabelece como instrumentos de gestão, Seção 1: a outorga dos direitos de uso; Seção 2 – a cobrança pelo uso da água e Seção 3 – o rateio de custos das obras e proteção dos recursos hídricos. Essa lei estadual condiciona qualquer uso da água, com exceção dos “usos de caráter individual para a satisfação das necessidades básicas da vida” (art. 31), à prévia outorga e, também, vincula os referidos usos aos termos estabelecidos no Plano Estadual de Recursos Hídricos e aos Planos de Bacia Hidrográfica (arts. 29 e 30).

Nesta lei, a cobrança pelo uso da água destina-se, obrigatoriamente, a aplicações exclusivamente na bacia hidrográfica de origem e é vinculada à existência de intervenções aprovadas para a respectiva bacia. Também é vedada a formação de fundos sem que sua aplicação esteja assegurada e destinada no Plano de Bacia Hidrográfica (art.32). Para o rateio de custos, há exigência de prévia negociação no Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica, devendo haver a previsão de forma de retorno dos investimentos públicos. No

caso de recursos a fundo perdido, deve haver a justificação circunstanciada (art. 34, incisos I e II). A concessão de subsídios, somente é admitida nos casos de interesse público relevante e na impossibilidade prática de identificação de beneficiados para o consequente rateio de custos (art. 34, inciso III).

A Lei Estadual - RS nº 10.350 não inclui o *enquadramento* das águas, segundo classes, como instrumento de gestão, diferentemente do que está prescrito na Lei Federal nº 9433, art. 5º, inciso II. No Estado do Rio Grande do Sul, o enquadramento das águas é entendido como meta, como elemento constitutivo do Plano Estadual de Recursos Hídricos (art. 23, inciso II).

A compensação aos Municípios, prescrita com instrumento de gestão na Lei Federal nº 9433 (ar. 5º, inciso V), é contemplada na lei estadual –RS como diretriz específica da Política Estadual de Recursos Hídricos (art. 4º, incisos VI e VII).

O *Sistema de Informações*, também estabelecido como instrumento de gestão na lei federal, tem tratamento diferente na lei estadual-RS, pois aparece como atribuição do Departamento de Recursos Hídricos (art.10º, inciso II b,c) e, também, no Decreto Estadual-RS nº 37.033, especificamente na regulamentação referente ao instrumento Outorga e, novamente, como atribuição do referido DRH.

Além do Estado do Rio Grande do Sul, a maior parte dos Estados brasileiros, que já instituíram sua Política Estadual de Recursos Hídricos, estabeleceu, como instrumentos de gestão, a *outorga* dos direitos de uso, a *cobrança* pelo uso da água e o *rateio de custos* das obras hídricas. São os Estados da Paraíba, Ceará, Bahia, São Paulo, Sergipe, Santa Catarina e o Distrito Federal. Pernambuco, além da outorga e da cobrança, instituiu o Sistema de Informações como instrumento de gestão. Minas Gerais seguiu o modelo federal. O Rio Grande do Norte instituiu, diferenciadamente, como instrumento de gestão, o Plano Estadual e o Fundo Estadual de Recursos Hídricos, a outorga dos direitos de uso, o licenciamento das obras hídricas e a cobrança pelo uso da água.



Em nenhum dos Estados brasileiros o enquadramento das águas é entendido como instrumento de gestão. Por outro lado, é interessante ressaltar que, na Lei Federal nº 9433, não foi incluído o rateio de custos para esse fim.

A partir do exposto e procurando estabelecer uma visão mais clara e efetiva sobre o assunto, cabe dirimir algumas questões de semântica.

Em termos de planejamento e gestão, planos normalmente servem para estabelecer objetivos e metas a serem alcançados. Não podem, pois, ser admitidos como instrumentos de gestão, como no caso dos Planos Estaduais de Recursos Hídricos e dos Planos de Bacia Hidrográfica. Também se pode afirmar que enquadramento de águas, sob classes, representa metas, aspirações e não instrumento de gestão. Por outro lado, a compensação a Municípios deve ser entendida como forma de destinação de parte dos recursos arrecadados através de instrumentos de gestão e não como sinônimo desse meio. Por sua vez, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos também não pode ser considerado para o fim em questão, na medida em que representa, isto sim, um suporte operacional para esse meio.

Um aspecto talvez mais polêmico é o que diz respeito à diferenciação que tem sido estabelecida entre cobrança pelo uso da água e rateio de custos das obras e intervenções em recursos hídricos.

O rateio de custos, “um desdobramento do instrumento cobrança” (LANNA, 2000, p. 32), é tratado, em termos gerais, como uma forma de captação de recursos para a execução de intervenções estruturais, ou não, que visam à garantia da disponibilidade da água ocorrente no meio ambiente, para fins de uso. Nesse procedimento, de caráter financeiro, busca-se a eficiência distributiva, baseada na justiça social (equidade), no estabelecimento das contribuições pecuniárias no universo dos usuários envolvidos e a serem beneficiados diretamente por meio das obras e intervenções, ou indiretamente, por consequência das externalidades positivas.

Com relação à designação cobrança pelo uso da água, Lanna (2000, p. 32) a define como “um instrumento que pode ser usado para gerar recursos na bacia, primordialmente, e para estimular o uso social adequado da água, em caráter complementar, sendo uma aplicação dos **princípios poluidor-pagador e usuário-pagador**”. Esses conceitos são definidos a seguir, neste trabalho.

Azevedo, Baltar e Freitas (2000, p. 22), ao relatarem a experiência internacional, afirmam que “o uso de sistemas de cobrança de água bruta (...) é orientado, primordialmente, para a geração de receita e, com menor ênfase, para a eficiência econômica ou incentivos aos usuários para a mudança dos seus padrões de consumo”.

De outra parte, Garrido (2000, p. 57), ao destacar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos como “um dos instrumentos de gestão mais eficientes para induzir o usuário da água a uma utilização mais racional desse recurso”, reconhece que a questão de “quanto cobrar tem sido objeto de propostas as mais diversificadas, sem um direcionamento”. Essa falta de direção, segundo o autor citado, diz respeito à carência de princípios de cálculo que conduzam a um mínimo de uniformidade de critérios, para que a diversidade dos resultados decorra apenas das especificidades de cada região ou bacia. Em outras palavras, o mesmo autor espera que a referida diversidade de resultados ocorra por conta das naturais diferenças entre os mercados da água bruta e não pela existência de tantas metodologias de cobrança. Também preconiza, como fundamental, “o tratamento desigual para usuários economicamente desiguais”, justificando a “necessidade de aplicação de critérios que diferenciem preços e que também levem em conta os diferentes usos da água disponível no ambiente”.

Ainda Garrido (2000, p. 63), ao discorrer sobre alguns modelos de cobrança pelo uso da água propostos no Brasil, define a metodologia desenvolvida em São Paulo, para as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, como sendo “fundamentada nos **princípios poluidor-pagador e usuário-pagador**, por meio do rateio de custos de investimentos entre os diversos

setores de usuários...”. Vê-se, aqui, o reconhecimento de uma metodologia que trata, unificadamente, os conceitos de cobrança pelo uso da água e rateio de custos de investimentos.

Kelman (2000, p. 103) sustenta que

“a cobrança só deve ser implantada em bacias hidrográficas em que o conflito pelo uso ou a degradação ambiental já sejam problemas reais ou estejam prestes a eclodir (...) o aparato de gestão dos recursos hídricos só deve ser implementado quando o custo administrativo da instalação e de operação dos novos processos e instituições for inferior ao benefício da sociedade com a implantação do novo sistema (...)”.

A cobrança visa reconhecer a água como um bem econômico e dar ao usuário uma indicação do seu real valor (art. 19 da Lei Federal nº 9433). Esse autor também conclui pela necessidade de *vinculação da cobrança pelo uso da água à outorga do direito de uso*, justificando que tal vínculo leva à facilidade de controle (a repressão ao uso indevido ocorreria somente nas situações de “stress” hídrico), à uma colaboração dos usuários na fiscalização (denúncias de desperdícios, para evitar restrições de disponibilidade própria) e à aceitação mais fácil para o pagamento pelo uso da água. Conclui-se que o valor a ser pago deverá ser decidido (construído) pelo próprio usuário, com base na eficiência com que o mesmo usa a água, através de um processo que possibilite um tratamento equânime.

Recorrendo a uma breve retrospectiva, em 1972 a Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômicos (OCDE) definia o *princípio poluidor-pagador* como base da política ambiental dos países industrializados e ela filiados. Esse princípio, um meio penalizador, em que não era admitido qualquer tipo de subvenção, foi estabelecido tendo por finalidade a atribuição dos custos das medidas de prevenção e de luta contra a poluição, favorecendo o emprego racional dos recursos limitados do meio ambiente. Esses custos, relativos às medidas a serem tomadas pelos poderes públicos para que o meio ambiente permaneça em estado aceitável, devem ser totalmente imputados aos poluidores, na forma de

gravame dos custos dos bens e serviços que dão origem à poluição, em função de sua produção e/ou consumo.

Neste processo, também não são admitidas distorções importantes no comércio e nos investimentos internacionais, segundo a OCDE (apud MARTINEZ JÚNIOR, 2000, p. 119). Ainda, segundo o referido autor, o *princípio usuário-pagador*, introduzido conceitualmente a partir de 1989, pode ser entendido como uma extensão do *princípio poluidor-pagador*, pelo fato de que a água passa da situação de um *bem público de livre acesso* para a condição de um *bem econômico*, dotado de preços, além de valores de uso, devido à escassez de quantidade e/ou de qualidade. Também porque “a tarifação de recursos naturais é, como a luta contra a poluição, um domínio em que os preços não refletem integralmente os custos sociais de sua exploração. Os custos de sua utilização são, de um modo geral, negligenciados”.

O *princípio poluidor-pagador* inicialmente dizia respeito às medidas tomadas pelos poluidores para a redução da emissão de poluentes no meio natural. O passo seguinte, conceitualmente, foi imputar aos poluidores os custos das medidas administrativas tomadas pelos poderes públicos, devido às emissões de poluentes.

A extensão seguinte consistiu em aplicar o referido princípio aos custos dos danos causados pela poluição. Nesse estágio, um importante avanço ocorreu a partir de 1991, com a recomendação relativa à utilização dos instrumentos econômicos nas políticas ambientais, em termos de exigência de *internalização* dos custos de prevenção e de luta contra a poluição, assim como dos custos dos danos, através da imputação de uma tarifa proporcional aos efluentes emitidos. Vê-se, aqui, mesmo considerado o caminho penalizador, a viabilização da cobrança pelo uso da água, como corpo receptor de despejos, através de um meio que pode ser considerado um rateio de custos. Essa conotação pode ser confirmada considerando-se a arrecadação de um determinado montante de recursos financeiros destinado a intervenções

para atenuar danos a um manancial hídrico, constituído pela tarifação imputada a um grupo de poluidores, proporcionalmente às características das emissões (padrões/intensidade/regime).

*Sem dúvida, e desde o início, a cobrança pelo uso da água tem sido efetivada através de rateios de custo.*

Afirmam Martinez Júnior e Braga (1995, p. 86) que “os **princípios poluidor-pagador** e **usuário-pagador** possibilitam a implementação prática do desenvolvimento sustentável uma vez que geram recursos financeiros para a conservação do meio ambiente e internalizam custos ambientais desincentivando atividades danosas à Natureza”. Novamente, a clara ligação conotativa da cobrança via rateio de custos, para o financiamento das intervenções mitigadoras.

Uma das importantes conclusões do trabalho de Conejo (2000, p. 133) elucida claramente o assunto, em termos de que

a escolha do modelo de cobrança, como rateio de programa de investimentos, não implica que os outros instrumentos de análise econômica, como a disposição a pagar, ou dos preços econômicos ótimos, não sejam considerados, por exemplo, para o suporte na determinação dos preços unitários e dos coeficientes multiplicadores e seus limites.

Esta conclusão remete para a alternativa plausível de utilização de um modelo baseado no rateio de custos, suportado por rotinas, parâmetros e variáveis estruturados com vistas, também, à busca da eficiência econômica, além da eficiência distributiva.

*Aqui, vislumbra-se um modelo de cobrança híbrido que conjugue meios complementares que possibilitem a maximização da **eficiência (econômica e distributiva)** no uso da água, como efetivo instrumento de gestão.*

Cánepa (2000, p. 43), ao discorrer sobre o *princípio usuário-pagador (PUP)* como instrumento de financiamento, afirma que, “além da sua função incitativa, o **PUP** pode ter uma função complementar de financiamento, pela reaplicação, na própria gestão (planejamento e intervenção) do recurso hídrico, dos fundos arrecadados pela cobrança”. Adiante, o mesmo autor esclarece que “nada assegura que os recursos arrecadados pela

cobrança coincidam, instantânea ou intertemporalmente, com os recursos necessários aos investimentos programados (...) se os recursos arrecadados excederem os dos investimentos, poderá haver uma capitalização do fundo financiador (...).”

Aqui há um conflito com o que prescreve a Lei Estadual nº 10.350, por interpretação e destaque no art. 32, inciso I, no sentido de que a cobrança está vinculada à existência de intervenções estruturais e não estruturais aprovadas para a respectiva bacia, sendo vedada a formação de fundos sem que sua aplicação esteja assegurada e destinada no Plano de Bacia Hidrográfica. Depreende-se daí, que o possível excedente de recursos arrecadados ficaria sem destinação definida, o que é vedado em lei.

Lanna, Pereira e Cánepa (1997, p. 77), ao apresentarem a abordagem análise **custo-efetividade** (descrita no próximo item deste trabalho) na aplicação do *princípio usuário-pagador* para a cobrança pelo uso da água, afirmam que “trata-se de uma conotação como a taxa de condomínio, uma contribuição, uma cotização, por parte dos usuários, no sentido de constituir os fundos necessários para a efetivação das intervenções decididas pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica”.

Por outra parte, analisando o texto do já citado art. 32, conclui-se que, pelo menos no que diz respeito ao que está estabelecido para a Política de Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul, *a cobrança pelo uso da água passa, obrigatoriamente, pelo rateio de custos*.

Lanna, Pereira e Cánepa (1997, p. 77) trazem, como base conceitual para a cobrança pelo uso da água, a incapacidade dos mecanismos de mercado de contabilizar os custos sociais que as decisões individuais de cada usuário impõem aos demais. Como decorrência, surge a necessidade de intervenção do poder público para a racionalização da utilização dos recursos hídricos, “garantindo a eficiência produtiva e a satisfação dos usuários competidores, visando ao desenvolvimento integrado das regiões das bacias hidrográficas”. Partindo desses argumentos básicos, os autores apresentam o desenvolvimento de um sistema de apoio à

cobrança pelo uso da água, na forma de “um instrumento concebido como um problema de rateio de custos, através da utilização de critérios de equidade para a arrecadação de fundos para investimentos” na bacia hidrográfica do rio dos Sinos. O sistema proposto por esses autores para apoio à cobrança pelo uso da água condiciona a definição dos valores tarifários ao montante a ser arrecadado em cada ano para os investimentos na bacia hidrográfica em questão, ou seja, essencialmente, um rateio de custos.

Juntamente com a **outorga**, a **cobrança** cobre, praticamente, todo o espectro de objetivos de uma gestão bem estruturada de recursos hídricos. Os demais instrumentos de gestão do uso da água, como os planos diretores de bacia, o enquadramento dos corpos de água, os sistemas de informações sobre recursos hídricos e as compensações aos municípios pelas inundações por reservatórios artificiais, em que pese a importância de seu conjunto, terminam por atuar como elementos auxiliares da **cobrança** e da **outorga**, pois se situam no contexto intermediário do planejamento do uso da bacia hidrográfica, enquanto que a **cobrança**, tanto quanto a **outorga**, atua diretamente sobre o agente econômico principal que é o usuário da água (MAGALHÃES, 2002).

Isto posto e no escopo desse trabalho, consideram-se como instrumentos de gestão dos recursos hídricos: a **outorga** dos direitos de uso e a **cobrança** pelo uso da água.

A outorga dos direitos de uso da água não faz parte do presente trabalho. Apresentações detalhadas sobre esse instrumento de gestão podem ser encontradas em Lanna (1996a), Pereira e Lanna (1996), Granziera (1995), Silveira et al. (1998), Ferraz e Braga (1998) e Ribeiro (2000).

Na legislação, a outorga dos direitos de uso da água está instituída na lei Federal nº 9433 nos arts. 11 a 18 e na Lei Estadual-RS nº 10.350, nos arts. 29 a 31 e regulamentada pelo Decreto Estadual-RS nº 37.033/96.

Embora não previstos na Lei Federal nº 9433, nem nas leis estaduais pertinentes ao assunto, outros instrumentos regulatórios (mandato-controle) de caráter normativo, além da outorga dos direitos de uso, são previstos na legislação ambiental específica. Estes instrumentos de regulamentação, dentre eles o *licenciamento ambiental*, estão fundamentados

complementarmente em Ribeiro (2000, p. 5), para fins de uma compreensão mais abrangente da matéria aqui abordada.

Com relação à cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, base desse trabalho, o próximo item trata, especificamente, da aplicação desse instrumento de gestão dos recursos hídricos.

#### **4.2.1 A cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água do ambiente**

A situação atual dos recursos hídricos no Brasil, em termos quantitativos ou qualitativos de oferta e demanda da água, considerada a variabilidade espacial/temporal, tem levado ao consenso de que cobrar pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água não é mais uma questão de opção, mas sim, de *como* fazê-lo. Neste contexto, há a expectativa de que a crescente conscientização pró-ambiente, fenômeno inquestionável nesses tempos, conduza à percepção do real valor da água.

Mostram-nos os economistas e traz a experiência que a ausência de um preço, ou a atribuição de valores muito baixos, ou a prática de subsídios diretos substanciais, levam à ineficiência na alocação da água, ao desperdício e às falhas no fornecimento, além do endividamento dos órgãos públicos de gestão.

Por outro lado, é importante ter presente que a cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água deve ser entendida como um instrumento de gestão e não um simples meio arrecadatório e que “só deve ser implantado em bacias hidrográficas em que o conflito pelo uso ou degradação ambiental já sejam problemas reais ou estejam prestes a eclodir” (KELMAN, 2000, p. 103).



Por força da Constituição Federal de 1988, a água do ambiente é um *bem público*, que não pode ser vendido, cabendo apenas a cobrança pela garantia de ter e pelo uso que dele se faça. De outra parte, a escassez em quantidade e/ou qualidade dotou esse recurso natural da caracterização de *bem econômico*, cujo preço depende do balanço entre a disponibilidade na natureza e a procura. Na realidade, o preço da água do meio ambiente é fundamentado subjetivamente no nível de preferência que os usuários manifestam para cada uso desse recurso e decorrência das condições de oferta e procura em cada região de bacia hidrográfica.

Há duas abordagens: a *econômica* e a *financeira*.

Sob o aspecto econômico, a cobrança pelo uso da água visa à internalização dos custos sociais, estimados pela disposição a pagar pelo uso, por parte dos usuários da água, com base no *custo marginal*. Sob o aspecto financeiro, objetiva-se a formação de fundos para investimentos futuros ou para o ressarcimento de intervenções realizadas, para a garantia de disponibilidade, além do suporte à gestão, com base no *custo médio* de produção e gerenciamento dos recursos hídricos.

Em termos mais objetivos, o fundamento maior para a crescente aceitação dos instrumentos econômicos nas políticas ambientais e, mais especificamente, da cobrança pelo uso da água, baseia-se no que é comumente apontado como uma *falha* no mecanismo de mercado. Em economia, uma das condições estruturais de mercado é que a totalidade dos custos de produção e consumo sejam refletidos nos preços de mercado. No entanto, no contexto de um mercado real, os custos marginais privados de produção não incluem os custos marginais sociais decorrentes das *externalidades*. Essas externalidades são definidas, segundo Turner, Pearce e Bateman (1994, p. 79), como “efeitos laterais não intencionais de produção e consumo que afetam a terceiros, positiva ou negativamente”.

Esse fato ocorre porque, para alguns insumos de produção, como a água do ambiente, não há um mecanismo adequado de apropriação de custo, o que acarreta as já referidas

*deseconomias* a terceiros, que não são ressarcidos (devido às externalidades negativas), nem onerados (como beneficiados pelas externalidades positivas). Isso leva à ineficiência na alocação dos recursos. Essa falha de mercado conduziu, a partir de 1987, por parte da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômicos), ao *Princípio Usuário-Pagador*, base conceitual dos instrumentos econômicos para a gestão dos recursos hídricos. Em suma, esse princípio fundamenta-se na obrigação do usuário da água a incorporar os custos gerais externos que impõe a terceiros, ao usar esse recurso natural.

*Aqui levanta-se a possibilidade da bonificação para o usuário que gere benefícios sociais em decorrência de externalidades positivas.*

A utilização dos instrumentos econômicos na gestão dos recursos hídricos pode possibilitar, por assim dizer, a incorporação dos custos ou benefícios sociais gerados pelas *externalidades* (positivas ou negativas). Para maior entendimento desse pressuposto, considere-se a Figura 4.3.

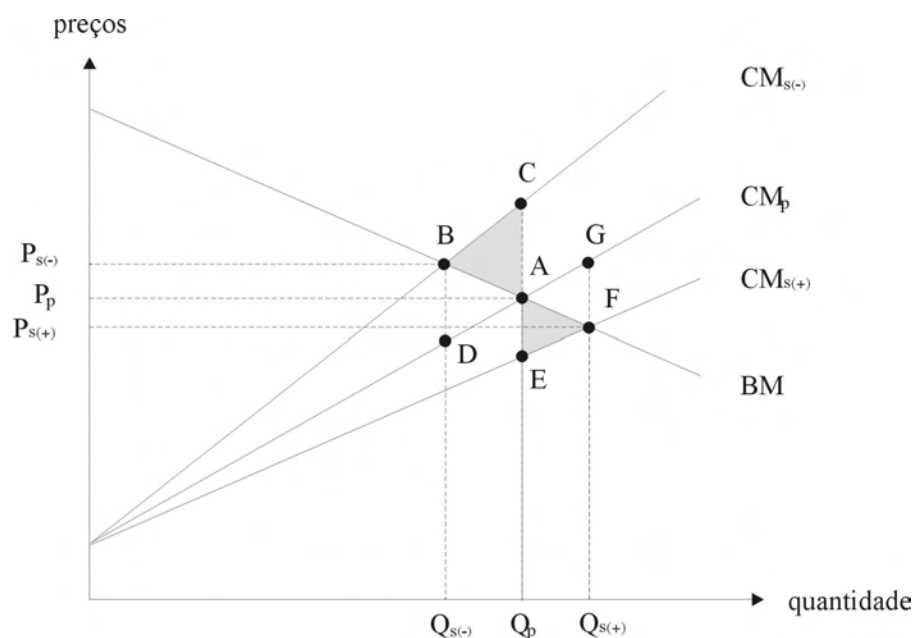


Figura 4.3: Preços marginais e externalidades  
Fonte: Adaptado de Carrera-Fernandez, 1997, p. 255

Onde:

**CM<sub>p</sub>** = custo marginal privado (valor de oferta unitária adicional de água, ou de abatimento de unidade adicional de carga poluente, p. ex.)

**BM** = benefício marginal

**CMs (-)** = custo marginal social, incorporadas as externalidades negativas

**CMs (+)** = custo marginal social, incorporadas as externalidades positivas

Sob a ótica privada e para as leis de mercado tradicionais, a quantidade **Q<sub>p</sub>** maximiza os benefícios privados, a um preço **P<sub>p</sub>**, para o ponto de equilíbrio **A**, para um determinado uso da água e para um certo usuário, ou classe de usuário. No entanto, considerando as *externalidades negativas* que geram o custo adicional **AC** à sociedade, fica caracterizada a alocação ineficiente (socialmente) da quantidade **Q<sub>p</sub>**.

O preço (benefício marginal) socialmente eficiente (alocação de recursos ótima) é obtido quando é incorporado o custo social (externalidade), considerando-se, para isso, a curva do custo marginal social **CMs (-)**. Isto é obtido reduzindo-se a quantidade de **Q<sub>p</sub>** para **Q<sub>s</sub> (-)**, para o novo ponto de equilíbrio **B** e preço socialmente ótimo **P<sub>s</sub> (-)**. Vale dizer que a incorporação das externalidades negativas por parte do usuário, em termos de custos de produção e consumo, leva ao aumento do preço de **P<sub>p</sub>** para **P<sub>s</sub> (-)** e reduz a quantidade de **Q<sub>p</sub>** para **Q<sub>s</sub> (-)**.

Admitindo a cobrança de uma tarifa equivalente ao custo **BD** da externalidade negativa para uma quantidade reduzida **Q<sub>s</sub> (-)**, o benefício total sofreria uma redução equivalente à área **Q<sub>s</sub>(-)**BAQ<sub>p</sub>**, mas o custo total também seria reduzido, mas na medida da área **Q<sub>s</sub>(-)**BCQ<sub>p</sub>**, representando um ganho líquido para a sociedade, equivalente à área **ABC**. Por outro lado, considerando a bonificação **AE** resultante de externalidades positivas, caracteriza-se novamente uma alocação ineficiente, considerada a quantidade **Q<sub>p</sub>**. Nesse caso,****

a alocação ótima para um benefício marginal socialmente ótimo,  $P_s (+)$  (pois o usuário primário também faz parte da sociedade) passa a ser  $Q_s (+)$ , para o novo ponto de equilíbrio  $F$ .

Admitindo a bonificação  $AE$  (por unidade) em favor do usuário ou classe de usuários (como redutor dos seus custos privados de produção e consumo), para uma quantidade  $Q_s (+)$ , o benefício total sofreria um aumento equivalente à área  $QpAFQs (+)$  e o custo total teria um aumento representado pela área  $QpEFQs(+)$ , o que resultaria, novamente, em um ganho líquido para a sociedade, equivalente à área  $AFE$ .

Pelo exposto, em tese e exclusivamente sob o ponto de vista econômico, a alocação ótima em termos de uso da água, por parte de um determinado usuário, ou classe de usuários, ocorreria quando o(s) mesmo(s) conseguisse(m) *pagar* os custos sociais decorrentes de suas externalidades negativas com as bonificações creditadas por conta das externalidades positivas. Essa situação conduziria à tarifa nula, que pode ser considerada, conceitualmente, uma meta para qualquer modelo de cobrança. A propósito, segundo Kelman (2000, p. 103), “idealmente, o usuário deverá racionalizar a utilização da água, diminuindo, ou mesmo eliminando a cobrança que lhe é destinada”.

*Por outro lado, considerando que é praticamente impossível a ocorrência do pressuposto levantado em um universo real de múltiplos usuários, pode-se pensar, preliminarmente, na criação de um mercado de uso da água. Nesse possível mercado da água, haveria subsídios cruzados, onde os usuários mais eficientes (com superávit por geração de externalidades positivas) receberiam bonificações dos usuários menos eficientes (em déficit por geração de externalidades negativas). O Estado cumpriria o papel de gestor, não subsidiando mas, eventualmente, concedendo a chancela para a viabilização de financiamentos aos usuários menos eficientes no uso da água, na busca de alocação ótima desse recurso. Essa visão será aprofundada adiante, no item que trata do modelo de cobrança proposto (Capítulo 5).*

A questão da valoração monetária dos recursos naturais é um tema bastante explorado, principalmente na área da Economia Ambiental, podendo ser citados, para um maior aprofundamento na matéria, Kneese e Bower (1968), Turner, Pearce e Bateman (1994), Lanna (1996a), Cánepa (2000), Coase (1960) e Baumol e Oates (1971).

Em síntese, a problemática da cobrança pelo uso da água pode ser, preliminarmente, colocada nos termos que seguem.

*Considerando a variabilidade espacial/temporal e os múltiplos valores e usos da água, além da característica extra-mercado desse bem público e as acentuadas diferenças entre os usuários no que se refere a diferenças de poder econômico e à eficiência no uso, como determinar os preços pelo uso da água que garantam a maximização conjunta da eficiência econômica (para a alocação ótima e incitação ao uso racional) e da eficiência distributiva (equidade no tratamento dos usuários)?*

Nos itens que seguem, tratam-se dos objetivos da cobrança pela garantia de disponibilidade pelo uso da água, das modalidades de aplicação desse instrumento e da experiência brasileira.

#### 4.2.1.1 Objetivos da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água do ambiente

Cotejando Lanna (1996b, p. 3), Garrido (2000, p. 60), Carrera-Fernandez (1997, p. 256), Kelman (2000, p. 103) e Magalhães (2002) com o que prescreve a Lei Federal nº 9433/97 da Política Nacional de Recursos Hídricos, pode-se concluir como sendo os objetivos da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água:

- arrecadação de fundos para a gestão e para a recuperação e/ou expansão da oferta quantitativa e/ou qualitativa de água;
- valorização e incorporação das dimensões social e ambiental no desenvolvimento social integrado.
- aumento da eficiência produtiva, através da racionalização e otimização dos vários usos, por retirada e poluição da água;
- redistribuição equitativa dos custos sociais.

O primeiro objetivo, referente à arrecadação de fundos financeiros, para a garantia de disponibilidade, visa à *eficiência distributiva*, incluído o suporte à gestão dos recursos hídricos, necessário para o desenvolvimento sustentável na região da bacia hidrográfica. Este instrumento financeiro de gestão também serve de meio para a obtenção do segundo objetivo elencado, referente à consideração das componentes social e ambiental, como complementos ao crescimento econômico.

O terceiro dos objetivos, que visa à eficiência econômica, pode ser alcançado primeiramente pela introdução da cultura da redução do desperdício da água e, a médio e longo prazo, pela inovação tecnológica em termos de processos e procedimentos de produção e de reordenamento espacial das atividades econômicas. Esse último aspecto diz respeito ao estímulo à realocação de atividades uso-intensivas de água para outros locais com balanço hídrico equilibrado. Este terceiro objetivo também visa à redução da carga quali-quantitativa poluente lançada na água disponível no ambiente, aqui entendido o uso na forma de lançamento de efluentes.

O quarto objetivo, que visa à redistribuição equitativa dos custos sociais, pode ser alcançado pela diferenciação de preços entre as diferentes categorias de usuários, também função dos variados usos da água mas, principalmente, como consequência da *eficiência no uso da água* por parte de cada usuário ou de cada classe de usuários.

Adotando uma visão estratégica, conforme apontado no item 2.1.1 A necessidade de pensar e agir estrategicamente, e a partir dos objetivos já referidos para a cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, pode-se ter o reordenamento que segue, a título de elucidação, representado na Figura 4.4.

As considerações feitas nesta etapa do trabalho com relação aos objetivos da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água resultaram da revisão da literatura, admitidos os referidos objetivos como pré-existentes. Com relação a essa questão, preconiza-se que o estabelecimento dos objetivos (estratégicos, fundamentais e meio) e da estrutura hierárquica, deve ser o resultado de uma ampla discussão e negociação no âmbito do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica. Nesse processo, são pressupostos o permanente aprendizado e a valorização da subjetividade como fator inerente ao contexto decisório.

A sistemática proposta nesse trabalho, para esse fim, está descrita adiante, no item 4.3 A Estruturação de Problemas Complexos.

#### 4.2.1.2 Modalidades de cobrança

Descrevem-se as características fundamentais das abordagens e modalidades que têm sido apresentadas e discutidas para fins de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, com base no *princípio usuário-pagador* (incluído o *princípio poluidor-pagador*) e nos limites prescritos pela legislação vigente sobre o assunto.

Em termos gerais, têm sido consideradas duas abordagens básicas para a fixação do *preço público* pelo uso da água: a que utiliza o **custo marginal** de produção e consumo ou de controle e a que é baseada no **custo médio** destes itens.

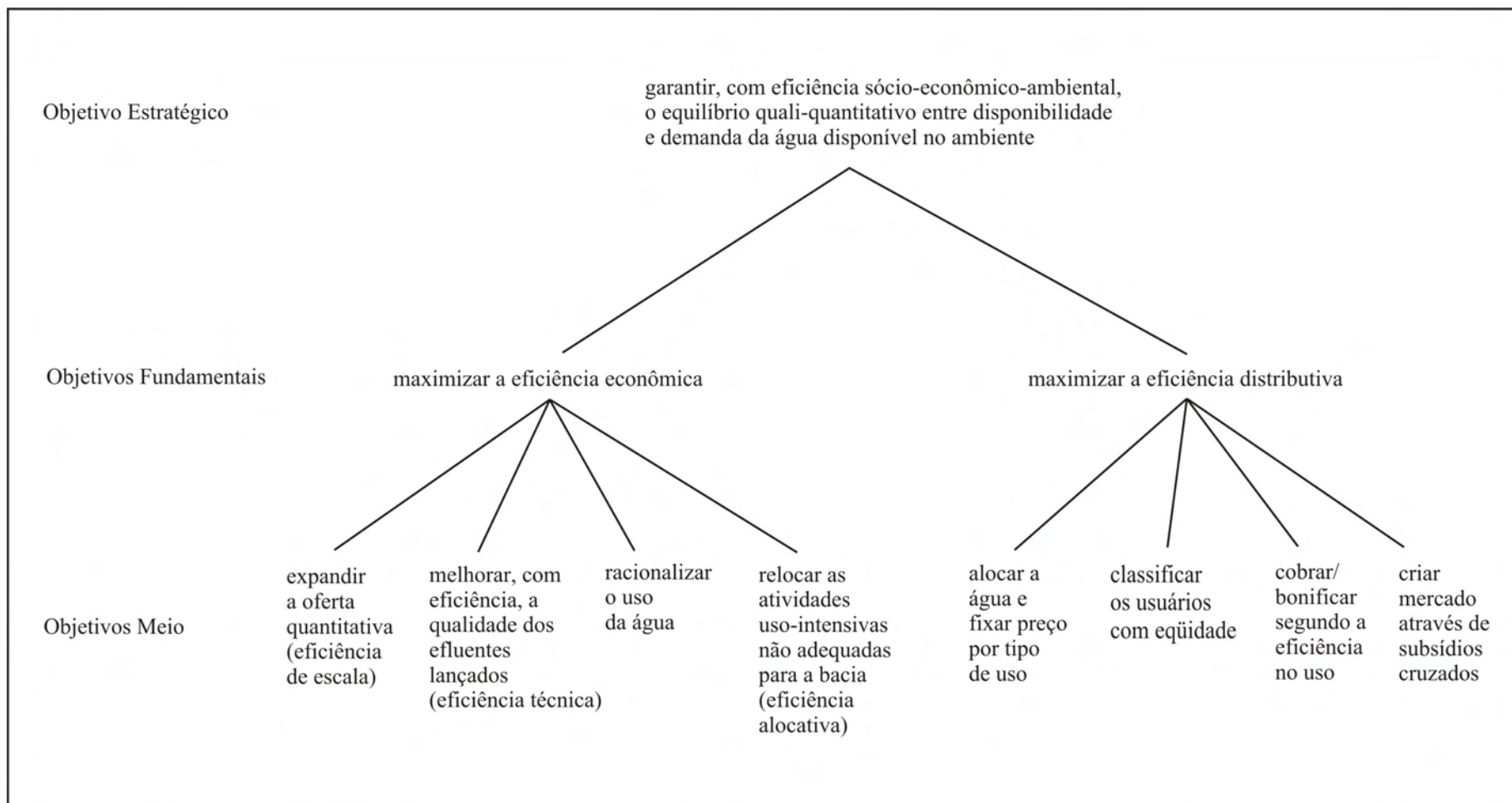


Figura 4.4: Hierarquia dos objetivos da cobrança pelo uso da água disponível no ambiente

Fonte: Interpretação do autor, com base na Lei Federal nº 9433, Lanna (1991, 1996a), Garrido (2000), Kelman (2000) e Carrera-Fernandez (1997)



Nas opções de uso do custo marginal, há modalidades que utilizam a *curva de demanda* pelo uso da água, que representa a *disposição (aceitação)-a-pagar* por parte dos usuários e outras que desconsideram essa informação, pelo menos de forma direta. Neste processo, visa-se, prioritariamente, à *eficiência econômica*, na forma de uma alocação ótima e indução ao uso racional da água.

Nos que utilizam o custo médio, a prioridade é a *eficiência distributiva*, que se refere ao tratamento equitativo a ser dispensado aos usuários.

Considera-se custo marginal de *curto prazo*, aquele destinado à cobrança pelo uso da água, baseado nos custos de operação, manutenção e reposição nos sistemas de provimento de água ou de tratamento de despejos. Por outro lado, custo marginal de *longo prazo*, refere-se à cobrança pela garantia de disponibilidade de água, na forma de investimentos futuros.

Em tese, referindo Lanna (1996b, p. 2), “uma política ótima de expansão de um sistema deve prever que os custos (marginais) de longo prazo e de curto prazo sejam idênticos”.

Cabe ressaltar que a expansão do nível de uso da água, tanto pode ser obtida pelo aumento da capacidade de produção (no conceito de longo prazo), como pela intensificação do uso da capacidade atual ou corrente (curto prazo). A melhoria do uso de nível corrente pode ser alcançada pelo racionamento desse uso.

No caso da utilização do custo médio de produção e consumo, o preço pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água é determinado com base no impacto da cobrança no universo dos usuários, a partir de valores pré-fixados em faixas de preço, sob critérios de equidade, tanto no que diz respeito aos gastos correntes, como aos destinados a investimentos futuros. Vale dizer, que essa modalidade leva em conta, fundamentalmente, a capacidade de pagamento dos usuários da água.

A seguir, são descritas as peculiaridades, aplicabilidade, vantagens e desvantagens das formas de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água. Os modelos comentados são baseados nas abordagens citadas, também consideradas de forma conjunta.

### Custo Ótimo

Trata-se, na realidade, de uma situação idealizada e praticamente impossível de obter-se no contexto atual, baseada na **análise custo-benefício**. Considera-se o *preço ótimo* correspondente ao ponto de equilíbrio, por exemplo, entre as curvas de *demanda* e de *oferta* de água. Aqui se visa, fundamentalmente, à *eficiência econômica*. Considere-se a Figura 4.5.

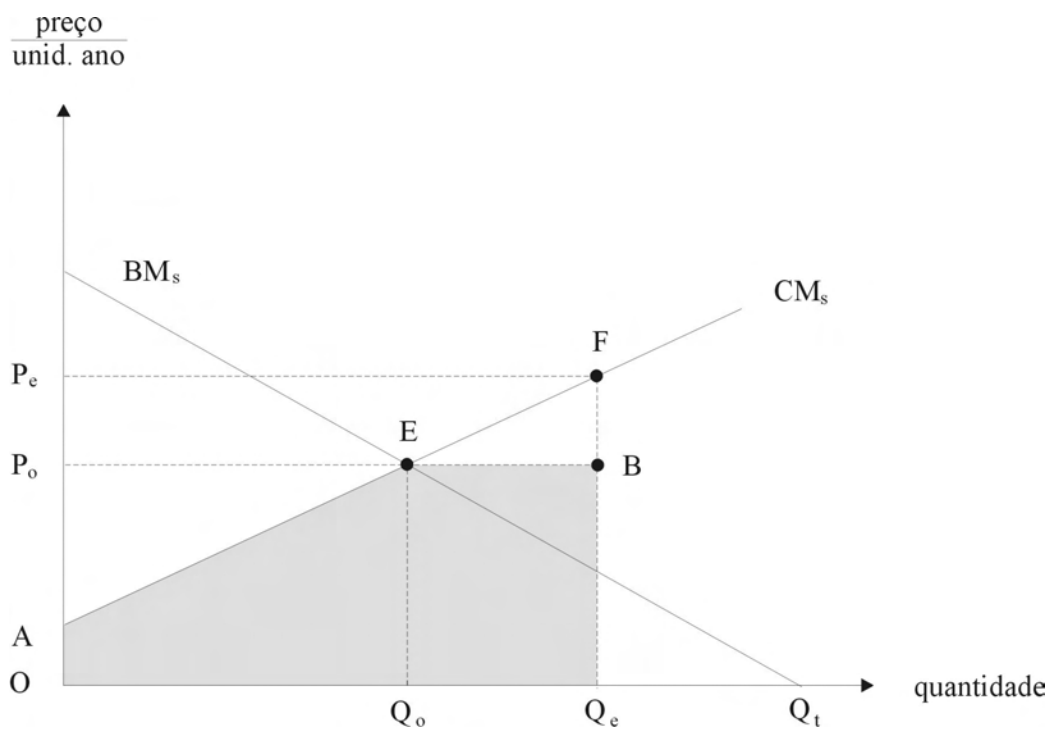


Figura 4.5: Análises custo-benefício e custo-efetividade  
Fonte: adaptado de Kneese e Bower, 1968, p. 99

No eixo das abcissas, estão representadas as quantidades totais de oferta adicional de água, ou redução da carga poluidora, para valores realizáveis a curto prazo. No eixo das ordenadas estão representados os preços marginais, correspondentes aos custos marginais

sociais (**CMs**) e benefícios marginais sociais (**BM**s). Conforme Seroa da Motta (1998, p. 12), esses benefícios “são aqueles bens e serviços, privados e ambientais, que a recuperação, manutenção ou expansão da provisão dos recursos hídricos oferecerão para a sociedade, impactando, positivamente, o bem-estar das pessoas”.

Por outro lado, “os custos representam o bem-estar que se deixou de ter, em função do desvio dos recursos da economia para aplicação em políticas ambientais em detrimento de outras atividades econômicas“. Essas duas retas, consideradas simplificada, representam, respectivamente, a taxa declinante de benefícios sociais e a taxa crescente de custos sociais, conforme aumenta a quantidade **Q**. Na realidade, essas taxas de variação são as derivadas primeiras da curva de benefícios totais e da curva de custos sociais totais. No caso, ambas as derivadas são positivas, ascendente para os custos e declinante para os benefícios. Ou seja, quanto maior a quantidade **Q** pretendida, menor é o benefício auferido e maior é o custo, por unidade adicional.

O encontro dessas duas retas (**BM**s e **CM**s) representa o *ponto de equilíbrio* entre custo e benefício, ou melhor, é o ponto correspondente à quantidade **Q** que maximiza a diferença entre os valores totais dos benefícios e custos totais sociais. **Po** seria, então, o preço pelo uso da água e considerado o valor ótimo. Nessa concepção inicial, em que, prioritariamente, é visada a eficiência econômica, o custo marginal é entendido como de curto prazo.

A análise **custo-benefício**, bem como a extensão para a abordagem **custo-efetividade**, exposta a seguir, foram apresentadas inicialmente por Baumol e Oates (1971) e Pearce (1986) e mais recentemente, por Tietenberg (1992).

Para interpretação da Figura 4.5, até a quantidade **Qo** (*ótima*), o usuário internalizaria os custos de produção e consumo, totalizando o valor equivalente à área **OAEQo**, ou seja, quando ocorrem custos unitários menores do que **Po**. Para as quantidades excedentes, acima

de  $Q_0$ , o usuário pagaria o acréscimo delimitado pelo preço  $P_0$ , para custos unitários maiores do que esse valor. Por exemplo, o usuário optaria pelo lançamento dos efluentes, sem tratamento, para as quantidades que excedessem a  $Q_0$ .

Em termos práticos e à luz da análise custo-benefício, para o caso de abatimento porcentual da carga poluidora ( $Q$ ), a eliminação total é tecnicamente impossível e, também, desnecessária (isto porque os mananciais hídricos possuem uma considerável capacidade natural de auto-depuração, em especial quando os despejos são orgânicos), além do custo exorbitante a que tal fato levaria. Em tese, essa modalidade atenderia, exclusivamente, aos requisitos de eficiência econômica, mas, também, acarretando a discutível situação de, por exemplo, pagar para seguir poluindo, a partir de um certo nível economicamente conveniente de abatimento da poluição.

Porém, no contexto real da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, essa modalidade é inaplicável, principalmente porque depende do conhecimento da *estrutura de preferências* dos múltiplos usuários dos variados usos da água, um *bem público*. Isto, também, porque não há como estabelecer, com um mínimo de confiabilidade, a curva marginal de benefícios sociais, na realidade atual. Essa curva, que é a derivada primeira da curva de benefícios totais, baseia-se, essencialmente, na *disposição-a-pagar* por parte dos usuários da água, representando a procura por esse recurso natural. Para uma melhor compreensão dessa problemática, veja-se o item 2.3 Os Usos, Valor e Preços pelo Uso da Água, onde estão descritos os fundamentos e métodos a cerca da grande complexidade que envolve a determinação da curva de demanda pelo uso da água.

Lanna (1996b, p. 22), tecendo críticas à análise custo-benefício, afirma que

o problema de quantificação, em bases econômicas dos custos e benefícios ambientais de intervenções, é a principal restrição que pode ser feita a essa abordagem. Embora muito esforço esteja sendo dedicado ao desenvolvimento de técnicas de valoração, (...), ainda existem conseqüências que não podem ser valoradas, tanto por desconhecimento da dinâmica ambiental, que impede a realização de projeções confiáveis a médio e longo prazos, quanto por dificuldades de introdução das necessidades e demandas

das futuras gerações, quanto pelas diferenças, (...), entre preferências sociais. Outro problema é que ela falha na recuperação da degradação devido às ações passadas. Sendo assim, ela pode ser pouco efetiva na maior parte das situações em que o ambiente esgotou sua capacidade de assimilação de resíduos e que medidas de recuperação, e não apenas de mitigação, devam ser aplicadas.

Outras importantes objeções à utilização da análise custo-benefício, para fixação de preço pelo uso da água, principalmente sob os aspectos teóricos e de conceitos, podem ser encontradas em Lanna, Cánepa e Pereira (1997, p. 6) e Seroa da Motta (1998).

### **Custo-Efetividade**

É um processo que, em síntese, não depende do conhecimento da curva de demanda por água, ou seja, da *disposição-a-pagar*, e não busca um padrão ótimo de uso mas, sim, o alcance de uma meta pré-estabelecida para a quantidade **Q**, ao menor custo possível para a sociedade. Aqui, amplia-se a exigência em termos de recuperação e preservação ambiental, além da visão unicamente econômica.

Com a instituição dos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, passa-se a contar com um legítimo meio para a fixação e alcance dessas metas, que visam ao uso racional, iniciando pelo *enquadramento* das águas dos mananciais. A aplicação dessa modalidade depende, uma vez acordadas e dimensionadas as intervenções, da determinação da curva de custos marginais sociais. Aqui não se procura, então, a máxima eficiência econômica. A cobrança pelo uso da água também passa a ser entendida, ressalte-se nesse momento, como um instrumento financeiro, que visa à arrecadação para fazer frente às intervenções aprovadas para a bacia. Nessa modalidade não há, objetivamente e por princípio, a internalização dos custos externos, pelo menos em parte.

Na Figura 4.5, considere-se a quantidade **Q<sub>e</sub>**, fixada como meta. Essa quantidade programada resulta em um preço **P<sub>e</sub>** por unidade, por ano. Novamente, mas não sob a ótica da

otimização, os usuários com custos inferiores a  $P_e$  seriam motivados a internalizar esses custos, mas aqueles com custos unitários acima daquele valor, tenderiam a pagar o preço fixo  $P_e$ , para quantidades acima de  $Q_e$ , mas com a ampliação dos benefícios sociais ( $Q > Q_e$ ) e não apenas sob a ótica da eficiência econômica. O custo total da intervenção seria, nesse caso, distribuído entre todos os usuários da água atingidos.

Como já referido, o instrumento de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água passaria a ter as funções econômica e financeira. Aqui devem ser consideradas, por consequência, as eficiências econômica e distributiva (eficiência sócio-ambiental). Ou seja, um instrumento de gestão com maior abrangência, em termos do alcance do bem-estar social, visando ao desenvolvimento sustentável na região da bacia hidrográfica.

*Nessa modalidade, a questão central passa a ser: como estabelecer, com efetividade, a quantidade  $Q_e$  (efetividade fixa), ou o preço  $P_e$  (custo fixo). Por exemplo, como fixar esses valores de forma a compatibilizar as metas pretendidas com a capacidade de pagamento por parte dos usuários da água, tanto econômica, como financeiramente? Como igualar os montantes arrecadados com os custos das intervenções decididas e programadas, sem faltas nem sobras, como prescreve a Lei Estadual-RS 10.350?*

Considerando a função também arrecadatória da modalidade custo-efetividade e à luz da legislação vigente para a Política de Recursos Hídricos cabe, então, apontar algumas restrições importantes para a implementação desse instrumento, considerado o contexto decisório atual e, também, em termos de concepção. Uma delas refere-se ao fato de que as metas estabelecidas, via enquadramento das águas, por exemplo, são, devido a questões tecnológico-financeiras, programadas com horizonte estendido levando às curvas de custo marginal de *longo prazo*, o que “acarreta uma tutela e pressão indesejáveis por parte do Estado” (CÁNEPA, 1996, p. 8), possibilitando, em contrapartida, uma melhoria sensível na *eficiência alocativa*, como se demonstra adiante.

Outra restrição deve-se ao crescimento exponencial da curva de custo marginal em seu trecho final, levando a custos impraticáveis para quantidades  $Q$  elevadas, por exemplo, para abatimento entre 80-100 % da carga poluidora gerada. Para metas dessa ordem, o órgão gestor perde a efetividade em termos de viabilização do aporte financeiro para fazer frente às intervenções necessárias.

Seroa da Motta (1998, p. 24) ressalta a necessidade de um adequado conhecimento das funções de custo e de níveis de emissão dos usuários (no caso de poluição) e a dificuldade representada pelo fato de que “cada usuário exibe uma tecnologia e uma escala de controle distintas que podem refletir uma situação particular de controle”. Essa particularidade dificulta a obtenção de uma estimativa aceitável para o custo marginal.

De outra parte, pode se trazer uma outra restrição passível de ocorrência, sob o aspecto de concepção. Como as já referidas metas deverão ser, prioritariamente, discutidas e estabelecidas *por decisão política* nos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, a abordagem custo-efetividade poderá levar a distorções, em termos de ineficiência na alocação da água, consideradas as condições de ocorrência desse recurso em termos de variabilidade de espaço e tempo, além dos múltiplos usos e da diversidade dos usuários.

Melhor esclarecendo, é importante frisar que o estabelecimento de metas para uso da água deve atender aos condicionantes técnicos, econômicos e financeiros, nem sempre adequadamente levados em conta nos *acalorados* debates nos Comitês, além dos indispensáveis pressupostos de justiça social e de sustentabilidade ambiental. Esperam-se *boas decisões políticas*, indiscutivelmente importantes, nos Comitês de Gerenciamento, mas daí a concretizá-las, há um grande espaço.

Há, pois, o risco da inviabilidade econômica e ou financeira e também a possibilidade da ineficiência distributiva, pois a modalidade em questão não trata com equidade os usuários, vale dizer, não atribui preços unitários diferentes em função da desigualdade de performance

entre os que pagam. Porém esperando-se uma crescente qualificação nos debates dos Comitês, fruto do aprendizado e do construtivismo que já permeia nas discussões, pode-se preconizar como adequada, embora incipiente, a abordagem custo-efetividade na cobrança pelo uso da água. Desde que complementada por procedimentos e meios que possibilitem a maximização da eficiência global (econômica e distributiva), observada a legislação vigente.

### **Custo Incremental Médio**

Como visto, a utilização do custo marginal de curto prazo para fixação do preço pelo uso da água atende à prioridade *eficiência econômica*, porém gerando fortes distorções no que diz respeito à *eficiência distributiva*, referente à equidade no tratamento dado aos usuários da água (justiça social). Tal fato, ocorre peculiarmente na gestão dos recursos hídricos, agravado pela aleatoriedade dos fenômenos hidrológicos, no tempo e no espaço também devido à sazonalidade.

Em bacias superavitárias hidricamente, os montantes arrecadados com base no custo marginal seriam insuficientes para suportar as intervenções programadas. Nas bacias com balanço hídrico deficitário (disponibilidade < demanda) haveria, freqüentemente, sobra financeira. Ambas situações acarretariam ineficiência distributiva.

Como vantagem, a abordagem custo marginal de longo prazo (custo incremental médio) traz a efetiva possibilidade de um aumento da eficiência alocativa no uso da água.

Segundo Carrera-Fernandez (1997, p. 254), a eficiência alocativa “assegura, para um dado nível de produção e uma dada estrutura de preços dos vários insumos, uma alocação perfeita dos recursos existentes entre as várias unidades produtivas”. Esta modalidade é adotada como alternativa para gerar recursos de suporte a investimentos programados para expansões futuras, para a garantia de disponibilidade da água.



Segundo Lanna (1996a, p. 88),

a justificativa é de ordem econômica, sendo que, ao fazer incidir no usuário os custos marginais de expansão, controla-se e racionaliza-se a expansão da demanda de água, retardando-se as necessidades de investimentos. Quando os investimentos para expansão forem necessários, a cobrança será baixa, estimulando o uso do serviço.

Melhor esclarecendo, os excedentes cobrados nas épocas de déficit hídrico seriam considerados como “*renda econômica, atribuída à escassez de água*” (GARRIDO, 2000, p. 82). Aqui fica evidenciada a forte influência da sazonalidade. Também há a considerar que, quando o sistema trabalha com ociosidade e baixa tarifação, na ocorrência de superávit de cobrança, o aspecto financeiro torna-se crítico. Nessas situações, passa a ter validade a cobrança com base no custo marginal de curto prazo, voltado para a cobertura dos custos correntes (referentes à operação, manutenção e reposição). Por sua vez, essa situação de cobrança reduzida tende a estimular o aumento do uso da água e dos conseqüentes desperdícios, contrariando um dos principais objetivos da cobrança.

*Aqui, levanta-se, novamente, a possibilidade de introduzir a prática de subsídios cruzados, onde os usuários menos eficientes bonificariam os mais eficientes. Esse aspecto será descrito quando da apresentação do modelo de cobrança proposto.*

Para atenuar as dificuldades citadas e visando à aplicabilidade da modalidade de cobrança em questão, preconiza-se, como alternativa, a adoção do custo marginal de longo prazo, também referida como “**CIM** - custo incremental médio” (LANNA, 1996a, p. 88). A expressão, dada a seguir, é uma das formas de cálculo.

$$\text{CIM} = \left[ \sum_{t=1}^T (\text{I}_t + \text{R}_t) / (1 + r)^t \right] / \left[ \sum_{t=1}^T \text{Q}_t / (1 + r)^t \right] \quad (4.1)$$

**I**<sub>t</sub> = amortização (custo do investimento) no ano t

**R**<sub>t</sub> = custos de operação e manutenção no ano t

**Q**<sub>t</sub> = quantidade incremental de água disponibilizada (ou de efluentes tratados) no ano t

$r$  = custo de oportunidade do capital (taxa de desconto)

$T$  = horizonte do planejamento

**CIM** = preço unitário médio pelo uso da água disponível no ambiente (a longo prazo)

Segundo Garrido (2000, p. 83), “a metodologia com base no custo marginal de longo prazo é capaz de conduzir os mercados por ela abrangidos à eficiência alocativa, mas não resolve o problema da eficiência distributiva, ou seja, não se ocupa de critérios que dêem equidade à distribuição da riqueza”.

### **Custo Médio de Produção**

A fixação do preço pelo uso da água com base no custo médio de produção visa, prioritariamente, à *eficiência distributiva*, que tem por objetivo a justiça social, por meio de um tratamento equitativo dado aos usuários. Busca-se dispensar um tratamento desigual para os usuários com base no seu desempenho e eficiência com que usam a água.

Embora enseje à eficiência distributiva, a aplicação de métodos desse tipo pode levar a significativas distorções na alocação da água, pois aqui não se procura a otimização econômica, pelo menos como o objetivo mais importante. Esses processos são tratados genericamente como sendo de *rateios de custos* e trazem, como maiores desvantagens, segundo os economistas, e quando aplicados na forma tradicional largamente utilizada, a não garantia das eficiências econômica e ambiental e a possibilidade de produção de valores não incitativos à cobrança “por distanciarem-se significativamente do valor socialmente ótimo, ou seja, do custo marginal social de longo prazo” (GARRIDO, 2000, p. 68).

Esta metodologia, largamente proposta como modalidade de cobrança pela garantia de disponibilidade pelo uso da água, é sugerida para o estabelecimento da forma de suporte financeiro a investimentos programados para a região de uma bacia hidrográfica. As

intervenções programadas, dimensionadas e orçadas no Plano de Bacia e aprovadas pelo Comitê de Gerenciamento, teriam seus custos rateados financeiramente entre os *beneficiários* na região da bacia e de conformidade com a capacidade de pagamento dos mesmos.

Os valores a cobrar pela garantia de disponibilidade pelo uso da água, através dessa modalidade, também conhecidos como preços *ad hoc*, são baseados na teoria da distribuição “arbitrando-se faixas de preços, para, então, detectar-se os impactos sobre as atividades econômicas dos setores afetados” (CARRERA-FERNANDEZ, 1997, p. 275).

Os críticos dessa modalidade de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água têm usado, como argumento mais forte, a suposta generalizada ineficiência econômica, devida a possíveis distorções na alocação da água entre os usuários e a não motivação à cobrança. Trata-se de uma questão polêmica, pois dependendo da forma de estruturação dos critérios de avaliação e do modo de aplicação no rateio dos custos programados, o quadro pode assumir uma conformação diferente, o que é demonstrado adiante, quando da apresentação do modelo de cobrança proposto. Nesse sentido, Lanna (1996a, p. 147) afirma que

o rateio de custos representa um instrumento que permite ao Estado estimular o uso múltiplo dos recursos hídricos e racionalizar a concessão de empréstimos a fundo perdido ou de subsídios (...). Há, também, a necessidade de regulamentação desse instrumento, de forma a estabelecer os critérios de rateio a serem adotados.

O mesmo autor também considera duas funções para a utilização do rateio de custos como instrumento de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água. A primeira diz respeito à garantia da necessária equidade na distribuição dos custos de uma intervenção, o que é do consenso geral. A segunda função decorre da adequada alocação dos custos, em termos de estímulo à eficiência econômica no uso que cada participante faz dos fatores de produção utilizados no projeto. Também considera o referido autor que “essa alocação permitirá o estabelecimento de políticas de tarifação que igualmente estimulem a eficiência econômica nos usos dos produtos e serviços gerados pelo projeto”.

No mesmo sentido, o economista Meneghetti Neto (2000, p. 72), ao tecer considerações sobre precificação da água, analisando dados sobre a experiência mundial e nacional sobre essa modalidade de cobrança, tratada como *ato condominial*, conclui pela “atualidade e conveniência desse tipo de abordagem”.

A Lei nº 10.350 do Rio Grande do Sul, diferentemente da Lei Federal nº 9433 (que desconsidera o rateio de custos, por efeito do veto ao art. 28), determina, em seu art. 34 que as obras de uso múltiplo, ou de interesse comum ou coletivo, terão seus custos rateados, direta ou indiretamente, segundo critérios e normas a serem estabelecidos pelo regulamento dessa lei, atendidos os seguintes procedimentos: I – prévia negociação, realizada no âmbito do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica pertinente, para fins de avaliação do seu potencial de aproveitamento múltiplo e conseqüente rateio de custos entre os possíveis beneficiários; II – previsão de formas de retorno dos investimentos públicos ou justificada circunstanciadamente a destinação de recursos a fundo perdido; III – concessão de subsídios somente no caso de interesse público relevante e na impossibilidade prática de identificação de beneficiados para o conseqüente rateio de custos.

Por outro lado, a mesma Lei nº 10.350 do RS, ao instituir a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, estabelece em seu art. 32, Inciso I – a cobrança de valores está vinculada à existência de intervenções estruturais aprovadas para a respectiva bacia, sendo vedada a formação de fundos sem que a sua aplicação esteja assegurada e destinada no Plano de Bacia.

Fica evidente que, no contexto da Política de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul e no que concerne à cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, é pressuposto a consideração do rateio de custos, independente do instrumento que venha a ser utilizado para aquele fim. Isto porque, diferentemente do que é preconizado pelos economistas (na sua maioria), com base nos postulados aceitos na teoria econômica, a fixação

do preço com base no custo marginal de produção e consumo deixa de ser prioritário, porque gera desequilíbrios financeiros, na forma de perdas ou ganhos.

Essa consequência do uso do custo marginal impossibilita, na prática e à luz da Lei-RS nº 10.350, a compatibilização do montante arrecadado com o total orçado para a intervenção na bacia hidrográfica, sem faltas nem excedentes financeiros. Uma detalhada explanação sobre critérios tradicionais e alternativos para o rateio de custos pode ser encontrada em Lanna (1996a).

### **Custo de Oportunidade (Demanda Tudo-ou-Nada)**

Desenvolvido por Carrera-Fernandez (1997, p. 259), é uma alternativa de cobrança pelo uso da água que visa à “correção do mecanismo de mercado, de modo que as externalidades no consumo e na produção são forçosamente internalizados aos custos privados”. É um método que se baseia na determinação da demanda por tipo de uso da água (a *disposição-a-pagar*), através do *custo de oportunidade*. Definida a curva da função *tudo-ou-nada* (admitida linear) obtém-se a demanda ordinária, por derivação da primeira.

Como já foi visto, o custo de oportunidade, ou *preço de reserva*, representa o máximo valor que os usuários estariam dispostos a pagar para utilizar a água de um manancial e ficarem indiferentes entre usarem a água desse manancial ou buscarem uma solução alternativa que produzisse o mesmo efeito. Nessa abordagem, segundo Carrera-Fernandez (1997, p. 250), “utiliza-se a otimização de preços, com prioridade para o alcance da eficiência distributiva, com a atribuição de um justo valor para cada usuário, mas com a simultânea busca da eficiência econômica no uso da água”. No método em questão, cada uso da água tem um preço.

### Determinação da curva de demanda por água

Para a determinação da curva de procura por água, o citado autor parte dos dois conceitos básicos de demanda. O primeiro, a *demanda ordinária* (ou Marshalliana), largamente utilizada pelos economistas, é obtida a partir da solução de um problema de maximização da utilidade (*satisfação*) que a água proporciona ao usuário e sua conseqüente disposição a pagar pelo uso da mesma. O segundo refere-se à *demanda tudo-ou-nada*, pouco usada, determinada por pares de pontos (demanda x preço) com base no preço de reserva, ou custo de oportunidade. A Figura 4.6 esclarece esses conceitos.

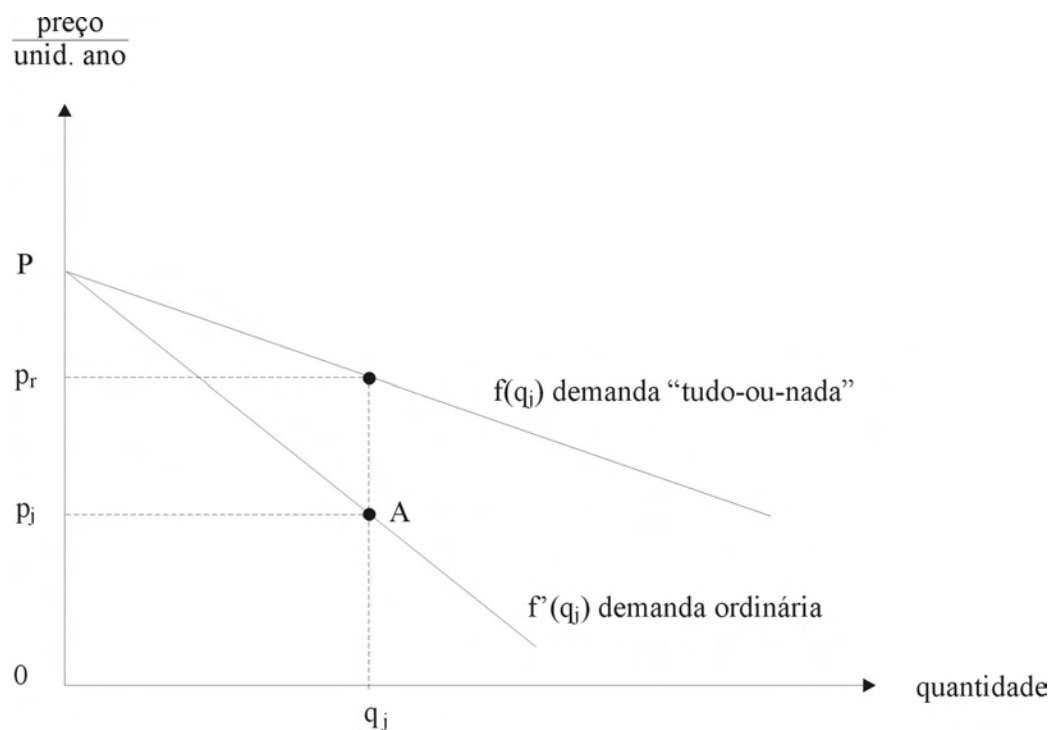


Figura 4.6: Demanda pela água disponível no ambiente

Fontes: Carrera-Fernandez (1997, p. 252) e Turner, Pearce e Bateman (1994, p. 95)

Sendo:

$p_j$  = disposição-a-pagar pela quantidade  $Q_j$

$p_r$  = preço de reserva (custo de oportunidade)

$$p_r = 1/q_j \int_0^{q_j} f'(q_j) dq_j \quad e \quad p_r \cdot q_j = \int_0^{q_j} f'(q_j) dq_j \quad (4.2)$$

Interpretando, o usuário estaria disposto a pagar um montante máximo, equivalente à área **OPAQ<sub>j</sub>** (“gross demand”, segundo Turner, Pearce e Bateman (1994, p. 95)) pelo uso da quantidade **Q<sub>j</sub>**, sendo **P<sub>r</sub>** o seu preço de reserva. Diferenciando-se a função da demanda *tudo-ou-nada*, com relação a **Q<sub>j</sub>**, obtém-se a demanda ordinária. Ou seja:

$$D [ f(q_j) ] / dq_j = f'(q_j) \quad (4.3)$$

O custo de oportunidade pode ser estimado a partir dos custos adicionais de substituição por uma alternativa, a menos onerosa, associados à interrupção da disponibilidade de água no manancial em questão, com base em dois pares de pontos (quantidade x preço), admitida como sendo linear a variação.

A metodologia para a determinação dos preços de reserva (custos de oportunidade) para os usos corrente mais comuns da água disponível no ambiente, com base em simulações para a realidade do nordeste do Brasil (Estado da Bahia), está descrita em Carrera-Fernandez (1997, p. 257).

#### *Determinação dos **preços ótimos** pelo uso da água*

Ainda, segundo Carrera-Fernandez (1997, p. 275), “talvez o mais importante objetivo da cobrança pelo uso da água seja garantir ao sistema um uso eficiente desse recurso”. O referido autor também afirma que o mecanismo pelo qual o uso mais eficiente da água pode ser atingido é através da política de preços ótimos pelo seu uso, por meio da maximização da

diferença entre os benefícios e custos sociais e, ao mesmo tempo, da minimização dos impactos distributivos na economia.

A abordagem de *preços ótimos*, proposta por Carrera-Fernandez (1997), não adota a cobrança pelo uso da água com base no custo marginal, nem no custo médio de produção, mas através de uma *função de utilidade* indireta de bem-estar social. Para um aprofundamento teórico das funções de valor e funções de utilidade, consultar a obra de Keeney e Raiffa (1976).

$$v = f(\mathbf{p}, \mathbf{M}), \text{ com } dv/d\mathbf{p} < 0 \quad \text{e} \quad dv/d\mathbf{M} > 0 \quad (4.4)$$

$$e \mathbf{M}(\mathbf{p}) = \sum p_j q_j(\mathbf{p}) - \sum C_j [q_j(\mathbf{p})] \quad (4.5)$$

Onde:

$v$  = função de utilidade de bem-estar social

$\mathbf{p}$  = vetor de preços pelo uso da água ( para cada uso)

$\mathbf{q}(\mathbf{p})$  = a quantidade demandada, função de  $\mathbf{p}$

$C(\mathbf{q})$  = o custo de produção, função da quantidade demandada  $\mathbf{q}$

$\mathbf{M}(\mathbf{p})$  = renda da comunidade, função de  $\mathbf{p}$

Para o método dos *preços ótimos*, é estabelecida a restrição  $\mathbf{M}(\mathbf{p}) = 0$ , o que significa a imposição de resultado econômico nulo que representa descartar a possibilidade de ganhos ou perdas financeiras (que é a desvantagem do uso do preço igual ao custo marginal, quando não há a restrição  $\mathbf{M} = 0$ ). Ou seja, o objetivo é estabelecer preços  $p_j$  que maximizem a função de utilidade de bem-estar social, sujeito a  $\mathbf{M}(\mathbf{p}) = 0$ .



Segundo Carrera-Fernandez (1997, p. 257), a solução da função-objetivo de utilidade indireta de bem-estar social  $v = f(\mathbf{p}, \mathbf{v})$ , sujeita à restrição orçamentária da sociedade  $M(\mathbf{p}) = 0$ , conduz a um ótimo interior:

$$(\mathbf{p}_j - \mathbf{CM}_j) / \mathbf{p}_j = \alpha / \mathbf{e}_j, \text{ para todo } j \quad (4.6)$$

Sendo:

$\mathbf{CM}_j$  = custo marginal do uso da água, para o nível ótimo de utilização

Para a consideração da possibilidade de racionamento, há metodologia específica em Carrera-Fernandez (1997, p. 258).

$\alpha$  = constante de propriedade que reflete a diferença relativa entre benefícios e custos marginais

$\mathbf{e}_j$  = **elasticidade-preço** da demanda pela água disponível no ambiente, para o uso  $j$  (em valor absoluto).

A condição (4.6) estabelece que “a variação porcentual do preço da água no uso  $j$ , em relação ao seu custo marginal, é inversamente proporcional à sua **elasticidade-preço** da demanda” (CARRERA-FERNANDEZ, 1997, p. 258). Ou seja, quanto menor a elasticidade-preço da demanda por certo uso da água, ou quanto mais inelástico for o consumo (bem essencial), maior deverá ser o preço a ser cobrado em relação ao custo marginal e vice-versa. Ou ainda, segundo o referido autor, “é cobrando preços diferenciados que a distorção no uso da água, com relação aos seus níveis ótimos, é minimizado”. A otimização dos usos é aqui entendida à luz dos **Ótimos de Pareto**.

A conclusão expressa pela equação (4.6) está fundamentada na teoria do *segundo melhor* (“second best”) de Lypsei e Lancaster (1957), segundo a qual, “quando existe a

impossibilidade de se obter eficiência na alocação dos recursos em uma parte da economia, então a busca do padrão de eficiência para o resto da economia, não é mais relevante (...), pois a economia pode se afastar ainda mais das condições **Pareto Ótimo**". Então, para a determinação dos *preços ótimos*, por tipo de uso da água, é proposto o uso das equações que seguem.

$$p_j^* = CM_j e_j / (e_j - \alpha) \quad (4.7)$$

$$\text{sujeito a } \sum p_j^* q_j - C = 0 \quad \text{para todo o } j \quad (4.8)$$

Sendo:

$p_j^*$  = os *preços ótimos* para o uso  $j$

$CM_j$  = custo marginal do uso  $j$

$q_j$  = as quantidades de água demandadas, ou de tratamento de despejos

$e_j$  = elasticidade-preço da demanda de água, ou do tratamento de despejos, no uso  $j$

$C$  = custo total do gerenciamento da água na bacia, incluídos os custos de amortização dos investimentos

$\alpha$  = constante de proporcionalidade que reflete a diferença relativa entre os benefícios e custos marginais, a ser calculada.

A determinação do parâmetro elasticidade-preço da procura por água visa ao estabelecimento de quanto o usuário estaria disposto a adequar o seu uso de água (consumo, ou tratamento de despejos) diante de uma mudança no preço pelo uso desse bem público. A elasticidade-preço da procura pelo uso da água informa sobre as esperadas retrações de uso e conseqüências financeiras, em termos de arrecadação.

Considerando a Figura 4.7, a receita total gerada pelo uso da quantidade (procura)  $Q(p)$ , a um preço unitário  $p$ , é dada por  $R = p \times q(p)$ . A receita máxima (área  $Opeq$ ) pode ser obtida igualando-se a zero a primeira derivada com relação a  $p$ , ou seja:

$$dR/dp = 0 \quad q(p) + p \cdot dq(p)/dp = 0 \quad 1 + p/q(p) \cdot dq(p)/dp = 0$$

$$1 = - p/q(p) \cdot dq(p)/dp \quad e = - p/q \cdot dq(p)/dp \quad (4.9)$$

O segundo membro da expressão é a **elasticidade-preço** da procura por água. A Figura 4.7 melhor elucida o assunto.

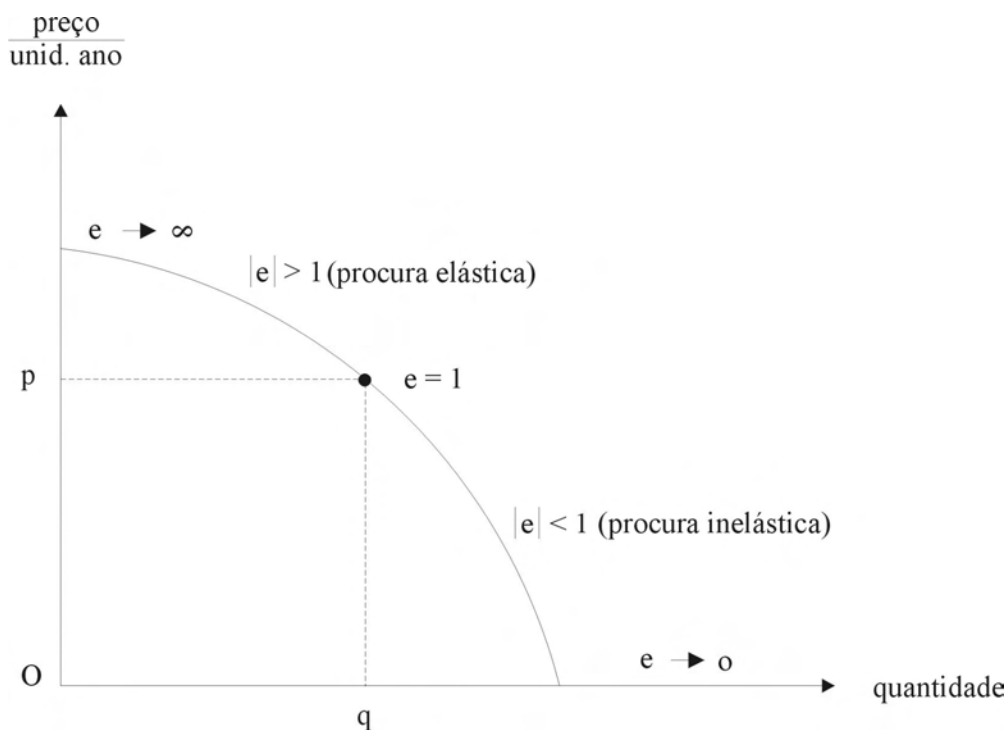


Figura 4.7: Elasticidade-preço da procura pelo uso da água  
Fonte: Lanna, 1996b, p. 21

Interpretando a Figura 4.7, considerando a elasticidade-preço da procura por água em seus valores absolutos. Para  $|e| > 1$  a procura é *elástica*, quando o decréscimo (ou aumento) do preço acarreta grandes (desproporcionais) alterações na procura (caso dos produtos supérfluos, no mercado comum), fazendo com que as receitas totais aumentem (ou

diminuem). Quando  $|e| < 1$ , a procura é *inelástica* ocorre quando, diante de uma queda (ou aumento) do preço, há pequenas alterações na procura e a arrecadação pouco aumenta (ou diminui). É o caso dos produtos essenciais no mercado comum.

No caso do uso da água para fins de abastecimento público, a demanda caracteriza-se como mais inelástica do que, por exemplo, a demanda para uso industrial. Isto porque, para o consumo doméstico é de se esperar que um aumento de preço, com baixo impacto no orçamento do usuário, ocasionaria uma pequena redução na demanda (também porque essa classe de usuário não tem alternativa menos onerosa), tendendo a ser o usuário mais cobrado e gerando maiores receitas, por consequência. Por outro lado, o usuário industrial, com demanda menos elástica, teria como reduzir significativamente a demanda, por ajustes de processo, ou por uso de fonte alternativa de água. Esse tipo de usuário tenderia a ser menos cobrado.

Aqui, a regra seria fixar o preço pelo uso da água de forma inversamente proporcional à elasticidade-preço da demanda, ou seja, pagaria mais o usuário menos sensível à redução do uso da água diante do aumento de preço, o que confirma o pressuposto estabelecido por Carrera-Fernandez (1997, p. 258). Essa sistemática visa, prioritariamente, à eficiência alocativa para o uso da água (objetivo econômico). Por outro lado, aqui fica evidente a ineficiência distributiva, pois o processo tenderia a gravar com mais intensidade as classes sociais de baixa renda, beneficiando os segmentos de mais alto poder aquisitivo, o que não caracteriza, certamente, um tratamento socialmente justo.

De outra parte, há também que se considerar que as baixas tarifas levam, naturalmente, ao uso perdulário e ao desperdício da água. Então, é discutível a propalada eficiência alocativa. Uma elucidativa análise sobre a elasticidade-preço da demanda pelo uso da água e tipo de usuário e por classe social de renda, pode ser encontrada em Lanna (1996b, p. 21).

Uma outra característica importante da elasticidade-preço da procura por água é que ela é maior a longo do que a curto prazo. Isto porque, “as adaptações de processos produtivos

e mudanças de hábitos necessários para estabelecer uma retração no uso da água podem levar tempo” (LANNA, 1996b, p. 22).

No método dos *preços ótimos*, os valores da elasticidade-preço  $|e|$  são determinados a partir da curva de demanda ordinária, que é a derivada primeira da curva de demanda *tudo-ou-nada*, definida, por sua vez, com base nos custos de oportunidade, como já demonstrado (Figura 4.6).

Os *preços ótimos* pelo uso da água, bem como os valores do parâmetro  $\alpha$  são obtidos por meio de um sistema de  $n$  equações com  $n$  incógnitas, que sempre resulta das equações genéricas (4.7) e (4.8). Uma detalhada aplicação do método dos *preços ótimos* pelo uso da água para as bacias dos rios Alto Paraguaçu e Itapicuru, BA, está descrito em Carrera-Fernandez (1997).

### **Custo sob Racionamento**

Uma das características inerentes ao contexto decisório na área dos recursos hídricos tem sido, cada vez com maior intensidade, a imposição de um racionamento contingencial, independente da vontade dos governantes ou da sociedade e devido à crescente escassez de água no ambiente. Então, é lícito admitir a possibilidade real de racionamento da água em certos períodos do ano (na estiagem).

Segundo Carrera-Fernandez (1997, p. 260), tomando por base uma primeira abordagem apresentada por Ives Albouy, ao analisar custos marginais de produção e consumo de água e eletricidade, o custo marginal de gerenciamento (inclusive amortização de investimentos), para o uso  $j$  da água, pode ser calculado pela expressão:

$$CMg = (1 - P) CMO + P \times CMr (q_j) \quad (4.10)$$

Sendo:

$P$  = probabilidade de racionamento no período crítico do ano

$CMr(q_j)$  = custo marginal de racionamento

$q_j$  = quantidade de água (ou lançamento de efluentes) no uso  $j$ , por unidade de tempo racionada

$CMo$  = custo marginal de operação e manutenção

O custo marginal de racionamento é fixado com base na curva de demanda que resulta dos custos de racionamento de todos os usuários, através da agregação das suas respectivas disposições a pagar, sob expectativa de racionamento, conforme a Figura 4.8. Quando não há racionamento ( $P=0$ ), o custo marginal é igual ao custo marginal de operação e manutenção ( $CMo$ ) de curto prazo. Quando o nível de utilização do sistema vai sendo otimizado, o  $CMg$  tende ao custo marginal de longo prazo.

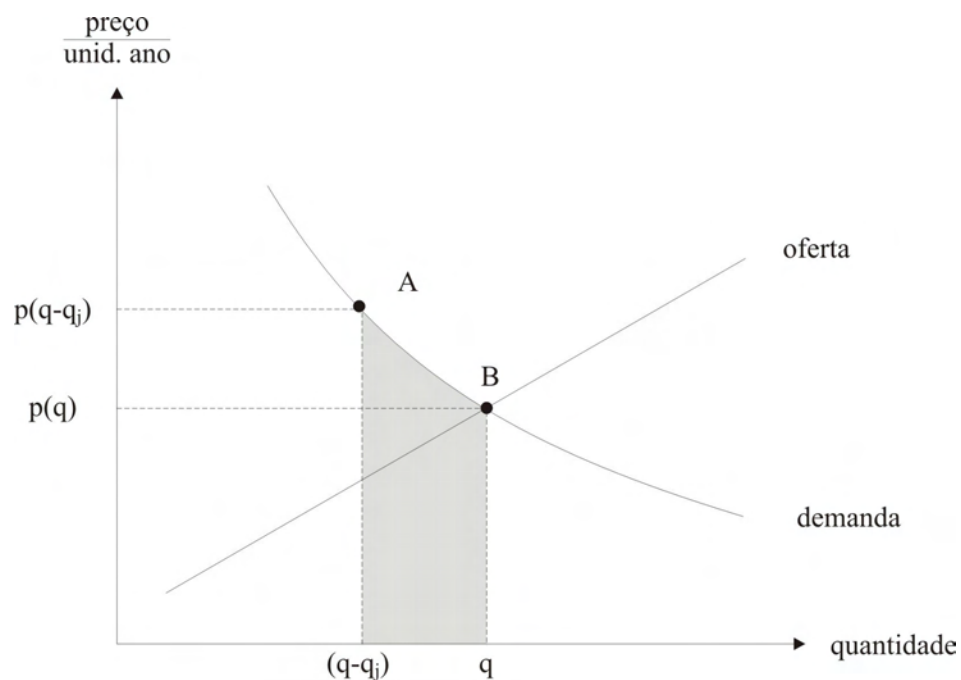


Figura 4.8: Custo marginal de racionamento  
 Fonte: Carrera-Fernandez (1997, p. 259)

Onde:

$q_j$  = quantidade racionada

O custo marginal de racionamento  $CMr(q_j)$  é avaliado através da *disposição-a-pagar* sob racionamento, a partir da curva de demanda, ou seja, o valor que o usuário estaria disposto a pagar pelo  $m^3$  adicional de uso de água ou pelo lançamento de efluentes, sob a expectativa de racionamento. Na Figura 4.8, haveria uma disposição a pagar o preço  $p(q - q_j)$ , o custo marginal de racionamento, diante da expectativa dessa restrição de uso da água, em termos da quantidade  $q_j$ , equivalendo a um custo total dado pela área hachurada  $(q - q_j) ABq$ .

A descrição detalhada da utilização do custo marginal de racionamento a uma situação real pode ser encontrada em Carrera-Fernandez (1997).

#### 4.2.1.3 Estudos de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água no Brasil

Apesar da razoável produção acadêmica sobre o assunto, não há experiências brasileiras significativas em termos de implantação efetiva dos instrumentos de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, com base nas prescrições legais instituídas pela Política Nacional de Recursos Hídricos. A experiência no Estado do Ceará é uma das exceções. Nesse Estado, a política de preços foi estabelecida com base na negociação política e não em referências econômicas ou financeiras.

Também, na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, que abrange os Estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, de acordo com a Deliberação 03/2001 do CEIVAP, está sendo implementada, a partir de 2002, a cobrança do Preço Público Unitário de R\$ 0,02/m<sup>3</sup>, referente à captação, consumo e lançamento por parte dos usuários industriais (parcial) e de saneamento. O CEIVAP é o Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

O referido preço público unitário foi estabelecido a partir de simulações de investimentos programados e impactos financeiros na bacia, através do Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ. Esse valor foi fixado em caráter transitório, a ser consolidado futuramente.

A par da importância das experiências cearense e da bacia do rio Paraíba do Sul, ressalta-se que um dos objetos do presente trabalho é, em essência, a apresentação e análise de métodos científicos de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, passíveis de entendimento e aceitação por parte da sociedade, mas que visem, fundamentalmente, ao *uso eficiente* desse recurso natural. A experiência do Ceará está descrita em Macedo (2000, p. 29) e Ribeiro (2000, p. 51). A experiência na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul está descrita em CEIVAP (2001).

No Quadro 4.2, apresenta-se uma síntese dos estudos mais significativos e em discussão sobre a cobrança pelo uso da água no Brasil.



Referência	bacia hidrográfica	usos considerados	princípio	base de fixação do preço
Fundação do Desenvolvimento Administrativo (1993) Souza (1995)	Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP) Jaguari, Atibaia e Piracicaba (SP)	retirada (consumo e eletricidade) - e despejo despejo	usuário-pagador poluidor-pagador poluidor-pagador	custo médio de produção custo marginal de longo prazo custo médio de tratamento
Lanna (1995) Pereira, Lanna e Cánepa (1997)	Vacacaí (RS) Sinos (RS)	irrigação de arroz retirada e despejo industrial	usuário pagador usuário-pagador poluidor-pagador beneficiário pagador	custo marginal de longo prazo custo médio de produção custo-efetividade
Lanna (1994)	Curu (CE)	irrigação	usuário-pagador	custo médio de produção custo marginal de longo prazo
Lanna, Beltrame e Giasson (1990)	Barra do Garças (MT)	irrigação	usuário-pagador	custo de oportunidade
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (1997) Carrera-Fernandez (1997)	Paraíba do Sul e Doce Alto Paraguaçu e Itapicuru (BA)	retirada e despejo retirada e despejo	usuário-pagador poluidor-pagador usuário-pagador poluidor-pagador	custo médio de produção e de controle custo de oportunidade custo médio de produção e controle
Lanna (1996a)	Genérico	despejo	usuário-pagador	custo marginal de racionamento custo-efetividade custo marginal de longo prazo

Quadro 4.2: Estudos brasileiros sobre cobrança pelo uso da água

Fonte: Interpretação do autor, com base nas metodologias em discussão na atualidade

### 4.3 A ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS

No âmbito deste trabalho, a *estruturação* compreende a definição e formulação do problema e o estabelecimento e hierarquização dos objetivos (estratégicos, fundamentais e meio). A problemática da caracterização de problemas complexos foi desenvolvida na parte inicial dessa pesquisa e está apresentada no item 2.2 Os Problemas Complexos. O tema do presente item é *como estruturar* problemas dessa natureza, com foco na gestão dos recursos hídricos e, mais especificamente, na cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água do ambiente.

Há várias técnicas de modelagem qualitativa, forma de abordagem adotada nessa pesquisa, para a definição e estruturação de problemas complexos, como os Métodos de Estruturação de Problemas (“PMS”) apresentados em cinco formas por Rosenhead (1989), ou através dos trabalhos de Checkland (1993).

O fundamento da metodologia proposta no presente trabalho, para a estruturação do problema é, numa primeira fase, a utilização dos **Mapas Cognitivos**, segundo Eden e Ackermann (1998, p. 284) e Montibeller Neto (1996, p. 52), meio que possibilita o entendimento e expressão do pensamento da equipe decisora, no âmbito do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica.

Em uma segunda fase, a partir da análise do pensamento estruturado da equipe decisora, constrói-se a **Hierarquia dos Objetivos**, ordenados como estratégicos, fundamentais e objetivos meio.

Após a estruturação do problema, parte-se para a *operacionalização* do modelo, a partir da hierarquia dos objetivos e através da especificação dos objetivos fundamentais, considerados os objetivos meio, definindo-se os *critérios de avaliação*, ou seja, as variáveis

controladas. A seguir, descreve-se a primeira fase, que trata do fundamento da estruturação do problema.

#### 4.3.1 Os mapas cognitivos

A cognição é um conceito geral que alcança todas as formas de conhecimento, incluídos a percepção, o raciocínio e o julgamento, segundo Chaplin (1985). “Os mapas cognitivos podem ser entendidos como representações gráficas de conjuntos de manifestações discursivas feitas por um sujeito (o ator) com vistas a um objeto (o problema), em contextos de interações particulares” Cossette e Audet (1992, p. 327). Essa representação gráfica é o resultado da interpretação mental que o analista (facilitador) faz a partir da representação discursiva feita pelo sujeito (ator) sobre um problema. Nesse processo *discursivo-reflexivo-recursivo*, representado pelo mapa cognitivo, preconiza-se a neutralidade por parte do facilitador.

Na realidade,

problemas não são entes físicos pré-existentes que possam ser objetivamente considerados, podendo ser entendidos como relacionamentos de desarmonia entre a realidade e as preferências de um ator e definidos como situações onde alguém deseja que alguma coisa seja diferente de como ela é, mas não está muito seguro de como obtê-la (EDEN; JONES; SIMS, 1983).

O facilitador nunca é neutro, porque ele também interpreta e constrói os eventos que compõem o problema a partir do seu sistema de valores e de sua própria visão subjetiva do problema real (BANA E COSTA, 1992). Na realidade, os problemas sempre pertencem às pessoas, sendo construções que os indivíduos fazem sobre os eventos, a partir dos seus esquemas antecipatórios de percepção e exploração das informações.

“Os mapas cognitivos não representam um modelo de descrição do pensamento do ator, não devendo ser feita qualquer correspondência direta entre o mapa e os pensamentos daquele ou o objeto do seu discurso” (MONTIBELLER NETO, 1996, p. 69). A interação pensamento-articulação, através da qual é construído o mapa cognitivo, é uma operação dinâmica, carregada de subjetividade, descompassada no tempo, recursiva e caracterizada pela reflexão e aprendizado. O processo cognitivo pode ser representado pela estrutura montada na Figura 4.9.

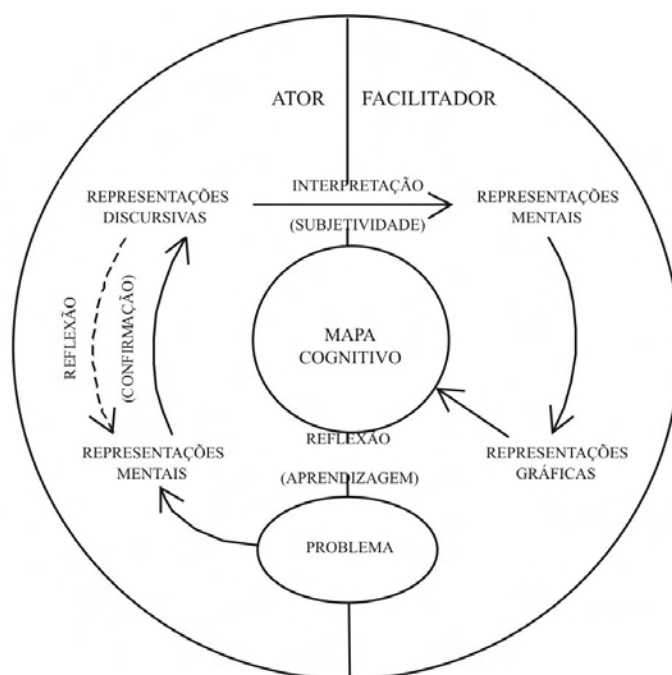


Figura 4.9: Processo cognitivo de articulação e pensamento  
 Fonte: Adaptado de Ensslin et al. (1998, p. III-2)

Na abordagem cognitiva, estabelece-se um processo de negociação de uma situação problemática em que o facilitador e os atores se comprometem a construir a definição do problema, aceitando a intersubjetividade e o pressuposto da aprendizagem. Os mapas cognitivos podem, por esse meio, servir como instrumentos de negociação.

Quando a intenção é estruturar problemas complexos e fixar diretrizes e ações estratégicas que envolvam questões do tipo *o que conhecemos, o que vamos fazer e como vamos fazê-lo*, a utilização eficiente dos mapas cognitivos depende, essencialmente, de três

fatores: o tipo particular de problema a ser estruturado, a natureza e características do contexto decisório e os objetivos dos decisores.

Diante de problemas complexos que envolvam diversos decisores, com diferentes relações de poder, cada um deles com diferentes valores, percepções e objetivos, a “função do facilitador, na prática do apoio à decisão, é buscar definir a compreensão e interpretação que cada um dos decisores tem do problema” (MONTIBELLER NETO, 1996, p. 54).

Na abordagem de problemas complexos também devem ser consideradas a falta (ou excesso) de informações, a influência do ambiente externo ao contexto decisório e o conflito de interesses.

#### 4.3.1.1 Classificação e conceito dos mapas cognitivos

Nesta parte, é feita breve referência à classificação e conceituação dos mapas cognitivos, com base na apresentação contida em Fiol e Huff (1992, p. 270).

Quanto ao tipo, há os *mapas de pontos* e os *mapas de contexto* entendidos como esquemas antecipatórios amplos de percepção. Os primeiros são análogos aos mapas cartográficos das cidades, onde cada local desejado é alcançado através de um percurso definido com base na seqüência de pontos bem caracterizados. Não há incertezas sobre a rota e são facilmente memorizados e transferíveis de um indivíduo a outro.

Os mapas de contexto possuem, também, informações sobre o ambiente decisório (contexto) que envolve os pontos de referência. Diante de incertezas, os mapas de contexto permitem exercer o julgamento para a busca de opções.

Quanto ao uso, os mapas cognitivos podem ser utilizados como *produtos* (mantendo-se estáveis no tempo) ou como *ferramentas*, com caráter dinâmico e passível de modificação (ou abandono) por parte dos decisores, no enfrentamento de questões complexas.

Quanto aos componentes, os mapas cognitivos podem ser de *identidade*, de *categorização* e *causais ou de argumentação*. Os mapas de identidade designam as marcas físicas chaves do problema (atores, eventos e processos). Os mapas de categorização desenvolvem escalas e convenções de contorno que oferecem informações sobre o relacionamento entre as entidades do problema. Os mapas causais ou de argumentação contêm vias alternativas para passar de uma posição a outra no mapa (entendidas como as ligações potenciais entre as entidades de importância para a organização, ao longo de tempo).

Quanto ao tipo de intervenção, os mapas cognitivos podem ser *organizacionais* ou *individuais*. Nos primeiros, o facilitador procura um mapa coletivo que represente um instrumento para a ação da organização, seja como ferramenta de apoio à decisão, seja para uma análise da organização. Os mapas individuais podem ter caracterização isolada, mas, principalmente, podem ser usados para a obtenção dos mapas coletivos (organizacionais).

Quanto ao tipo de análise, os mapas cognitivos podem ter análise *hierárquica* ou *cibernética*. A análise hierárquica considera a hierarquia dos componentes (dados, ações, meios, fins), obedecendo a uma racionalidade estratégica, desconsiderados os laços entre os nós (conceitos). Na análise cibernética, são consideradas as características hierárquicas e os laços existentes entre os *nós* do mapa, que levam às mudanças e ao crescimento estratégico.

No âmbito desse trabalho, serão considerados os mapas cognitivos de contexto, para uso como ferramenta de apoio à decisão, causais, organizacionais (construídos a partir dos mapas individuais) e analisados de forma hierárquica.

#### 4.3.1.2 Construção do mapa cognitivo individual

O uso de mapas cognitivos para representar e explorar a estrutura cognitiva de membros de uma organização tornou-se popular recentemente (HUFF, 1990). Um enfoque particular dessa ciência, voltado para a gestão estratégica, pode ser encontrado detalhadamente em Eden e Ackermann (1998), de onde foram extraídos os procedimentos básicos recomendados e algumas constatações características do processo, conforme segue.

A boa construção de um mapa cognitivo depende de dois fatores essenciais: *a abordagem empática inicial por parte do facilitador e o estabelecimento de um eficiente e legítimo processo de negociação*. O uso de gravador não é recomendado porque inibe a espontaneidade do entrevistado e porque posturas e reações não verbalizadas representam fatores importantes para o facilitador, que acabam não sendo registradas e consideradas.

O facilitador não deve forçar o entrevistado, diante de qualquer hesitação ou dúvida, a expressar julgamento ou preferência, quando não estiver absolutamente seguro. A aparente confusão nos primeiros mapas cognitivos faz parte do processo. A busca da significação e clareza não deve ser forçada. Deve ser alcançada pela prática. Objetivamente, o mapa cognitivo é uma hierarquia de conceitos relacionados por ligações *meio e fim*, que representa o sistema de valores dos decisores na forma de objetivos estratégicos (os conceitos superiores na hierarquia).

O mapa cognitivo também fornece as alternativas, ou ações para atingir os objetivos estratégicos, através dos conceitos subordinados na hierarquia. Por ser um processo que exige muito esforço mental e que pode tornar-se improdutivo devido ao cansaço, cada entrevista deve durar entre 60 e 90 minutos e ser realizada no ambiente do entrevistado, ou em local neutro. O entrevistado deve, sempre que possível, ficar à esquerda do facilitador (quando

destro). Dessa forma, o entrevistado sente-se engajado na construção do mapa e o facilitador o terá como aliado no processo.

A seguir, são relacionados e especificados os passos necessários para a construção de um mapa cognitivo, por adaptação de Eden e Ackermann (1998, p. 284), Ensslin et al. (1998, p. III-1), Montibeller Neto (1996, p. 90) e Bana e Costa (1992).

*1º Passo: Definição de um rótulo para o problema.*

Através de uma abordagem empática, não impositiva, o facilitador ouve os decisores para definir um nome, ou rótulo para o problema que receberá o apoio à decisão. O rótulo deve ser estabelecido pelos decisores como resultado de questões consideradas importantes e levantadas pelos mesmos.

*2º Passo: Definição dos elementos primários de avaliação.*

Através de um esquema de perguntas e respostas, são estabelecidas as percepções primárias, os *elementos primários de avaliação (EPAs)*, que representam objetivos, metas, valores dos decisores, ações, alternativas, opções, carências, sugestões mencionadas por outros, apreensões.

O procedimento é incentivar os decisores a emitir, espontaneamente, os primeiros **EPAs** que venham à mente, evitando críticas e comentários sobre idéias manifestadas e registrar o maior número possível dessas manifestações. Essa etapa é fundamental para a construção do mapa cognitivo. Um número reduzido de **EPAs** pode prejudicar o resultado.



O facilitador deve estar atento à necessidade de manter o foco da discussão, polidamente evitando que os decisores expliquem os **EPAs**, citando ações detalhadas e, até, o que é comum, seus objetivos estratégicos.

*3º Passo: Construção dos conceitos a partir do EPAs.*

Segundo Eden (1988, p. 2), “o ser humano apreende o sentido do mundo através de contrastes e similaridades e organiza conceitos relativos hierarquizados através de constructos subordinados e superiores”. A partir da **Teoria dos Constructos Pessoais** (KELLY, 1955), a exploração desenvolvida por Eden (1989) apresenta o postulado fundamental, segundo o qual uma pessoa testa continuamente o senso que ela faz do mundo, usando tal senso para antecipar o futuro. Para apreender o sentido, ou seja, fazer uma interpretação do mundo, o indivíduo se vale da detecção de temas repetitivos, com sua construção sendo feita através de um **Sistema de Constructos**, cada um desses sendo formado por um pólo de afirmação e outro de negação e considerado como a percepção pessoal da interpretação de um evento, na forma simples de conceito. O sistema pode ser definido como uma hierarquia ou organização total dos constructos individuais. “O conceito só tem sentido quando afirmado pelo seu contraste, o pólo oposto psicológico, implícita ou explicitamente” (EDEN, 1988, p. 5). Uma descrição detalhada da técnica de obtenção dos constructos pessoais pode ser encontrada em Eden, Jones e Sims (1983).

Na abordagem cognitiva, para a estruturação de problemas complexos e estabelecimento de estratégias de ação, utiliza-se eficientemente o modelo bipolar para a construção dos mapas cognitivos, segundo Eden, Jones e Sims (1983). O modelo bipolar usa não apenas os conceitos, mas também um sistema de ligações entre os mesmos. O texto de cada conceito deve ter uma perspectiva orientada à ação, na forma imperativa. O sentido de

cada conceito está baseado, em parte, na ação que ele sugere. Cada conceito deve ser expresso por um texto abreviado (dez a doze palavras). A descrição de cada conceito inicia pela definição do pólo presente e só terá sentido à luz do seu oposto psicológico (pólo contraste).

Então, o sentido dos conceitos é obtido através do contraste entre os dois pólos. É comum o decisor ter dificuldade em fornecer o oposto psicológico de um pólo presente. Nessas situações, o facilitador não deve assumir e registrar os contrastes (pela lógica), porque isso pode levar a conceitos diferentes daqueles que estão sendo pensados pelos decisores, que poderão ser induzidos a expressarem *o que gostariam de fazer*, com a perda de importantes e diferentes interpretações do decisor sobre o problema. A melhor estratégia é prosseguir na construção do mapa retornando, quando o pólo oposto apareça mais naturalmente ao decisor.

O pólo contraste, o oposto psicológico, também pode ser entendido como a alternativa que o decisor considera aceitável, quando não há a possibilidade de obter de imediato a ação manifestada no primeiro pólo. Não há uma regra fixa para a definição, ou codificação, do primeiro pólo. Uma sistemática que pode ser recomendada é o facilitador adotar, como primeiro pólo, a primeira descrição pronunciada pelo decisor, resultante da primeira percepção que lhe vem à mente, seja positiva, ou negativa.

A construção do mapa cognitivo, com os pólos presentes obtidos dessa maneira, pode fornecer uma indicação da personalidade, atitudes e posições gerais dos decisores, bem como de aspectos culturais das organizações às quais os mesmos pertencem, segundo Eden, Jones e Sims (1983).

Para exemplificar, admita-se que, na avaliação do desempenho de uma instituição, visando ao estabelecimento de estratégias de ação, um dos elementos primários de avaliação adotados tenha sido *produção*. Se o primeiro pólo expresso pelo decisor fosse *aumentar o volume mensal de produção*, ter-se-ia o conceito a partir da junção entre esse pólo e seu pólo contraste, ou oposto psicológico:

<p>aumentar o volume mensal de produção          . . .manter o volume mensal atual de produção</p>
--

Figura 4.10: Pólo presente e pólo oposto psicológico em um conceito  
 Fonte: elaborada pelo autor

Onde os três pontos . . . significam "ao invés de".

Considerando o oposto lógico, o conceito teria a seguinte forma:

<p>aumentar o volume mensal de produção          ... diminuir o volume mensal de produção</p>
---

Figura 4.11: Pólo presente e pólo oposto lógico em um conceito  
 Fonte: elaborada pelo autor

Na construção dos conceitos, o facilitador pode seguir as seguintes diretrizes, por adaptação, segundo Eden e Ackermann (1998)

- a) Cada conceito deve ser claro e conciso, expresso por apenas uma frase e, sempre que possível e quando inequívoco, orientado para apenas uma ação.
- b) Não dividir conceitos que tragam, através de uma idéia, a possibilidade de duas ou mais ações decorrentes, desde que as expressões manifestadas pelo decisor sejam indissociáveis. Por exemplo, o pólo presente: *aumentar e qualificar a produção científica*.
- c) Utilizar a linguagem do decisor, não parafraseando, aproveitando ao máximo as palavras e expressões usadas, de tal forma que o decisor tenha a *sensação de posse* sobre os conceitos e os reconheça facilmente no mapa.
- d) Na construção dos conceitos, buscar identificar, nas manifestações do decisor, os valores, as opções, os meios e os fins. Aproveitar pausas (insegurança) do decisor para, através da interlocução, melhor esclarecer e confirmar percepções, buscando, principalmente, a identificação dos *meios*.

- e) Quando o facilitador não consegue registrar as percepções, devido à rapidez com que o decisor as expressa, a técnica é a interrupção, mas sem a perda da linha do raciocínio. Uma boa maneira é rever o que está no mapa. Esse procedimento normalmente reforça, esclarece e enriquece os conceitos e suas ligações.
- f) Identificar, registrando na parte superior do mapa cognitivo, os conceitos que representam objetivos estratégicos e/ou as metas mais importantes para o decisor, que possam representar ações estratégicas. Em primeiro momento, esses conceitos frequentemente causam desânimo, porque indicam metas distantes, difíceis de serem alcançadas.
- g) Identificar os conceitos *carregados*, aqueles muito explicados e justificados através das ligações com outros conceitos e aqueles expressados *emocionalmente* pelos decisores.
- h) Evitar palavras como *pode*, *precisa*, *deve*, na construção dos conceitos. Por exemplo, ao invés de “precisamos aumentar a competitividade”, utilizar apenas “aumentar a competitividade”.
- i) A validação das informações contidas no mapa cognitivo, bem como seu eventual prosseguimento, devem ser realizados em um curto período de tempo (no máximo 24 horas, quando possível).

#### *4º Passo: Hierarquização dos conceitos*

A estrutura dos mapas cognitivos é formada por conceitos-*meio* e conceitos-*fim*, relacionados por ligações de influência. As ligações entre os conceitos, que possibilitam a definição da hierarquia, são feitas através de relações de causalidade, *par-a-par*, simbolizadas por setas.

O símbolo  $\xrightarrow{+}$  indica que o primeiro pólo de um conceito leva ao primeiro pólo de outro conceito. O símbolo  $\xrightarrow{-}$  indica que o primeiro pólo de um conceito leva ao pólo contraste de outro conceito.

### Identificação dos conceitos *fim*

Os conceitos *fim*, registrados no mapa cognitivo, são identificados pelo facilitador através da pergunta: *Por que esse conceito é importante?*

O decisor responde que o referido conceito *é importante para que se possa atingir um determinado fim*. Na seqüência, o decisor é questionado sobre o oposto psicológico do conceito *fim*, o pólo psicológico.

O processo segue nessa sistemática até que o decisor responda que o *conceito é importante por que é importante*. Chega-se, assim, ao nível hierárquico mais elevado no mapa cognitivo, o objetivo estratégico, as metas maiores. Um determinado conceito pode gerar dois ou mais conceitos *fim*. Nesses casos, é importante evitar a redundância.

A Figura 4.12 descreve a sistemática:

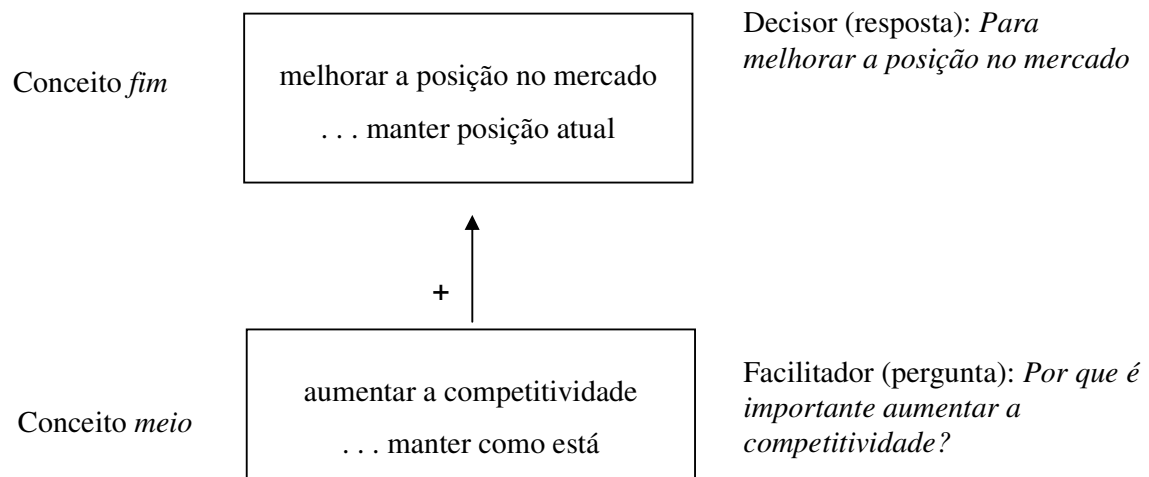


Figura 4.12: Construção dos conceitos *fim*  
Fonte: elaborada pelo autor

A partir de um determinado conceito, pode obter-se o conceito *meio*. Os conceitos *meio* são registrados pelo facilitador no mapa cognitivo através da pergunta: *Quais as razões que explicam esse conceito?*

O decisor responde que o referido conceito pode ser atingido através de um, ou mais, determinados meios. Na seqüência, o decisor é questionado sobre o pólo contraste, o oposto psicológico dos conceitos *meio*.

Essa sistemática indica as possíveis alternativas, ou ações, no processo decisório e segue até que o decisor não consiga encontrar a justificativa do conceito questionado. A

Figura 4.13 esclarece o processo:

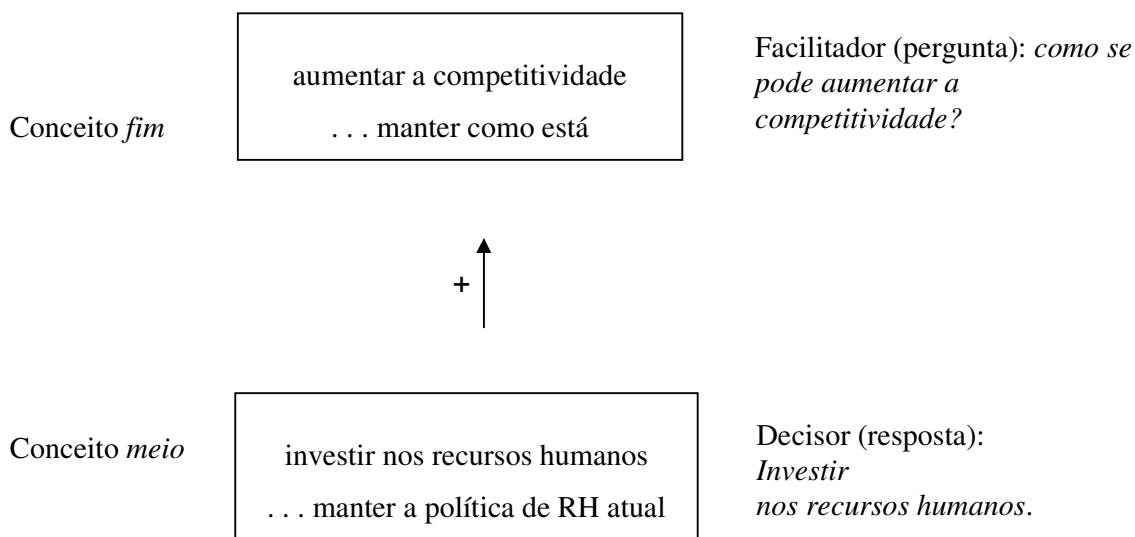


Figura 4.13: Construção dos conceitos *meio*

Fonte: elaborada pelo autor

Um determinado conceito pode gerar dois, ou mais conceitos *fim* conflitantes ou ser explicado por dois, ou mais conceitos *meio*, também conflitantes. Nos dois casos, o primeiro pólo do conceito está ligado aos pólos contraste dos conceitos *fim*, ou *meio*.

Essas situações ocorrem freqüentemente nos contextos decisórios complexos. Nesses casos, a solução do problema pode ser alcançada através da **Análise Multicritério**. (ENSSLIN et al., 1998, p. I-10).

A Figura 4.14 exemplifica essas situações:

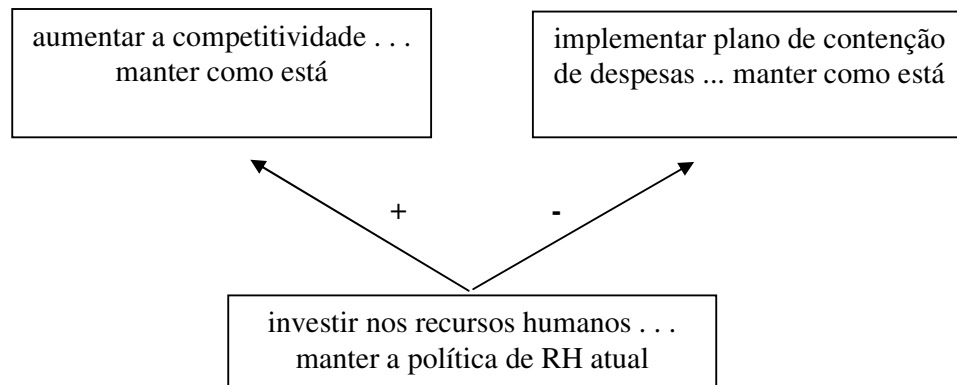


Figura 4.14: Conceitos *fim* conflitantes  
Fonte: elaborada pelo autor

#### 4.3.1.3 Construção do mapa cognitivo de grupo

O uso do mapa cognitivo como instrumento de apoio à decisão ganha valor quando o contexto decisório envolve problemas complexos e vários decisores. Nessas situações, o facilitador deve conduzir o processo de negociação de uma forma mais cautelosa e atenta, para evitar que se perca o rumo, fornecendo ações e recomendações sobre um problema que não pertence aos decisores.

Os decisores compartilham o poder na organização, mas têm interesses e valores conflitantes, por representarem diversos grupos de interesse. A construção do mapa cognitivo do grupo de decisores é muito mais complexa do que a de um mapa cognitivo individual

“No grupo há diferença de personalidades, estilos de interação, poder, valores e de preocupações sobre a política interna da organização” (ENSSLIN et al., 1998, p. II-4). Na construção do mapa cognitivo de um grupo existe uma grande quantidade de conceitos conflitantes, mas também uma grande quantidade de conceitos similares, que podem ser

agregados. Apesar de os decisores perceberem e interpretarem o mesmo contexto decisional de forma diferente, para realizar alguma coisa têm de levar em conta como os outros decisores percebem e interpretam tal contexto. Há, na realidade, uma interdependência entre os decisores no que concerne às ações.

O resultado da forma como um grupo de decisores entende um problema é representado pelo *mapa cognitivo congregado*. Nessa fase, o papel do facilitador é estimular os decisores a pensarem em pontos que, de outra forma, não seriam pensados, facilitar o *pensamento lateral* (DE BONO, 1995) e a criatividade, “fazer com que os decisores ouçam pontos que não são usualmente ouvidos (e levados a sério), conduzi-los à percepção de tais pontos e permitir aos decisores dizerem coisas que, de outra forma, eles teriam pensado mas não diriam” (MONTIBELLER NETO, 1996, p. 56).

Há duas formas de construção de um mapa cognitivo congregado:

- a) Iniciar diretamente com o grupo;
- b) Iniciar com os mapas cognitivos individuais.

A primeira forma toma menos tempo, com menor custo e é mais empolgante. Na presença de um facilitador experiente e habilidoso, é mais rápido o processo de captar os conceitos mais representativos sobre cada percepção, obter a reflexividade na construção dos conceitos, a recursividade no entendimento do mapa e na aprendizagem, além de confirmar os conceitos.

Por outro lado, há um risco maior de ocorrência do **pensamento de grupo** (ENSSLIN et al., 1998) e de coesão demasiada na construção dos conceitos, o que leva a uma grande perda do potencial do mapa como ferramenta de apoio à decisão. Devido à diferença de poder dos decisores, alguns, por constrangimento, deixarão de expressar ou defender algumas percepções (que manifestariam anonimamente).



O pensamento de grupo pode ser caracterizado como o modo de pensar dos decisores envolvidos em um grupo coeso, quando a busca da unanimidade inibe a capacidade de percepção mental e de julgamento e a espontaneidade, devido à pressão psicológica do grupo.

Os sintomas do pensamento de grupo são (NECK; MANZ, 1994, p. 931):

- pressão social direta do grupo contra um membro que argumente contrariamente aos valores e às crenças compartilhadas pelo grupo;
- auto-censura dos membros cujos pensamentos ou preocupações desviam-se do consenso do grupo;
- ilusão de invulnerabilidade à falha, no grupo;
- ilusão compartilhada de unanimidade;
- auto-criação de mentes vigiadas, que desconsideram informações oriundas de fora do grupo;
- esforços coletivos para a racionalização;
- visões estereotipadas dos líderes inimigos de outras organizações, ou de segmentos da organização, como fracos ou incompetentes;
- crença, inquestionável, sobre a moralidade inerente ao grupo.

Esses sintomas levam a uma perda da efetividade no processo grupal. Há uma perda da capacidade cognitiva dos membros, face à busca de complacência e concordância total. O processo acaba dominado pelas lideranças. O grupo perde a criatividade e a capacidade de inovação. A perda da qualidade do mapa cognitivo se dá na forma do levantamento incompleto dos objetivos, metas, valores, alternativas e ações, na impossibilidade de avaliar os riscos de uma determinada escolha e de reconsiderar alternativas e ações inicialmente descartadas.

A segunda e melhor forma, através dos mapas cognitivos individuais por meio de entrevista particular com cada membro, começando com os mais influentes, traz maior gasto de tempo e maior custo, mas a vantagem de aumentarem as chances de ocorrência do **pensamento de equipe** (NECK; MANZ, 1994, p. 935), que apresenta os seguintes sintomas:

- encorajamento de visões divergentes;
- abertura para a expressão de inquietações e idéias;
- preocupação sobre inquietações e ameaças;
- reconhecimento da singularidade dos membros;
- discussão de dúvidas coletivas.

Esses padrões, ou oposições construtivas, conduzem a um ganho de efetividade do processo grupal e conseqüente aumento da qualidade do mapa cognitivo. A construção do mapa cognitivo congregado de um grupo pode ser realizado conforme segue:

*1º passo: Agregação dos mapas cognitivos individuais*

É função exclusiva do facilitador obter, por meio da comparação dos mapas cognitivos individuais:

- *união de conceitos*: conceitos similares que transmitam idéias semelhantes são unificados por aquele de sentido mais amplo, ou mais rico, segundo Eden (1989).
- *relação entre conceitos*: conceitos que claramente se relacionam devem ser conectados por ligações de influência.

O processo está exemplificado através das Figuras 4.15a e 4.15b (mapas cognitivos individuais) e Figura 4.16 (mapa cognitivo agregado).

Considerando os decisores **A** e **B**, admita-se que os pares de conceitos **A6** e **B7** e **B3** e **A4** sejam similares, sendo mais amplos, respectivamente, os conceitos **A6** e **B3**. (Os sinais + e - foram omitidos para maior clareza).

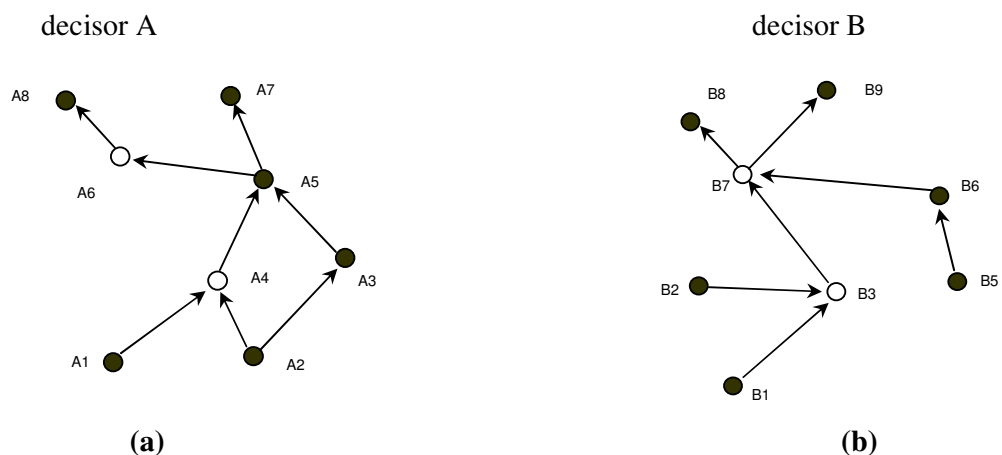


Figura 4.15: Mapas cognitivos individuais dos decisores A e B  
Fonte: elaborada pelo autor

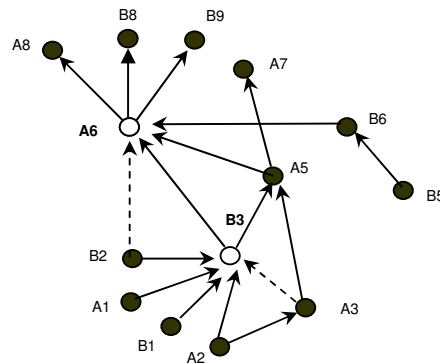


Figura 4.16: Mapa cognitivo agregado dos decisores A e B  
 Fonte: elaborada pelo autor

As ligações tracejadas entre os conceitos **B2** e **A6** e entre os conceitos **A3** e **B3** representam relações conotativas que o facilitador identificou entre os referidos pares. A agregação dos mapas cognitivos individuais reforça e seleciona os conceitos mais amplos, os dominantes e enriquece a ferramenta de negociação, representada pelo mapa cognitivo congregado, descrito a seguir.

*2º Passo: Construção do mapa cognitivo congregado.*

Essa representação, que é o mapa cognitivo do grupo, é obtida através da negociação entre o facilitador e os decisores. Inicialmente, o mapa cognitivo agregado, construído a partir dos mapas cognitivos individuais, considerados todos os decisores, é apresentado ao grupo, tendo o facilitador o cuidado de identificar a contribuição de cada participante. Esse procedimento fornece a *sensação de posse* do modelo a cada um dos decisores (EDEN, 1989). A negociação incluirá novos conceitos, os *enxertos* (BOUGON, 1992, p. 369) e ligações de influência entre esses e os existentes e entre os conceitos enxertados. “Nesses termos, a negociação também reduz o tolhimento à criatividade encontrado no brainstorming realizado em grupo” (CAMACHO; PAULUS, 1995, p. 1071).

Em uma série de encontros, os decisores negociarão sobre o mapa agregado, processo que resultará no mapa cognitivo agregado que conterà, essencialmente os *valores* do grupo. A figura 4.17 apresenta, esquematicamente, a relação dos sistemas de valores dos decisores com

a construção do mapa. Os valores comuns que aparecem inicialmente no mapa agregado servem de base para que o facilitador realize as uniões de conceitos e indique as ligações de influência entre os mesmos.

A cada encontro sucessivo, os valores comuns são melhor desenvolvidos através do processo de negociação, argumentação e de interação entre os membros do grupo, considerada a influência dos eventos externos. A dinâmica descrita conduz, ao final, a um sistema de valores enriquecido, que representa a estrutura cognitiva do grupo, na forma do mapa cognitivo congregado.

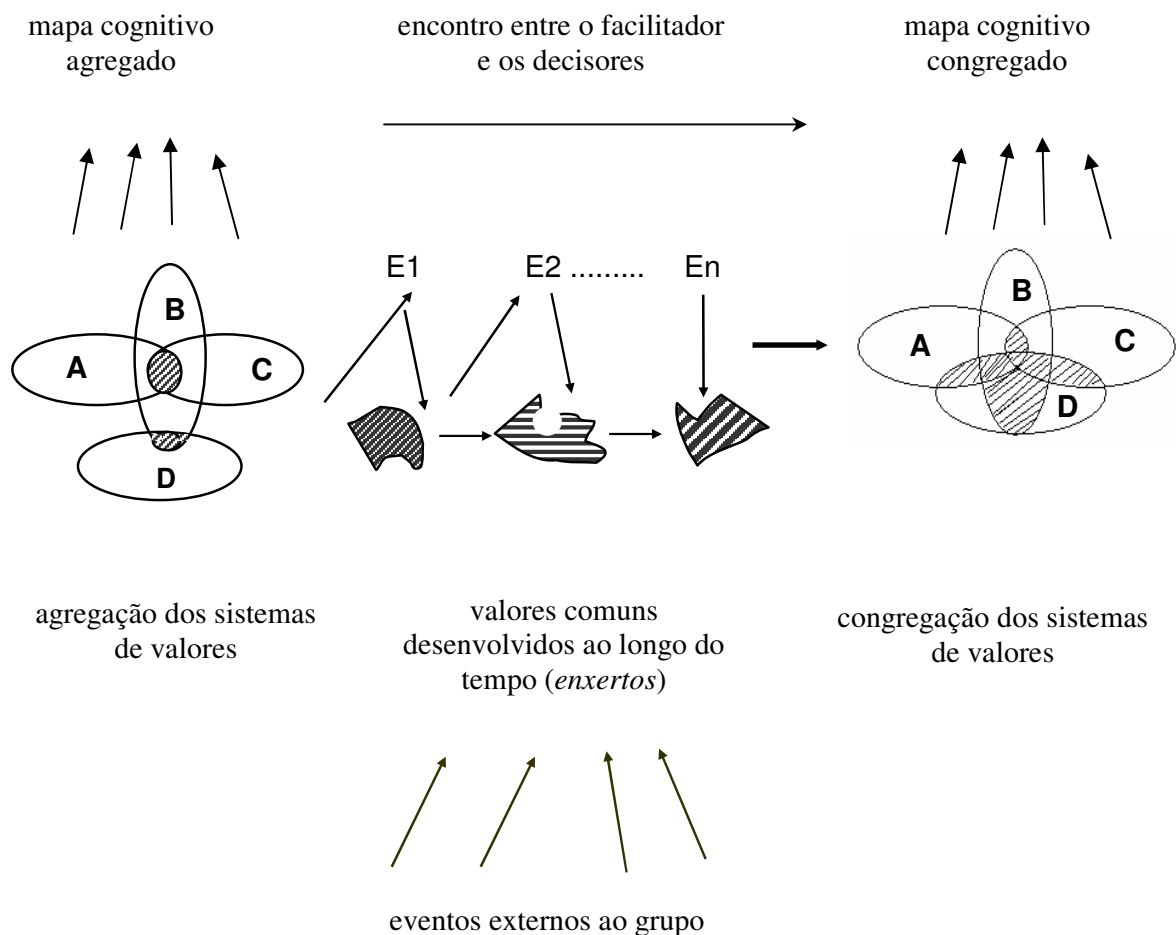


Figura 4.17: Construção do mapa cognitivo congregado e o sistema de valores dos decisores  
 Fonte: Adaptado de Montibeller Neto, (1996, p. 111)

É importante ressaltar que, em contextos decisório complexos, através da análise do mapa cognitivo congregado, podem ser identificadas as áreas de interesse, ou estratégias, e as

linhas de argumentação dessas áreas de interesse, ou táticas, contextualizadas na hierarquia de objetivos.

#### **4.3.2 A análise dos mapas cognitivos**

Como visto, o mapa cognitivo (individual ou de grupo) é a representação gráfica de conceitos relacionados por ligações de influência ou conotativas, na forma de uma estrutura hierárquica de *meios-fins*. A multiplicidade dessas ligações, inerentes à complexidade da cognição humana, principalmente em contextos decisórios diante de problemas complexos, com vários decisores e múltiplos objetivos conflitantes por natureza e comumente encontrados na gestão dos recursos hídricos, podem constituir situações de difícil interpretação.

A análise dos mapas cognitivos possibilita a identificação das características estruturais e o ordenamento hierárquico dos conceitos, de uma maneira sistematizada, visando à operacionalização dos objetivos que emergem dos referidos conceitos. A qualidade do resultado da análise vai depender da capacidade de síntese do facilitador, exercida na fase de construção dos mapas cognitivos e da habilidade de codificação dos conceitos, na fase de sistematização desses, ou seja, na análise, propriamente.

Pretendendo guardar a visão de conjunto da presente pesquisa, ressalta-se que a análise do mapa cognitivo possibilita, enfim, a estruturação do modelo multicritério a ser utilizado na avaliação da eficiência dos usuários no uso da água. Para esse fim e em termos práticos, a preocupação básica na análise em questão “é definir quais são os aspectos, dentro do contexto decisório, que os decisores consideram essenciais e desejáveis de serem levados

em conta no processo de avaliação das ações (*os usuários da água*).” (ENSSLIN et al., 1998, p. V-6, grifo nosso).

Esses aspectos serão aqui considerados como os *objetivos fundamentais*, na realidade, os eixos da avaliação do problema.

O processo de identificação dos objetivos fundamentais é entendido como a passagem do mapa cognitivo para o modelo multicritério de avaliação dos usuários da água, no caso presente. A análise, que busca a forma e o conteúdo do mapa cognitivo, deve ser realizada, exclusivamente, pelo facilitador sob três abordagens: a *básica*, a *de transição* e a *avançada*.

A análise básica visa à compreensão do mapa, por meio de uma melhor apresentação, sistematizada, da complexidade do mesmo. A análise de transição tem por finalidade a identificação das *áreas de interesse* (“clusters”) contidos no mapa cognitivo e que apontam as estratégias emergentes. A análise avançada objetiva a definição dos eixos de avaliação do problema.

Tomando por referência Eden e Ackermann (1998), Montibeller Neto (1996) e Ensslin et al. (1998), apresentam-se os procedimentos usuais para a análise de um mapa cognitivo (individual ou congregado).

#### 4.3.2.1 A análise básica

A análise básica do mapa cognitivo é feita a partir da complexidade global do mesmo (vale dizer, do sistema de conceitos), da complexidade local, considerado cada conceito e de um componente desestruturador, a circularidade.

## Complexidade global

Essa parte da análise é feita a partir da relação entre o número de ligações do mapa e o número de conceitos. Segundo Eden e Ackermann (1998, p. 399), a densidade para mapas individuais deve variar entre 1,15 e 1,20. Quando esse valor é inferior a 1,10, é sinal de que há insuficiência de ligações no mapa, suscitando a busca de ligações adicionais, através da revisão. De forma oposta, pode ocorrer excesso de ligações, fato indicador de possíveis redundâncias que devem ser eliminadas.

No caso de mapas cognitivos de grupos, podem ser admitidas densidades maiores (acima de 1,20). Segundo Montibeller Neto (1996, p. 80), outro modo de análise da complexidade global é determinar a relação entre conceitos-*cabeças* e conceitos-*terminais*. Os primeiros são aqueles dos quais não saem setas. Os outros representam os que não recebem setas de ligações. Mapas cognitivos com poucos conceitos-*cabeças* significam que o decisor consegue sintetizar suas percepções através de um elenco reduzido de valores hierarquizados, com poucos conceitos superiores, não raro apenas um, o objetivo estratégico.

Por outro lado, quando há um número relativamente elevado desses conceitos-*cabeças*, fica evidente a presença de múltiplos objetivos, em geral conflitantes, ou ainda, a dificuldade do decisor discriminar ordenadamente os seus valores. Quanto maior a razão entre conceitos-*cabeça* e conceitos-*terminais*, maior a complexidade do mapa. O número de conceitos-*terminais* reflete a diversidade de opções para resolver o problema. Essas opções podem ser alternativas concretas, ou simples ações mais genéricas, como recomendações.

## Complexidade local

A análise da complexidade local revela o *dominância* de cada conceito no mapa cognitivo, através das medidas de *domínio* e *centralidade*. O número total de ligações (setas entrando e saindo) de um conceito determina o *domínio*. Os conceitos com os maiores domínios são os que possuem profundo a centralidade cognitiva, significado e que podem dar uma visão sumária do mapa. São os *conceitos centrais*, segundo Bougon (1992, p. 369). Também podem representar os conceitos mais importantes qualitativamente, sob o aspecto subjetivo. A determinação dos domínios dos conceitos pode representar um importante meio para a hierarquização dos objetivos, como será mostrado adiante. Para elucidação, como exemplo, apresenta-se o mapa cognitivo contextualizado na Figura 4.18, referente a um problema do autor, formulado como *desenvolver uma metodologia para elaboração da tese de doutorado*.

Na Figura 4.18, o conceito 11 *ser eficiente no uso do tempo* tem domínio igual a 6 e sintetiza uma das maiores preocupações do autor ao estruturar o seu problema. Representa um conceito central, que será confirmado como um objetivo fundamental, como mostrado a seguir, na hierarquia dos objetivos

Por outro lado, a *centralidade* possibilita a visão sistemática da importância de cada conceito no conjunto do mapa cognitivo, ou seja, a relevância estrutural de cada conceito.

A centralidade de um conceito é determinada através do somatório dos domínios ponderados por nível de influência (ligações) radialmente. Segundo Eden e Ackermann (1998, p. 405), “esse peso relativo varia exponencialmente com o afastamento radial”. Para exemplificar, na Figura 4.18, para o mesmo conceito *ser eficiente no uso do tempo* (conceito 11).



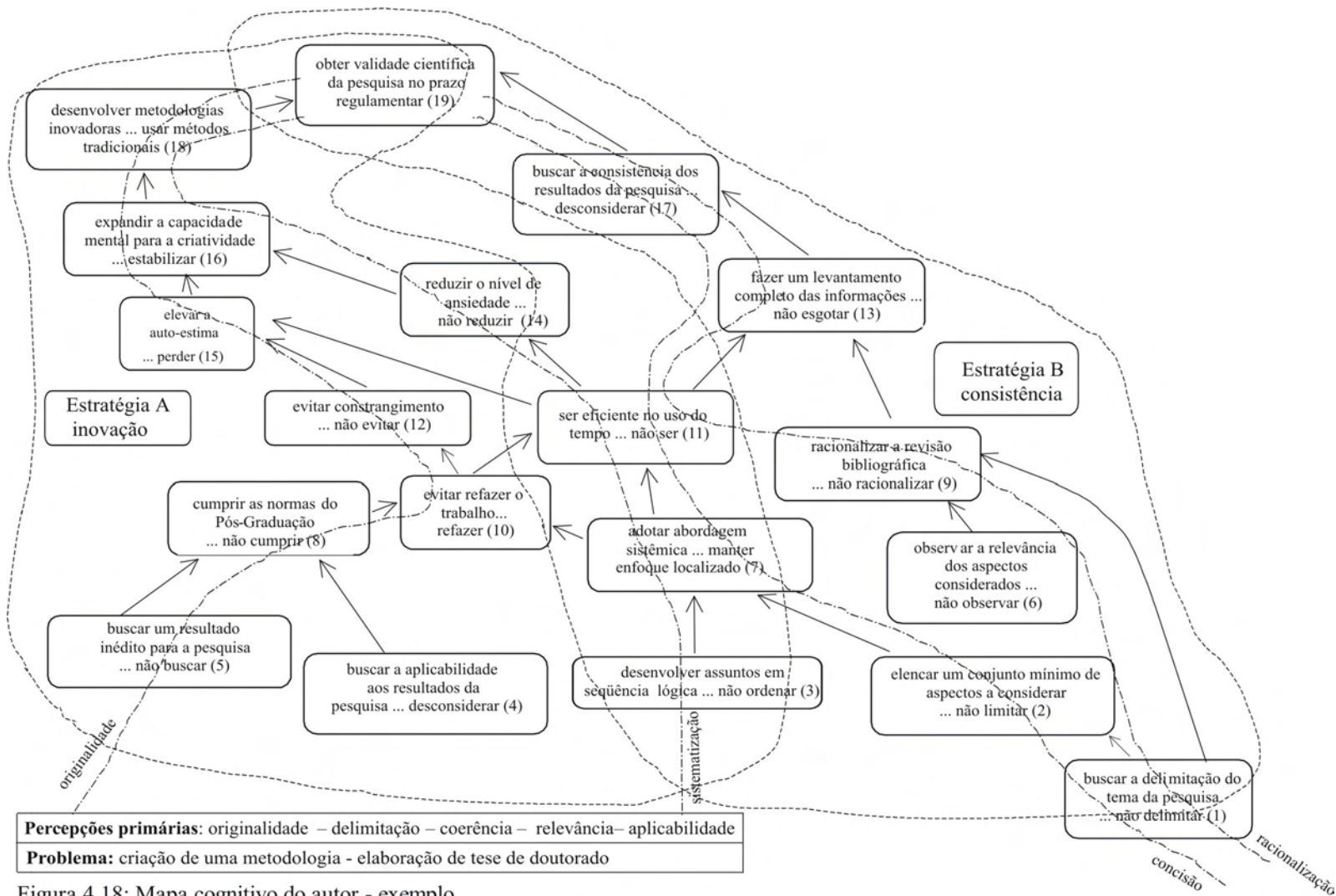


Figura 4.18: Mapa cognitivo do autor - exemplo  
 Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 4.1: *Centralidade* de um conceito

nível	peso	conceitos	domínio
1	1,00	7-10-15-14-13-9	$1,00 \times 6 = 6,00$
2	0,50	3-2-8-12-16-6-7	$0,50 \times 7 = 3,50$
3	0,33	5-4-18-19-1	$0,33 \times 5 = 1,65$
<i>centralidade</i> do conceito 11 (soma) =			11,15

Fonte: elaborada pelo autor

O domínio e a centralidade dos conceitos são meios importantes de medida quantitativa da análise dos mapas cognitivos, mas não os únicos. Isto porque esse tipo de análise elimina parcialidades de percepção do decisor, ditadas pela subjetividade, onipresente na cognição humana.

Conceitos com elevada importância qualitativa podem apresentar baixo escore de domínio e de centralidade, mas podem ser meios de ligação entre conceitos de alto nível hierárquico. Então, a análise básica do mapa cognitivo deve incluir a busca desses conceitos, na forma da confirmação estrutural e de ligações de influência e conotativas (aquelas de possível influência, resultado da presença de aspectos subjetivos do juízo de valor).

Isto posto, há que considerar uma avaliação qualitativa dos conceitos. Um exemplo bastante elucidativo sobre a importância dessa abordagem está descrito em Cossette e Audet (1992).

### **Circularidade**

*Laços fechados* (laços de realimentação, “loops”) ocorrem com frequência nos mapas cognitivos ao longo do processo construtivo. Em essência, o fato ocorre quando um conceito – *meio* influencia um conceito-*fim* que, por sua vez influencia aquele mesmo conceito-*meio*, e assim sucessivamente. Esse fenômeno quebra a hierarquia no mapa cognitivo e todos os

conceitos, porventura assim caracterizados, são considerados nivelados hierarquicamente. “Nesses casos, todos os conceitos presentes no círculo (laço) podem ser substituídos por apenas um conceito”. (EDEN; ACKERMANN, 1998, p. 410; MONTIBELLER NETO, 1996, p. 120).

A circularidade é, em geral, causada por má interpretação e/ou codificação dos conceitos na fase de construção do mapa cognitivo, ou por equívoco, ou entendimento incompleto do problema, por parte do decisor. A solução recomendada é, ao longo das novas discussões (negociação), eliminar a circularidade através da supressão de algumas ligações de influência. A eliminação de conceitos, outro caminho, não é uma boa solução porque, nessa opção, também são eliminadas percepções que podem ser importantes, empobrecendo a qualidade do mapa cognitivo.

Segundo Montibeller Neto (1996, p. 121), “a análise da existência da circularidade deve preceder todas as outras análises, sendo cada um dos laços corrigidos e checados antes de se prosseguir com o processo”. A análise aprofundada da circularidade em mapas cognitivos está descrita em Cossette e Audet (1992) e em Montibeller Neto (1996).

#### 4.3.2.2 Análise de transição

A análise de transição do mapa cognitivo visa à identificação das *áreas de interesse* (“clusters”) que, na realidade, apontam para as estratégias a adotar no processo, para a solução do problema. Tudo de conformidade com o que foi apresentado no item 2.1.1 A necessidade de pensar e agir estrategicamente, no capítulo que aborda as problemáticas dos temas desenvolvidos na presente pesquisa.

Uma área de interesse é representada pela identificação inequívoca e agrupamento dos conceitos que, na visão do facilitador, têm sentidos semelhantes que levam, por caminhos (ramos) diferentes, aos conceitos mais elevados hierarquicamente, os objetivos estratégicos, no mapa cognitivo, ou a objetivos-*fim*, em situações particularizadas. Cada área de interesse é constituída por intra-ligações dos conceitos componentes. O mapa cognitivo pode ser entendido como o conjunto de áreas de interesse relacionadas por ligações inter-conceitos. A detecção de áreas de interesse, as possíveis estratégias, pode ser realizado com apoio computacional, ou manualmente.

Segundo Eden e Ackermann (1998, p. 400) e Ensslin et al. (1998, p. IV-6),

a detecção manual de ‘clusters’ parece ser, segundo a experiência prática, superior à detecção automática, pois a análise leva em conta não apenas a forma do mapa, mas também, o conteúdo dos conceitos. Porém (...) utilizando-se esse procedimento, está se subvertendo uma das características da análise tradicional (básica), a objetividade da análise.

Em nosso entendimento, na identificação das estratégias emergentes para a solução de um problema na gestão dos recursos hídricos, dados os incipientes programas computacionais disponíveis, nada ainda substitui a análise direta (manual) do mapa cognitivo, pelo facilitador em especial, quando a qualidade do produto final é indispensável. Porém, quando a exigüidade de prazo for determinante e na presença de problemas pesados (“hard decisions”), com muitos decisores e múltiplos objetivos, o uso de programas computacionais pode ser necessário, mas com exigência de uma criteriosa revisão dos aspectos fundamentais e em detrimento da qualidade e consistência do produto final, certamente.

Elucidando, no mapa cognitivo do autor, apresentado na Figura 4.18, foram identificadas duas áreas de interesse, a estratégia **A** (*inovação*) e a estratégia **B** (*consistência*). Na mesma figura, vê-se que o conceito 11 *ser eficiente no uso do tempo* é um forte vínculo de inter-ligação entre as duas áreas de interesse, representando um conceito *potente*, segundo Eden e Ackermann (1998, p. 409).

A consideração de cada área de interesse separadamente, com seus conceitos-*cabeças* e conceitos-*terminais*, facilita a análise do conteúdo e o encaminhamento da solução do problema. Cada área de interesse pode ser analisada como se fosse um mapa cognitivo independente, sob forma e conteúdo, mais eficazmente. Com base em Eden e Ackermann (1998) e resumidamente, apresentam-se alguns importantes indicadores que podem ser obtidos dos mapas cognitivos através da análise das áreas de interesse e de suas relações.

***quanto às semelhanças das áreas de interesse, mutuamente exclusivas:***

- a) quando há forte inter-ligação interna de muitos conceitos, mutuamente exclusivos, em poucas áreas de interesse, o mapa cognitivo é indicativo de elevada rigidez e pensamento estratégico dogmático. A equipe decisora é centrada em um ponto de vista muito próprio com relação a estratégias futuras e de como usa-las. Aqui, há resistência a mudanças. São áreas de interesse *monolíticas*. Exigem um sobre-esforço psicológico do facilitador ao longo do processo de negociação.
- b) quando há fraca inter-ligação interna entre muitos conceitos de muitas áreas de interesse é sinal de que as decisões serão tomadas através de uma série de *saltos* através de pontes entre as áreas de interesse. Por outro lado, havendo muitas áreas de interesse e muitas inter-ligações entre muitos conceitos, há sistemas bem articulados e mais abertos a mudanças.
- c) a comparação entre as áreas de interesse de diferentes mapas cognitivos individuais possibilita a constatação de semelhanças e diferenças de estratégias emergentes, fato fundamental para a construção do mapa cognitivo congregado.

***quanto à hierarquia dos conceitos nas áreas de interesse, não mutuamente exclusivas:***

Aqui não há a preocupação de que cada conceito pertença a apenas uma área de interesse, mas sim, a de ordená-los hierarquicamente no mapa cognitivo.

- a) o nível hierárquico de cada conceito na área de interesse é definido pela sua importância (*potência*), com base no domínio, centralidade e na análise de semelhanças (EDEN; ACKERMANN, 1998, p. 409).
- b) os conceitos em posição hierárquica mais elevada apontam para os objetivos estratégicos, as aspirações maiores.
- c) em princípio, cada conceito aponta uma influência ou suporte para a resolução de uma estratégia, com intensidade variável.

#### 4.3.2.3 Análise avançada

A análise avançada do mapa cognitivo busca a definição dos *eixos de avaliação* do problema. Pode ser considerada um *ajuste fino* nas especificações dos seqüenciamentos alternativos hierarquizados dos conceitos dentro de cada área de interesse. É uma interpretação criteriosa da *forma* e *conteúdo* do mapa cognitivo. Segundo Ensslin et al. (1998), a análise avançada é realizada através da identificação dos seguintes elementos:

### *linhas de argumentação*

Decorrem da análise da forma do mapa cognitivo, sendo cada uma delas constituída por uma cadeia de conceitos que são influenciados hierarquicamente superiores a um conceito *terminal*, chegando a um conceito-*cabeça*.

### *ramos*

Resultam da análise do conteúdo do mapa cognitivo e são constituídos por uma ou mais linhas de argumentação, que demonstrem preocupações semelhantes sobre o contexto decisório.

Novamente, na Figura 4.18, por exemplo, para a estratégia **B** (*consistência*), podem ser identificadas as seguintes linhas de argumentação (**LA**) e ramos (**R**):

Linhas de argumentação	conceitos	ramos	linhas de argumentação
<b>LA<sub>1</sub></b>	3-7-11-13-17-19	<b>R1</b>	LA <sub>1</sub> e LA <sub>2</sub>
<b>LA<sub>2</sub></b>	1-2-7-11-13-17-19	<b>R<sub>2</sub></b>	LA <sub>3</sub> e LA <sub>4</sub>
<b>LA<sub>3</sub></b>	6-9-13-17-19		
<b>LA<sub>4</sub></b>	6-9-11-13-19		

Quadro 4.3: Análise avançada do mapa cognitivo. Linhas de argumentação e ramos  
Fonte: análise do mapa cognitivo do autor-exemplo, Figura 4.18 - elaborado pelo autor

No mapa cognitivo em questão, mostrado na Figura 4.18, foi estabelecido o objetivo estratégico *obter a validade científica da pesquisa no prazo regulamentar*. A análise permite concluir que, para o problema em questão, adotando a estratégia **B** (*consistência*), através da *realização de um levantamento completo das informações* (conceito 13), um dos caminhos

(táticas) pode ser o ramo **R<sub>1</sub>** *adotar uma abordagem sistematizada* (conceito 7). O outro caminho indicado é dado pelo ramo **R<sub>2</sub>** *racionalizar a revisão bibliográfica* (conceito 9).

Essa fase encerra a análise do mapa cognitivo. Sobre os ramos identificados, dá-se seqüência à pesquisa com o estabelecimento e hierarquização dos objetivos, na visão da equipe decisora, assunto dos próximos itens.

### **4.3.3 Os objetivos estratégicos**

Os conceitos mais elevados do mapa cognitivo, aqueles que representam um fim em si mesmos, indicam os objetivos estratégicos. As características desses objetivos estão descritas na parte inicial do trabalho, no item 2.1.1 A necessidade de pensar e agir estrategicamente.

No mapa cognitivo representado na Figura 4.18, o autor concluiu, para o problema estudado, o objetivo estratégico *obter a validade científica da pesquisa no prazo regulamentar* (conceito 19).

### **4.3.4 Os objetivos fundamentais**

Como explanado anteriormente, os mapas cognitivos são constituídos de conceitos (“**constructos**”), segundo Kelly (1955, p. 143), conectados por ligações de influência e conotativas. Cada conceito estabelecido representa um objetivo. Esses objetivos especificam os *valores* dos decisores. Os valores, por sua vez, são princípios usados para a avaliação.



Sob uma visão sistemática, “os objetivos fundamentais são as especificações qualitativas dos valores maiores dos decisores. São a base do processo de decisão, sendo que a sua criteriosa definição é absolutamente crucial para a análise em questão” (KEENEY, 1992, p. 33). Esses objetivos fundamentais são essenciais para o desenvolvimento dos modelos que possibilitam a avaliação das ações (no caso em estudo, os usuários da água), no atendimento dos objetivos estratégicos, também definidos no processo de decisão. “Há uma grande discrepância entre o modo como as situações de decisão são usualmente examinadas e a forma como deveriam ser, com base na consistência com os valores dos decisores e na informação” (KEENEY, 1992, p. 45).

A escolha dos objetivos fundamentais é feita com base em um processo criativo e através do juízo de valor de cada decisor, interativamente, a partir dos *ramos* definidos nas áreas de interesse do mapa cognitivo congregado da equipe. Em termos gerais, esses objetivos são usados para a criação e avaliação de alternativas de solução do problema, para a identificação de oportunidades e como guias do processo decisório. A escolha é realizada através de testes de verificação de algumas propriedades, de forma que o conjunto de objetivos fundamentais e cada um isoladamente, em cada ramo do mapa cognitivo, deve ser:

**essencial:** representando aspectos que são de fundamental importância para os decisores, segundo seus sistemas de valores e seus objetivos estratégicos. Ou, de outra forma, se cada uma das alternativas (usuários) pode influenciar o grau de alcance do objetivo, ou conjunto de objetivos em questão;

**controlável:** representando aspecto que seja influenciado apenas pelas alternativas (usuários) em questão. De outra forma, se todas as alternativas (usuários) que podem influenciar as conseqüências estão incluídos no contexto decisório;

**completo:** incluindo todos os aspectos considerados como fundamentais pelos decisores;

**mensurável:** possibilitando a especificação, de modo preciso, da performance das alternativas, através das medidas dos critérios de avaliação (as variáveis), segundo os aspectos considerados fundamentais pelos decisores;

**operacional:** possibilitando a coleta de informações requeridas sobre a performance das alternativas, dentro do tempo disponível e com esforço viável;

**isolável:** possibilitando a análise de um aspecto fundamental de forma independente, com relação aos demais aspectos do conjunto;

**não-redundante:** não levando em conta o mesmo aspecto mais de uma vez;

**conciso:** o número de aspectos considerados deve ser o mínimo necessário, mas suficiente para bem representar sistematicamente o problema;

**compreensível:** apresentando significado simples e claro aos decisores, possibilitando a geração e comunicação de expressões de condução do processo decisório;

### ***Independência preferencial mútua***

A propriedade referente à *isolabilidade* requer uma atenção especial. A confirmação desta propriedade, no estabelecimento dos objetivos fundamentais, assegura a possibilidade da independência de julgamentos locais, o que é crucial no processo decisório. Partindo de Keeney (1992, p. 133) e considerando que um dos objetos principais deste trabalho é estruturar um modelo multicritério de avaliação da eficiência dos usuários, para fins da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água do ambiente, “a isolabilidade requer apenas **independência preferencial mútua** entre os pares de objetivos fundamentais”.

Segundo Wincke (1993), um objetivo fundamental é independente dos demais se a *ordem* e a *intensidade de preferência* entre um par de alternativas (usuários da água, no caso

em estudo) nesse objetivo fundamental e segundo os decisores, não depende da performance (eficiência no uso da água) dessas mesmas alternativas nos demais objetivos fundamentais. Se essa condição for verificada entre todos os objetivos fundamentais, pode-se afirmar que eles são preferencialmente independentes. O teste de independência, como referido, deve ser feito *par-a-par*.

Se um objetivo fundamental é independente preferencialmente de outro e se esse segundo também é preferencialmente independente do primeiro, pode-se dizer que eles são preferencialmente independentes de forma mútua. A fundamentação e detalhadamente desse assunto está descrito em Keeney e Raiffa (1976, p. 104).

A independência preferencial pode ser examinada por dois caminhos: pela verificação da independência preferencial *ordinal* e da independência preferencial *cardinal*. A primeira delas serve para verificar se a ordem de preferência entre duas alternativas (usuários da água) em um objetivo fundamental permanece constante, independentemente da performance dessas duas alternativas nos demais objetivos fundamentais. A segunda forma tem por objetivo verificar se a diferença de desempenho (eficiência no uso da água) entre duas alternativas, em um determinado objetivo fundamental, não é afetada pela performance dessas alternativas nos demais objetivos fundamentais.

Pelo exposto, fica evidente que os testes de independência preferencial mútua dependem das medidas de desempenho das alternativas em cada objetivo fundamental, *só podendo ser realizados, então, após o estabelecimento dos critérios de avaliação (variáveis) e suas escalas de medida*, descritos no item 4.4.1 Os critérios de avaliação do modelo multicritério e definida a **Matriz de Avaliação** (Tabela 5.1), mostrada no capítulo 5. MODELO DE COBRANÇA PROPOSTO.

É fundamental esclarecer que a estrutura de preferências utilizada no teste de independência preferencial mútua é característica e específica para cada contexto decisório,

num certo momento e resultado da visão e dos juízos de valor da equipe decisora, não cabendo, pois, quaisquer críticas ou julgamentos sobre as escolhas manifestadas no processo de negociação, nem a generalização dos resultados para outros contextos decisórios.

No processo decisório, cabe ao facilitador, isto sim, deixar bem claras as conseqüências que poderão advir das escolhas feitas pelos decisores. O exemplo que segue, serve para ilustrar o teste em questão.

No contexto decisório de um Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, examina-se a independência preferencial mútua dos objetivos fundamentais estabelecidos. O teste é realizado com base nos critérios de avaliação que especificam (operacionalizam) os referidos objetivos fundamentais.

Visando à avaliação de desempenho dos usuários (irrigadores), quanto à eficiência no uso da água, deseja-se verificar a independência preferencial mútua, por exemplo, entre os critérios de avaliação *localização da captação* e *taxa de irrigação*.

### ***Teste de independência preferencial ordinal***

Nesse primeiro teste, verifica-se se a *ordem de preferência* entre os pares de alternativas (usuários da água), sob um dos critérios de avaliação, permanece constante, independentemente dos desempenhos desses pares de alternativas nos demais critérios de avaliação.

Inicialmente, pode ser verificado se o critério *taxa de irrigação* apresenta independência preferencial ordinal, com relação ao critério *localização do ponto de captação*.

Os decisores comparam dois usuários da água, com a captação na mesma localização, quanto ao desempenho no critério *taxa de irrigação*. Em seguida, o facilitador apresenta outro par de usuários, com outra localização, comum aos dois, mas diferente da primeira e

questiona os decisores a manifestarem suas preferências no que respeita, novamente, ao desempenho em *taxa de irrigação*. A Figura 4.19 sintetiza o processo.

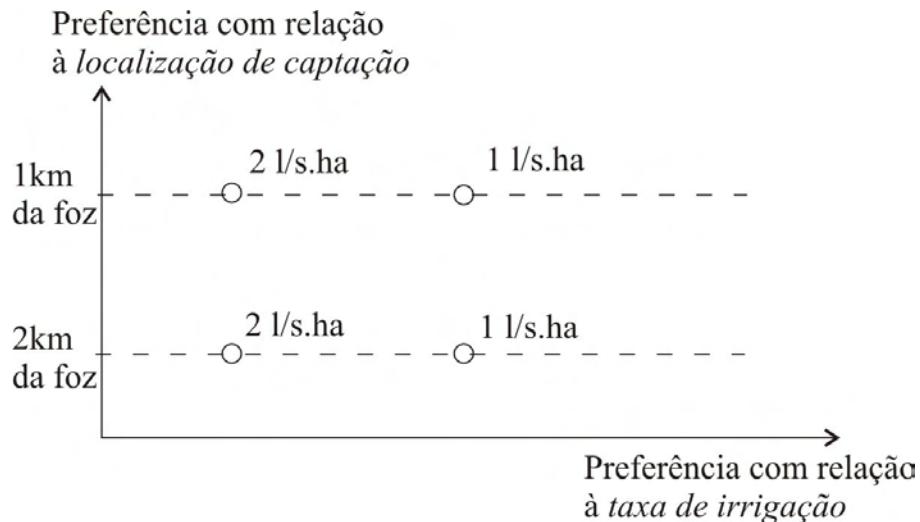


Figura 4.19: Teste de independência preferencial ordinal (*taxa de irrigação x localização da captação*)

Fonte: elaborada pelo autor

Pelo exposto, os decisores mantêm inalterada a preferência pela menor taxa de irrigação, independente da localização da captação de água no manancial. Assim, o critério *taxa de irrigação* é preferencialmente ordinalmente independente do critério *localização da captação*.

Examinando, no sentido contrário, se o critério de avaliação *localização da captação* também apresenta independência preferencial ordinal com relação ao critério *taxa de irrigação*, o facilitador apresenta dois usuários com a mesma taxa de irrigação e solicita aos decisores que os julguem quanto às localizações das captações.

Em seguida, dois outros usuários que apresentam uma outra taxa de irrigação comum, diferente da primeira são comparados pelos decisores, novamente quanto à localização de captação.

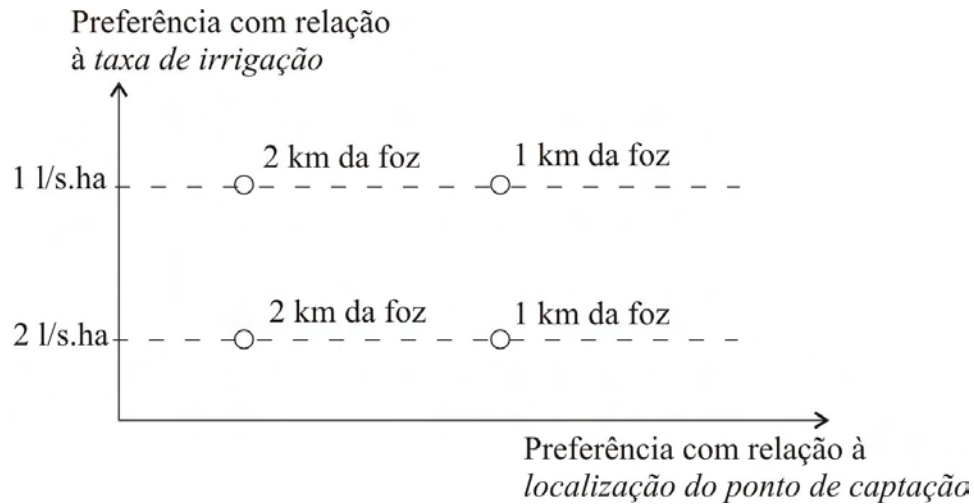


Figura 4.20: Teste de independência preferencial ordinal (*localização da captação x taxa de irrigação*)

Fonte: elaborada pelo autor

Conclui-se que, na visão dos decisores, é mantida a ordem de preferência da localização da captação, independente da taxa de irrigação dos usuários comparados. Vale dizer que, na visão dos decisores, os critérios de avaliação *taxa de irrigação* e *localização da captação* são independentes preferencialmente ordinalmente e de forma mútua.

### ***Teste de independência preferencial cardinal***

Como afirmado, é necessário que, além da *ordem* de preferência, a *intensidade* dessa preferência de uma alternativa de solução com relação a outra, sempre aos pares, em um determinado critério de avaliação, seja mantida constante, independente dos desempenhos dos pares de alternativas comparados, nos demais critérios.

Quando questionados, os decisores, usando o argumento de que na época da aquisição da terra, não havia a escassez de água, não aceitando, por isso, qualquer discriminação quanto à localização geográfica, mantém a *intensidade de preferência* ( $\Delta$ ) na taxa de irrigação, independente da localização da captação. Vale dizer que, no contexto atual, deve prevalecer a redução da vazão de captação de água.

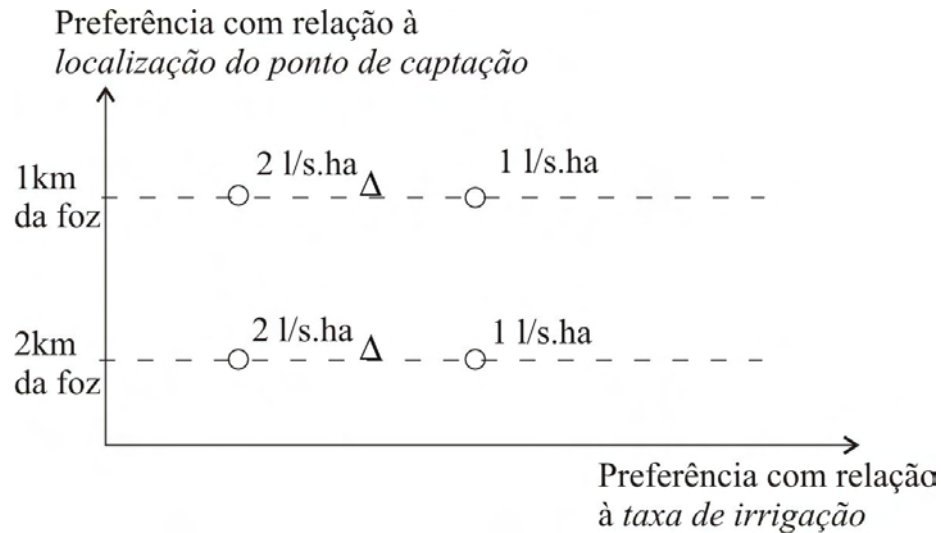


Figura 4.21: Teste de independência preferencial cardinal (*taxa de irrigação x localização da captação*)

Fonte: elaborada pelo autor

Por outro lado, realizando o teste no sentido contrário, para verificar se é mútua a independência preferencial cardinal entre os dois critérios de avaliação comparados, os decisores mantêm constante a intensidade de preferência da localização da captação, mais próxima da foz, cotejando outros pares de alternativas, mas por uma questão contingencial.

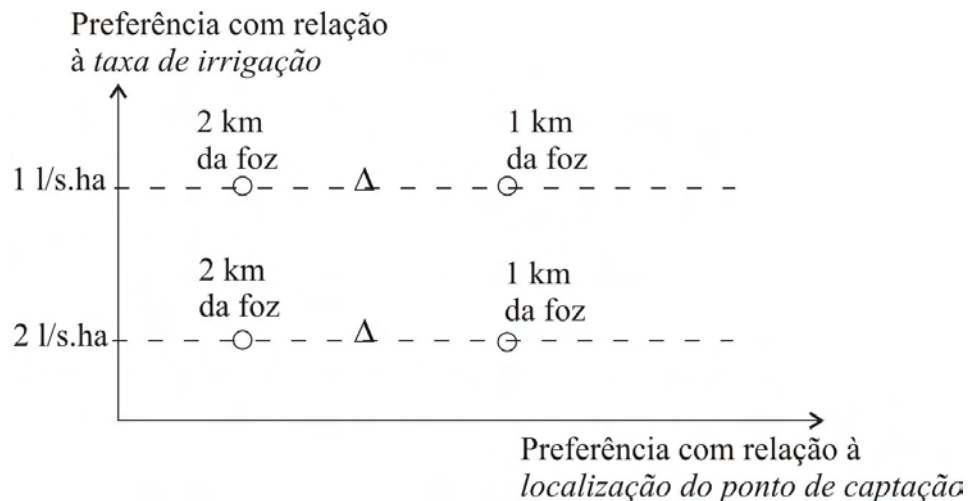


Figura 4.22: Teste de independência preferencial cardinal (*localização da captação x taxa de irrigação*)

Fonte: elaborada pelo autor

Conclui-se que, na visão da equipe decisora, os critérios de avaliação comparados são independentes, em termos de preferência mútua, tanto ordinal, quanto cardinalmente, podendo

ser mantidos no modelo multicritério de avaliação dos usuários (orizicultores), quanto à eficiência no uso da água.

A mesma conclusão pode ser estendida aos objetivos fundamentais *reduzir a taxa de irrigação e aproximar da foz as captações*, ambos minimização, que deram origem aos critérios de avaliação comparados no exemplo elucidativo.

Após a realização dos testes e confirmados os objetivos fundamentais, restam alguns conceitos no mapa cognitivo que não atenderam a todas as propriedades. Esses conceitos representam os objetivos-*meio*, que detalham e explicam, com especificidade variável e de forma ramificada, os objetivos fundamentais, sinalizando os caminhos que podem ser usados para o alcance desses últimos objetivos. Trata-se de um processo de decomposição, através do qual chega-se aos *critérios de avaliação* (as variáveis de controle) que possibilitarão a mensuração da performance da cada alternativa (usuários da água), em termos de atendimento simultâneo do conjunto de objetivos fundamentais, para cada situação.

Na Figura 4.18, mapa cognitivo do autor para o exemplo apresentado, foram confirmados, como objetivos fundamentais, para fins de estruturação de sua tese de doutorado:

Conceito 11: *ser eficiente no uso do tempo*

Conceito 17: *buscar a consistência dos resultados da pesquisa*

Conceito 18: *desenvolver metodologias inovadoras*

Como objetivos-*meio*, indicadores dos caminhos e procedimentos a adotar para o alcance dos objetivos fundamentais estabelecidos, foram definidos:

Conceito 7: *adotar abordagem sistematizada*

Conceito 13: *fazer um levantamento completo das informações*

Conceito 9: *racionalizar a revisão bibliográfica*

Conceito 1: *buscar a delimitação do tema da pesquisa*



Conceito 2: *elencar um conjunto mínimo de aspectos*

Conceito 3: *desenvolver os assuntos em seqüência lógica*

Conceito 6: *observar a relevância dos aspectos considerados*

Conceito 5: *buscar um resultado inédito para a pesquisa*

A estrutura do problema-exemplo está representada na Figura 4.25 Hierarquia dos objetivos, assunto do próximo item. Considerando as características do problema estudado, formulado como *estruturar uma metodologia para desenvolver tese de doutorado* e o prazo disponível, o autor deu-se por satisfeito, entendendo que o problema estava suficientemente formalizado, em termos de adequada apresentação e organização das suas percepções primárias e objetivos, considerada a operacionalidade através dos meios definidos.

Cabe ainda esclarecer que, na primeira análise de caracterização dos objetivos, restaram os conceitos 8, 10, 12, 14, 15 e 16, por não terem resistido aos testes de confirmação das propriedades exigidas. Alguns desses conceitos revelaram-se irrelevantes para os objetivos estabelecidos, por exemplo, o pressuposto *cumprir as normas do Pós-Graduação*. Outros, por extrapolarem os limites do escopo do problema e por representarem objetivos que podem ser alcançados por vários outros meios, além do que foi usado como exemplo, como os conceito 15 *eleva a auto-estima* e o conceito 16 *expandir a capacidade mental para a criatividade*, e também o conceito 14 *reduzir o nível de ansiedade*. Na prática, a revisão analítica conduziria a uma melhor conceituação de algumas percepções primárias e eliminação de alguns conceitos, o que não foi realizado porque o decisor (autor) aceitou o primeiro resultado da análise como uma adequada e suficiente forma estruturada do seu problema.

Isto posto, passa-se à fase seguinte da estruturação do problema, na forma da representação sistematizada na **Hierarquia dos Objetivos**.

### 4.3.5 A Hierarquia dos Objetivos

A representação hierarquizada da estrutura constituída pelos *objetivos fundamentais* e seus explicativos *objetivos-meio*, a partir do resultado da análise do mapa cognitivo, visa ao aumento do grau de compreensão sobre os aspectos a serem avaliados no conjunto de alternativas de solução do problema. O desenvolvimento desse item está fundamentado no trabalho de Keeney (1992, p. 55-95).

Comparando a abordagem utilizada nesta pesquisa para a estruturação de problemas complexos, baseada no uso dos mapas cognitivos, com a apresentada por Keeney (1992, p. 69) como *rede de objetivos meios-fins*, conclui-se que ambas possuem os mesmos fundamentos e características, tendo, segundo o que se entende, a mesma finalidade. Sendo assim, e visando à construção de um modelo multicritério de avaliação, no escopo deste trabalho, adota-se a linha metodológica proposta pelo referido autor, sob a designação *hierarquia dos objetivos fundamentais*, na forma de uma arborescência, segundo uma lógica de decomposição. O referido modelo multicritério de avaliação é, enfim, um meio de operacionalização dos objetivos fundamentais, assunto tratado adiante no item 4.5 Avaliação no Processo Decisório.

De outra parte, segundo Ackermann e Belton (1994, p. 166), a tarefa de transição do mapa cognitivo para a *árvore* (hierarquia) dos objetivos “é mais uma arte do que uma ciência”. Na construção da hierarquia dos objetivos, cada objetivo em um nível inferior é parte de um objetivo de nível imediatamente superior. Cada objetivo é definido pelos objetivos de nível imediatamente abaixo. Esses objetivos de nível inferior devem ser mutuamente exclusivos e, em conjunto, devem possibilitar uma exaustiva caracterização do objetivo imediatamente superior. Essas propriedades, além de outras, são explicadas adiante, na descrição do modelo multicritério de avaliação (item 4.5).

Segundo Keeney (1992, p. 68), deve haver, pelo menos, dois objetivos de nível inferior conectados a um de nível superior. Para melhor elucidação, é oportuno mostrar a diferença entre as estruturas do mapa cognitivo e da hierarquia dos objetivos, que estão representadas nas Figuras 4.23 e 4.24.

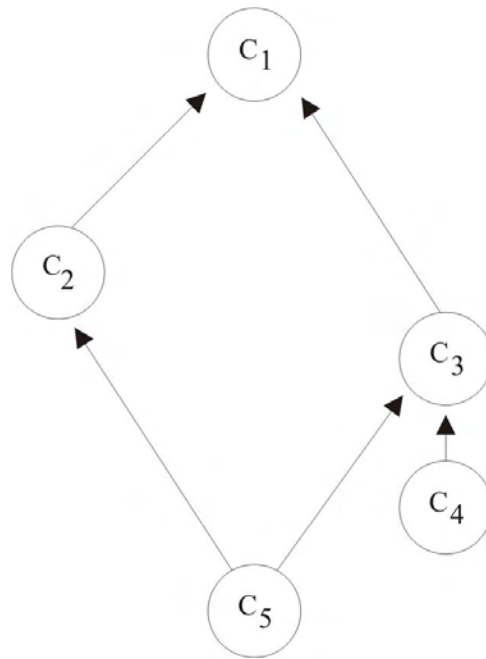


Figura 4.23: Estrutura do mapa cognitivo  
Fonte: elaborada pelo autor

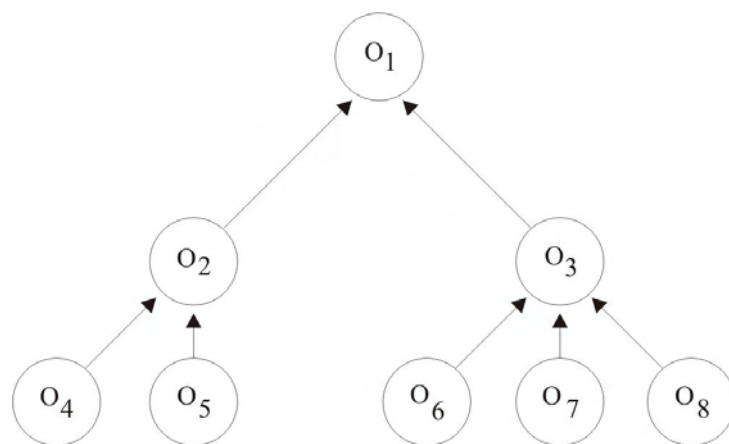


Figura 4.24: Estrutura da hierarquia dos objetivos  
Fonte: elaborada pelo autor

Vê-se que, na estrutura de um mapa cognitivo, um conceito, por exemplo, o C5, pode influenciar dois conceitos superiores em níveis diferentes (C2 e C3). Também pode ser observado que um conceito, como o C2, pode ser justificado por apenas um conceito inferior (C5).

Na estrutura hierárquica dos objetivos, diferentemente, há uma lógica de decomposição descendente, uma ramificação. Cada objetivo, por exemplo O2, é explicado por, pelo menos, dois objetivos (O4 e O5), que se encontram abaixo. Por outro lado, de cada objetivo hierarquicamente inferior sai uma conexão apenas para o objetivo situado imediatamente acima.

No problema-exemplo, o autor chegou à hierarquia de objetivos apresentada na Figura 4.25, que sintetiza a estrutura do problema do autor, formulado como a necessidade de desenvolver uma metodologia para a sua tese de doutorado, apresentado como exemplo elucidativo no presente trabalho. Na situação exemplificada, e na visão do autor, os objetivos-*meio* identificados e ordenados constituem a base da metodologia procurada para a elaboração da sua tese de doutorado, através do atendimento simultâneo do conjunto dos três objetivos fundamentais estabelecidos no processo. Na representação, observa-se que cada objetivo pode ter sua hierarquia visualizada, seja localmente (na área de interesse), ou no conjunto (sistematizadamente), em termos de importância relativa.

Buscando preservar a visão de conjunto do presente trabalho, após a estruturação do problema, segue a construção do modelo multicritério que serve para a avaliação das alternativas de solução (no caso presente, os usuários da água), em termos de atendimento simultâneo do conjunto de objetivos fundamentais elencados no processo decisório. Este é o assunto desenvolvido no próximo item.

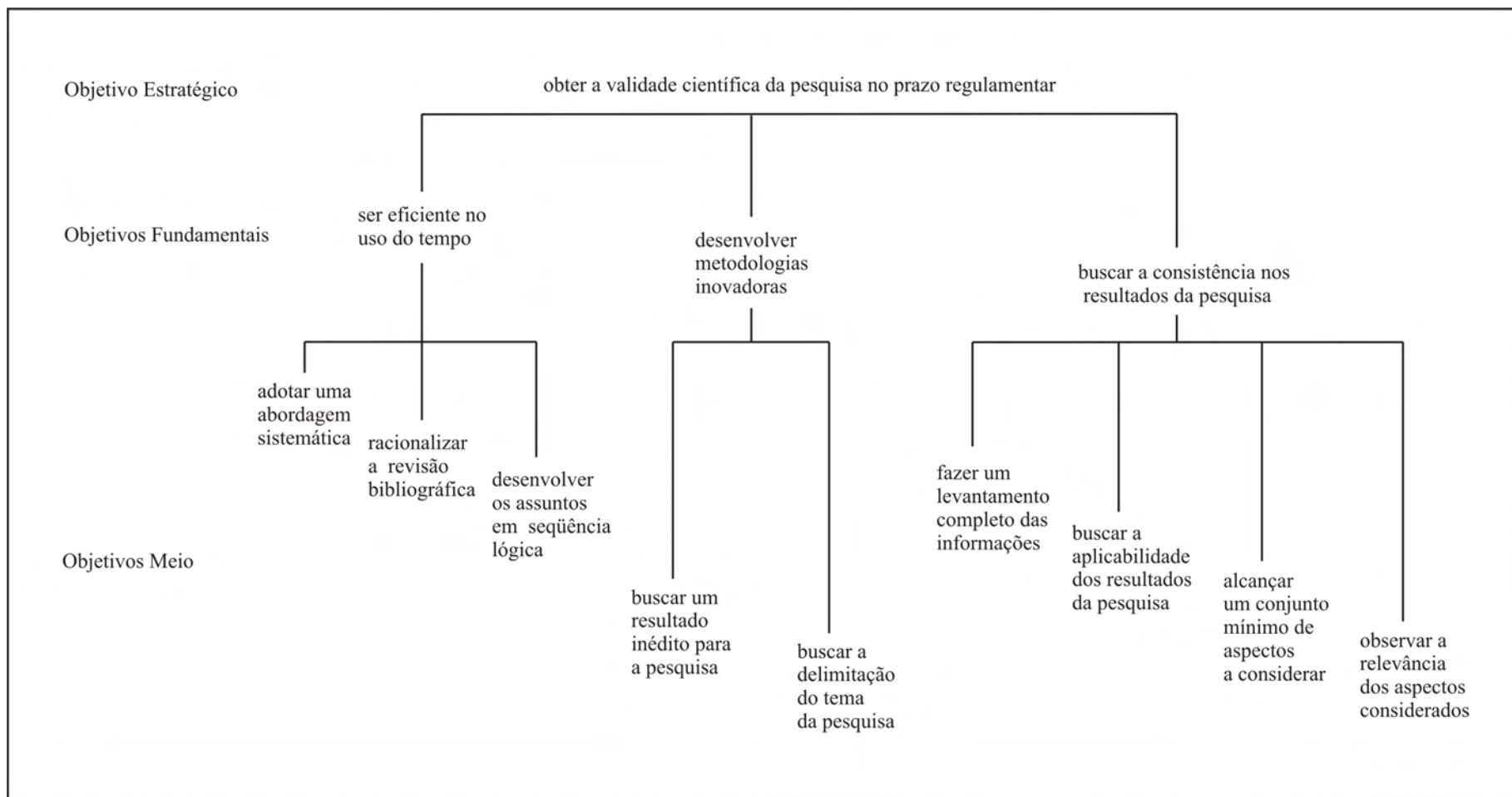


Figura 4.25: Hierarquia dos objetivos. Problema-exemplo  
 Fonte: elaborada pelo autor

#### 4.4 OPERACIONALIZAÇÃO DOS OBJETIVOS FUNDAMENTAIS

O desenvolvimento desta fase visa, essencialmente, à *operacionalização* dos objetivos fundamentais estabelecidos pela equipe decisora. Para esse fim, preconiza-se a construção de um modelo multicritério, com a utilização da técnica denominada *Programação de Compromisso*, descrita em Zeleny (1973), que é a base do modelo de cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água disponível no ambiente, objeto desta pesquisa, apresentado no capítulo 5 O MODELO DE COBRANÇA PROPOSTO.

##### 4.4.1 Os critérios de avaliação do modelo multicritério

Os critérios de avaliação são variáveis reais que permitem expressar, matematicamente, os objetivos fundamentais. Genericamente, os critérios de avaliação também podem ser entendidos como as especificações dos objetivos no processo decisório. Por exemplo, considerando o objetivo fundamental *minimizar a incidência de doenças de veiculação hídrica*, um critério de avaliação poderia ser *número anual de casos de disenteria por consumo de água não tratada*.

Em uma definição mais precisa, “um critério de avaliação é uma função real no conjunto **A** de alternativas de solução, de tal forma que se torna significativo comparar duas alternativas **a** e **b** de acordo com um particular ponto de vista, baseado somente em dois números **g(a)** e **g(b)**” (BOUYSSOU, 1990, p. 59). Nessa definição, **g(a)** e **g(b)** são as avaliações parciais de duas alternativas de solução, sob determinado critério de avaliação.

#### 4.4.1.1 A escolha do conjunto de critérios de avaliação

Os critérios de avaliação do processo decisório, peculiares para cada ambiente, num determinado tempo e para uma certa equipe decisora, são definidos pelo detalhamento da hierarquia dos objetivos, construída conforme descrito no item 4.3.5. Para a definição das variáveis a serem consideradas no modelo multicritério de avaliação, adota-se a mesma linha preconizada por Montibeller Neto (1996, p. 52), que considera os **Mapas Cognitivos** como ferramenta para a estruturação do problema, na forma da referida hierarquia dos objetivos. A definição das variáveis é aqui entendida como uma fase posterior e decorrente diretamente da estruturação, através da discussão e negociação entre o facilitador e a equipe decisora, o que garante uma maior eficiência no processo, por possibilitar, por assim dizer, um escalonamento (decomposição) da complexidade do problema.

Essas variáveis podem ser *quantitativas* (contínuas ou discretas) e *qualitativas*. São quantitativas quando mensuráveis, como vazão (contínua), ou classe de enquadramento (discreta, classe 2 por exemplo). São qualitativas quando não mensuráveis, por exemplo, *atratividade recreacional* ou *rejeição por parte da população*, quando são usadas escalas semânticas, cientificamente consistentes e consagradas, como descrito no item 4.4.1.4 Escalas originais de medidas dos critérios de avaliação.

O conjunto de variáveis a serem consideradas no modelo multicritério devem apresentar as propriedades descritas no item que segue.

#### 4.4.1.2 Propriedades dos critérios de avaliação

Segundo Keeney (1992, p. 112), “todas as propriedades desejáveis para as variáveis a serem utilizadas na fase de avaliação são decorrentes diretamente das propriedades dos objetivos fundamentais”, o que está descrito no item 4.3.4 Os objetivos fundamentais. Uma questão crucial a ser observada para que uma variável possibilite a adequada operacionalização de um objetivo fundamental é que não haja ambigüidade. Isto significa que cada medida da variável tenha um significado muito claro e inequívoco na avaliação das alternativas de solução, em termos de cada objetivo fundamental a ser atendido.

Quando o conjunto dos objetivos fundamentais estiver criteriosamente definido e estruturado, especialmente no que diz respeito à verificação da **isolabilidade**, através do teste da *independência preferencial mútua*, apresentado no item 4.3.4 Os objetivos fundamentais, há três propriedades importantes que devem ser especificamente observadas para os critérios de avaliação:

**mensurabilidade:** cada variável deve possibilitar a expressão quantificada e inequívoca dos julgamentos dos valores implícitos nos objetivos fundamentais;

**operacionalidade:** cada variável deve espelhar possíveis medidas a ocorrerem no objetivo fundamental associado e, também, servir como uma sólida base para os julgamentos de valor no estabelecimento das referidas medidas de desempenho esperadas para esse objetivo em questão;

**compreensibilidade:** cada variável deve ser facilmente entendida. Vale dizer, que a utilização da variável não deve gerar ambigüidade na descrição, nem na interpretação dos resultados da avaliação para cada objetivo fundamental. Complementando, não pode haver perda de informações na interlocução ao longo do



processo decisório. Ou seja, o resultado de uma medida de uma variável percebido por uma pessoa, deve ter a mesma interpretação quando observado por outra pessoa.

#### 4.4.1.3 Funções de valor

O processo de avaliação tem a sua base no **juízo de valor** dos decisores, fortemente influenciado pelas características pessoais, em termos de visões, percepções, experiências e crenças. Uma adequada expressão dessas peculiaridades pode ser obtida através das **funções de valor**, que são representações matemáticas de julgamentos humanos. Elas procuram oferecer uma descrição analítica dos sistemas de valor dos indivíduos envolvidos no processo decisório e objetivam representar, numericamente, os componentes do julgamento humano inerentes às avaliações das alternativas de solução.

Para um determinado critério de avaliação, a função de valor correspondente possibilita quantificar o grau de preferência de cada medida (valor), em relação a uma escala ancorada em níveis de preferência previamente estabelecidos.

Segundo Ensslin et al. (1998, p. VII-7), as funções de valor, expressão dos julgamentos das alternativas de solução, por parte do grupo decisor e sob cada critério de avaliação, podem ser construídas através da *pontuação direta* (“direct rating”), da *bissecção* e pelo método Macbeth (BANA E COSTA; VANSNICH, 1997, p. 64). Para um aprofundamento sobre o assunto, uma completa descrição sobre funções de valor pode ser encontrada em Keeney e Raiffa (1976, p. 77-129) e em Kirkwood (1997, p. 55).

No método da pontuação direta, “o método numérico mais importante e amplamente utilizado para a construção de funções de valor” (ENSSLIN et al., 1998, p. VII-7), o decisor é

questionado a estabelecer o *melhor* desempenho (grau 100) e o *pior* (grau zero) de um conjunto de alternativas de solução, sob cada critério de avaliação. Essas medidas servem de âncora para a escala 0-100. Em seguida, cada decisor é questionado para expressar, numericamente, a atratividade dos demais estímulos (desempenhos) com relação às âncoras.

No método da *bissecção*, muito utilizado para variáveis contínuas (por exemplo, vazão, em m<sup>3</sup>/s), solicita-se ao decisor que identifique dois valores extremos, que delimitem o intervalo de conseqüências (medidas) viáveis, sob o critério adotado. Em seguida, pede-se ao decisor para identificar o estímulo (julgamento) cujo valor situe-se no meio dos dois valores extremos. Através de subdivisões seqüenciais, na mesma sistemática, obtém-se a função de valor. É o método descrito como “the midvalue splitting technique” em Keeney e Raiffa (1976, p. 94).

O método Macbeth objetiva “simplificar a construção das funções de valor (...) através do uso de julgamentos semânticos (...) com base na comparação das alternativas par-a-par da diferença de atratividade entre ações potenciais” (ENSSLIN et al., 1998, p. VII-10), por meio de uma transformação de escala.

No escopo da presente pesquisa, as funções de valor serão definidas através do método da *pontuação direta*, utilizando-se uma variante onde são adotados, como âncoras, ao invés dos valores extremos (*melhor* e *pior*), os níveis **bom** (100) e **neutro** (0), segundo a sistemática descrita em Ensslin et al. (1998, p. VI-25).

As alternativas de solução que apresentarem um desempenho inferior ao nível neutro, representam uma situação insatisfatória para os decisores, abaixo das suas expectativas (ruins). Aquelas que tenham desempenho entre os níveis bom e neutro, são as satisfatórias, que atendem às expectativas dos decisores. As que tiverem medidas acima do nível bom, superam as expectativas dos decisores (excelentes).

Esse artifício, de fixar o valor zero para o nível **neutro** e o valor 100 para o nível **bom**, é indispensável para a ponderação dos critérios de avaliação, ao estabelecer-se os pesos relativos (taxas de substituição), onde deve ser levado em conta o intervalo de variação entre a alternativa mais preferida e a menos preferida, em cada critério. Isto porque esses pesos (taxas de substituição) “são fatores de escalarização, ou seja, transformam valores locais de preferência (avaliação em cada critério) em valores globais de preferência (agregando as avaliações locais das alternativas de solução numa única avaliação global)” (ENSSLIN et al., 1998, p. VII-15) A não consideração dos intervalos de escala na ponderação dos critérios de avaliação “é o erro mais comum” (KEENEY, 1992, p. 363).

Para exemplificar, a figura 4.26 representa a função de valor do critério de avaliação *localização da captação*, significando a distância do ponto de captação de água com relação à foz do rio. Admita-se que, visando à busca da eficiência no uso da água, a melhor localização seja a que estiver mais próxima da foz do rio, sendo, por conseqüência, a pior a mais afastada.

Para a construção da escala da função de valor, no exemplo, utiliza-se a escala original de medidas (distâncias), questionando-se os decisores sobre a adoção de cinco níveis, no mínimo, segundo Keeney (1992, p. 116).

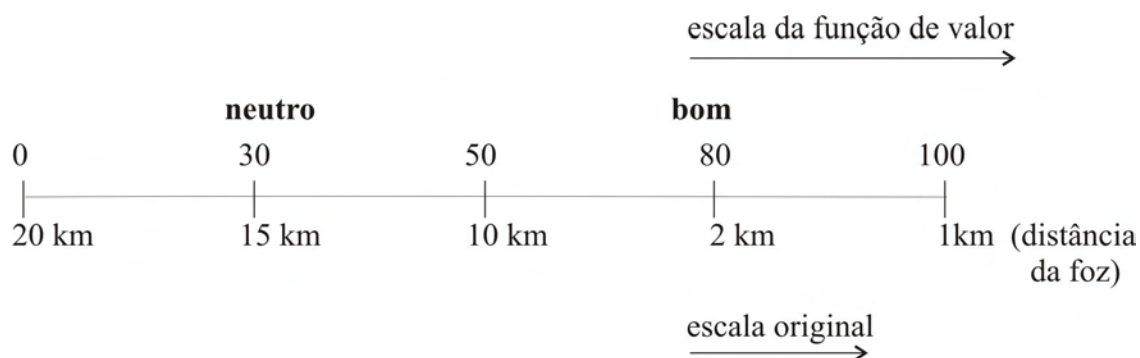


Figura 4.26: Função de valor. Níveis **bom** e **neutro**  
Fonte: elaborada pelo autor

Interpretando a figura 4.26, depreende-se que, na visão dos decisores, os usuários localizados a mais de 15 km da foz do rio representam situação insatisfatória, abaixo das expectativas. Os usuários com afastamento da foz entre 15 km e 2 km, constituem o universo

daqueles considerados dentro das expectativas e aqueles com distância menor de 2 km, superam as expectativas do grupo decisor.

Para a obtenção dos pesos globais é necessário considerar o intervalo de variação entre os níveis **bom** (100) e **neutro** (0), segundo Ensslin et al. (1998, p. VII-15), como é descrito no item 4.4.1.5. Transformação de escala (níveis **bom** e **neutro**).

#### 4.4.1.4 Escalas originais de medidas dos critérios de avaliação

No âmbito dessa pesquisa, as escalas representam, numericamente, a medida da avaliação comparativa de cada alternativa de solução (cada usuário da água) com relação a todas as demais. As variáveis quantitativas, que podem ser contínuas ou discretas, são simples, de fácil interpretação e podem ser obtidas de uma forma exequível e concreta. Como variáveis quantitativas contínuas pode-se ter, por exemplo, *vazão de captação de água no manancial, por bombeamento e área da bacia tributária ao ponto de captação*. Poderiam ser consideradas variáveis quantitativas discretas as utilizadas para avaliar um usuário pelo tipo de uso da água, com base em uma escala cardinal (1, 2, 3, etc) como, por exemplo, *abastecimento público = 1, irrigação de lavoura = 2*. Na realidade, uma forma indireta de medir uma variável. Para um maior aprofundamento no uso de medidas indiretas ver “proxy attributes” em Keeney (1992, p. 110).

As variáveis qualitativas, ou *construídas*, segundo Keeney (1992), exigem o recurso a uma escala semântica auxiliar, com a ajuda de especialistas na área em questão, que possibilite uma avaliação numérica das alternativas de solução com base nas preferências manifestadas pelos decisores e, de uma forma mais abrangente, pelos atores do processo,

sendo a avaliação sempre um resultado da comparação par-a-par. Exemplificando, pode ser considerada variável qualitativa o *nível de rejeição à implantação do sistema de cobrança pelo uso da água na região da bacia hidrográfica*, para o caso em que o problema envolva um processo decisório para a comparação de alternativas de instrumentos para esse fim.

Há várias maneiras de construção de escalas semânticas auxiliares para medir variáveis qualitativas. Exemplos podem ser encontrados em Keeney (1992, p. 99), Huber, Sahney, Ford (1969, p. 483) e Keefer e Kirkwood (1978, p. 435).

Segundo Saaty (1980, p. 71), a habilidade do ser humano para fazer distinções qualitativas é bem representada por cinco atributos: *igual – fraco – forte – muito forte e absoluto*. Essa escala (de 1 a 5) pode ser adotada quando os elementos a serem comparados apresentam magnitudes bem diferenciadas. Quando as distinções qualitativas exigem maior precisão, por serem as grandezas dos objetos comparados muito semelhantes, é necessário estabelecer compromissos entre os atributos adjacentes. “Na comparação, o estímulo segue a uma tricotomia de sentimentos: **rejeição – indiferença – aceitação**. Para melhor classificação, cada um desses sentimentos será dividido em uma tricotomia: **baixa – média – alta**. Vale dizer, há 9 áreas de distinções significativas”. (SAATY, 1980, p. 72).

O Quadro 4.4 especifica a escala 1– 9, largamente utilizada para a avaliação, na presença de variáveis qualitativas.

É também importante considerar que, segundo Saaty (1980, p. 71), o limite psicológico de itens em comparações simultâneas é 9. Na realidade, a capacidade de comparar objetos e diferenciá-los, segundo cada atributo (variável) considerado, depende da pessoa, com base em  $7 \pm 2$  comparações possíveis. Então, sempre que mais do que 9 atividades (alternativas de solução) tiverem de ser avaliadas simultaneamente, torna-se necessário decompor a hierarquia dos objetivos. Segundo Saaty (1980, p. 76),

sob a suposição de que o cérebro humano pode processar  $7 \pm 2$  fatores simultaneamente, matrizes de comparação muito grandes podem ser

hierarquicamente decompostas em grupos de tamanho tal que a escala 1–9 possa ser aplicada indicando sua viabilidade para situações gerais, mesmo que a tenhamos validado apenas para pequenos grupos.

intensidade de importância	definição	interpretação
1	importância igual	as duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	importância pequena de uma sobre a outra	a experiência e o julgamento favorecem fracamente uma atividade sobre a outra
5	importância essencial ou grande	a experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade sobre a outra
7	importância muito grande ou demonstrada	uma atividade é muito fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática
9	importância absoluta	a evidência favorece uma atividade com relação a outra com a maior convicção
2, 4, 6 e 8	valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	quando é necessária uma condição de compromisso na avaliação de duas atividades (quando não há convicção)

Quadro 4.4: Escala 1-9 de medidas para variáveis qualitativas, por comparação de  $i$  (linha) com  $j$  (coluna)

Fonte: Adaptado de Saaty (1980, p. 72)

#### 4.4.1.5 Transformação de escala (níveis **bom** e **neutro**)

Para possibilitar uma avaliação global do desempenho de cada alternativa de solução, a partir das avaliações locais e sob vários critérios, é necessário utilizar as taxas de substituição, conforme Keeney e Raiffa (1976, p. 77), os chamados pesos dos critérios de avaliação. Para a definição desses pesos, levando em conta os intervalos de escala, ajustam-se

as referências 100 e 0 para os níveis **bom** e **neutro** na escala da função de valor de cada critério de avaliação. “Para efetuar essa conversão, usa-se uma transformação linear do tipo  $\alpha \cdot r + \beta$ , onde  $r$  é a escala original de intervalos” (ENSSLIN et al., 1998, p. VII-15).

Transformando a escala da figura 4.26, tem-se:

Para o nível **bom**  $\alpha \cdot 80 + \beta = 100$

Para o nível **neutro**  $\alpha \cdot 30 + \beta = 0$

Obtém-se  $\alpha = 2$ ;  $\beta = -60$

Pela mesma sistemática, são obtidas todas as medidas da função de valor, para cada critério de avaliação, como exemplificado na figura 4.27, para o critério de avaliação usado no exemplo.

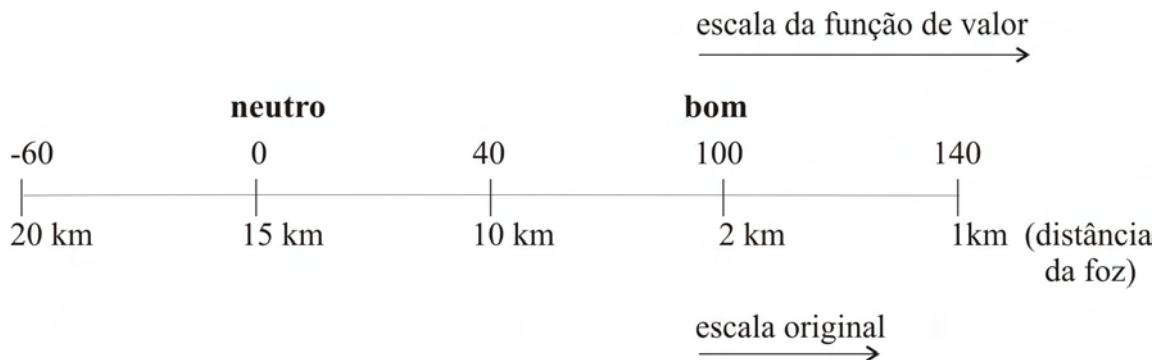


Figura 4.27: Função de valor. Transformação de escala (**bom** e **neutro**)

Fonte: Adaptado de Bana e Costa e Vansnick (1997, p. 64)

#### 4.4.1.6 Ponderação global dos critérios de avaliação

No processo de avaliação das alternativas de solução de um problema, sob múltiplos critérios de avaliação, é indispensável atribuir-se a importância de cada critério de avaliação, relativamente a todos os demais. Na definição desses pesos relativos, é comum não serem

considerados os intervalos de variação na comparação entre a alternativa mais preferida e a menos preferida, na escala de medidas de cada critério de avaliação. Vale dizer que, na aplicação de um modelo de avaliação, eventualmente, um peso relativo elevado pode incidir em uma medida de escala com valor absoluto muito baixo e vice-versa.

Na **avaliação global**, o resultado pode deixar de refletir o juízo de valor dos decisores. Há, então, a necessidade de que, na ponderação dos critérios de avaliação, sejam compatibilizados os pesos relativos com os intervalos de escala de medida dessas variáveis. Esses pesos, admitidos como constantes nesse trabalho, ou “taxas marginais de substituição” (KEENEY; RAIFFA, 1976, p. 82), possibilitam transformar as avaliações locais das alternativas de solução (para cada variável) em uma avaliação global, que aglutina, com consistência, as avaliações locais nos vários critérios de avaliação. Esses parâmetros são, na realidade, “constantes de escala” (MONTIBELLER NETO, 1996, p. 44), necessárias para que os critérios de avaliação sejam considerados de uma mesma forma.

A justificativa do uso dos pesos relativos para os critérios de avaliação, na forma descrita, é baseada no fato de que, no processo de avaliação, é praticamente impossível que uma alternativa de solução apresente o melhor nível de desempenho em todas as variáveis. Isto porque essas variáveis são o meio operacional de objetivos de natureza geralmente conflitante. Sendo assim, a melhoria de desempenho de uma alternativa de solução, sob determinado critério de avaliação, ocorre em detrimento da avaliação frente a outros critérios. Dessa forma, surge uma questão crucial: “quanto deve ser perdido em um critério para obter uma melhoria em outro?” (KEENEY; RAIFFA, 1976, p. 90).

Nessa noção de comparação de *ganho-perda*, com base no juízo de valor e manifestação de preferências dos decisores, ao avaliarem as alternativas de solução sob variados critérios, é que se baseiam os métodos de estabelecimento dos pesos relativos desses critérios.



É importante ressaltar que os pesos relativos de um modelo de avaliação, que não representam nenhum valor intrínseco ou absoluto, são construídos de forma subjetiva, pois dependem da visão de uma certa equipe de decisores e valem para um determinado momento e para uma situação específica, não devendo ter sua utilização generalizada para outros contextos decisórios. Esses parâmetros devem ser obtidos utilizando-se, como referência, os níveis de desempenho das alternativas de solução na escala transformada comum, baseada nos patamares **bom** e **neutro**.

Para fins deste trabalho, as relações de troca serão estabelecidas pelo método “trade-off”, cuja fundamentação está descrita em Keeney e Raiffa (1976, p. 82-125). Essa técnica, também conhecida como de *trocas justas* (HAMMOND; KEENEY; RAIFFA, 1999, p. 85) “é o método com embasamento teórico mais robusto” (ENSSLIN et al., 1998, p. VIII-3).

Complementarmente, uma descrição de formas de determinação dos pesos relativos (*taxas de substituição*) pode ser encontrada em Goodwin e Wright (1991), Bana e Costa (1993) e Montibeller Neto (1996, p. 44).

A seguir, descreve-se a sistemática adotada para a obtenção dos pesos relativos dos critérios de avaliação, considerados os objetivos e contexto deste trabalho.

### **Método “trade-off”**

Inicialmente, os decisores são questionados com relação ao critério de avaliação que lhes pareça o mais importante, em uma primeira percepção. Escolhe-se, então, uma alternativa de solução **A** que tenha perfil de desempenho **bom** (melhor), sob esse Critério 1.

Um outro Critério 2 é escolhido para referência inicial, com a condição de que a alternativa **A** tenha desempenho **neutro** nesse critério. Escolhe-se uma outra alternativa **B** que possua perfil de desempenho **bom** nesse Critério 2 e desempenho **neutro** no Critério 1. Admite-se que as alternativas **A** e **B** comparadas tenham um desempenho indiferente (**neutro**) em todos os critérios restantes.

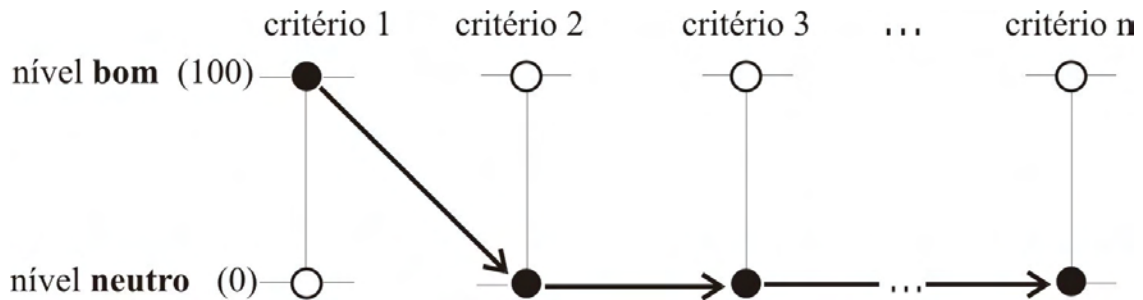


Figura 4.28: Alternativa A: melhor desempenho (**bom**) no Critério 1, pior desempenho (**neutro**) no Critério 2, mantido o nível **neutro** para os critérios restantes  
Fonte: ENSSLIN et al, 1998, p. VIII-3

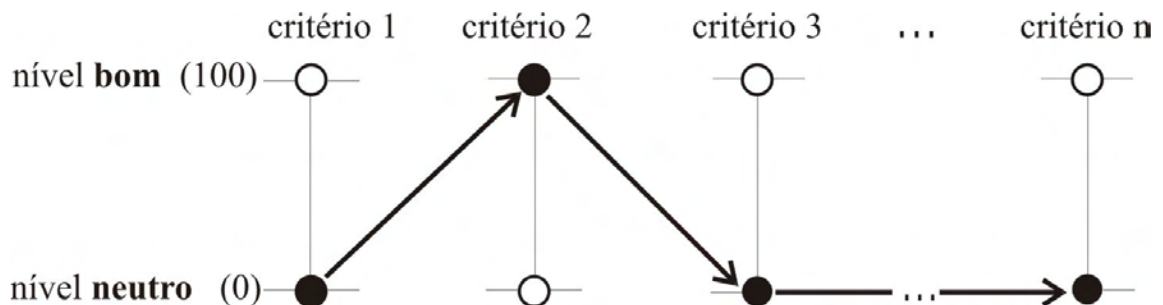


Figura 4.29: Alternativa B: pior desempenho (**neutro**) no Critério 1, melhor desempenho (**bom**) no Critério 2, mantido o nível **neutro** nos critérios restantes  
Fonte: ENSSLIN et al, 1998, p. VIII-3

Como a alternativa **A** apresenta o melhor desempenho (**bom**) no Critério 1 de avaliação, que os decisores consideram o mais importante, essa alternativa é, por decorrência, mais preferida do que a alternativa **B**. A questão fundamental é determinar o *quanto* o Critério 1 é, relativamente, mais importante do que o Critério 2.

Para isso, em um segundo momento, os decisores são questionados sobre o quanto aceitariam *perder*, em termos de desempenho da alternativa **A**, no Critério 1, de forma que as duas alternativas ficassem indiferentes (equivalentes) na comparação. Isto é obtido baixando-

se, gradualmente, o desempenho da alternativa **A**, no Critério 1, até que os decisores dêem-se por satisfeitos (indecisos) entre as alternativas **A** e **B**.

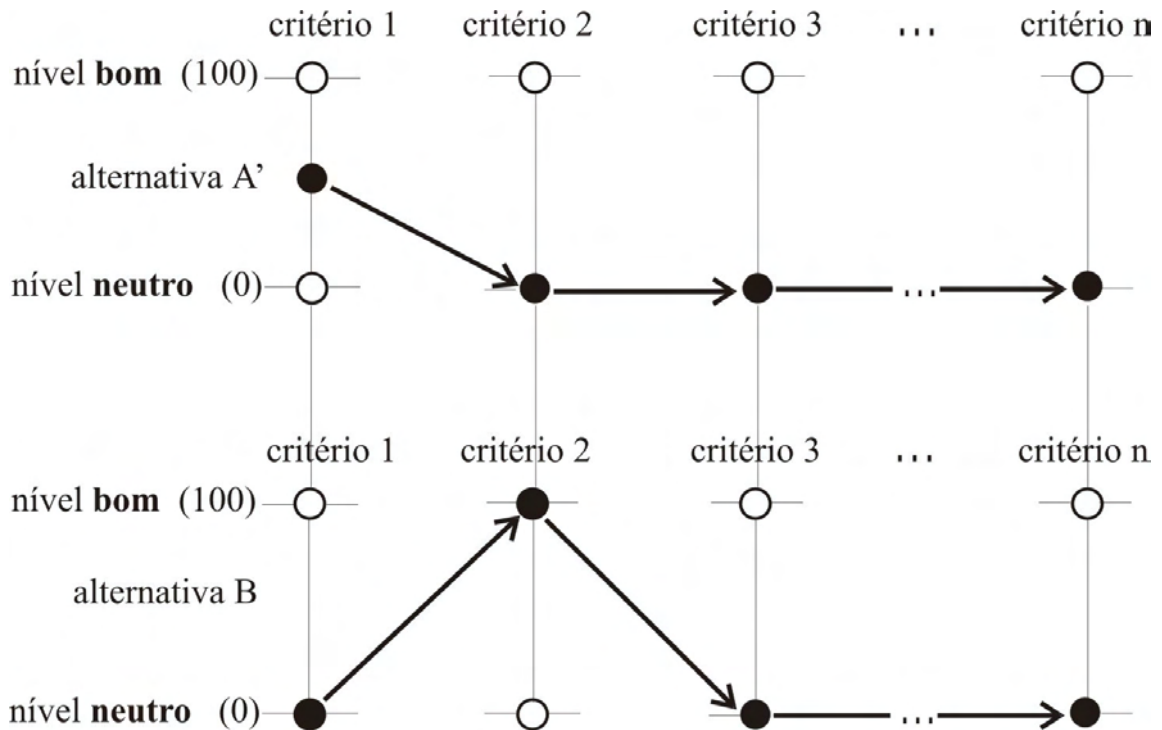


Figura 4.30: Níveis de desempenho que tornam as alternativas **A** e **B** indiferentes, na visão dos decisores

Fonte: ENSSLIN et al, 1998, p. VIII-3

Esse procedimento é definido como “condição de balanceamento correspondente” (KEENEY; RAIFFA, 1976, p. 90), representando o fundamento para a obtenção da **função de valor aditiva**, uma das formas de expressão da estrutura de preferências dos decisores, adotada neste trabalho.

Para  $k$  critérios de avaliação, por adaptação de Keeney e Raiffa (1976, p. 117):

$$V(A_i) = \sum p_j v_j(x_j), \text{ sujeito a } \sum p_j = 1 \quad (4.11)$$

Sendo:  $V(A_i)$  = valor global de cada alternativa de solução ( $i=1,2,\dots,n$ )

$p_j$  = peso relativo, variando de zero a 1

$v_j(x_j)$  = função de valor para cada critério de avaliação, variando de zero (**neutro**) a 100 (**bom**)

$j = 1,2,\dots,k$  os  $k$  critérios de avaliação

Conhecidas as **funções de valor** de cada critério de avaliação, podem ser obtidos os pesos relativos desses critérios, como descrito a seguir.

Fazendo:

Critério 1=critério de referência

Critério 2=outro critério qualquer

$p_1$ =peso relativo do Critério 1

$p_2$ =peso relativo do Critério 2

$v_1(A)$ =valor local (desempenho) da alternativa **A**, no Critério 1

$v_2(A)$ =valor local da alternativa **A**, no Critério 2

$v_1(B)$ =valor local da alternativa **B**, no Critério 1

$v_2(B)$ =valor local da alternativa **B**, no Critério 2

Atendida a *condição de balanceamento correspondente* e generalizando:

$V(B)=V(A')$  a alternativa **B** tem o mesmo valor global que a alternativa **A'**

**B I A'** alternativa **B** é indiferente à alternativa **A'**

Ou seja:

$$p_1v_1(B) + p_2v_2(B) + \dots + p_kv_k = p_1v_1(A') + p_2v_2(A') + \dots + p_kv_k(A')$$

como  $v_1(B)=0$  ;  $v_2(B)=100$  ;  $v_2(A')=0$

$$p_2 = p_1v_1(A')/100 \tag{4.12}$$

$v_1(A')$ = definido pelos decisores

Pela mesma sistemática, comparando par-a-par o Critério 1 com os demais critérios de avaliação e respeitando a condição  $\sum p_k=1$ , podem ser obtidos todos os pesos relativos destes critérios de avaliação.

#### 4.5 A AVALIAÇÃO NO PROCESSO DECISÓRIO

Nos itens anteriores, foram descritos os procedimentos necessários para a estruturação do problema e operacionalização dos objetivos fundamentais, através da construção dos **Mapas Cognitivos**, da transposição desses mapas para a **Hierarquia dos Objetivos**, da obtenção das **Funções de Valor**, além da determinação dos pesos relativos dos critérios de avaliação.

Para medir o desempenho de cada alternativa de solução, em termos de atendimento simultâneo de todos os objetivos fundamentais, geralmente conflitantes, na busca da solução do problema, há a necessidade de *aglutinar* os desempenhos locais medidos para todos os critérios de avaliação, para possibilitar uma **Avaliação Global** das alternativas de solução. Esse processo possibilita a obtenção de um ordenamento (classificação) das alternativas de solução, sendo que essa avaliação global só é possível quando estiver mantida a *comparabilidade*, aos pares, entre todas as alternativas de solução e para todos os critérios de avaliação.

No processo decisório, essa condição para a síntese é tratada através da **Análise Multicritério** (COHON; MARKS, 1975), sob três possíveis abordagens, segundo Roy e Bouyssou (1993, p. 175): “critério único de síntese, abordagem por subordinação de síntese e julgamento local interativo”.

Nesta pesquisa, será utilizada a abordagem do tipo *critério único de síntese*, que possibilita, por meio da utilização das **funções de valor** e dos pesos relativos (taxas de substituição) dos critérios de avaliação, trabalhar com uma unidade única em todos esses critérios. Por meio de uma **fórmula de agregação aditiva** das avaliações locais das alternativas de solução, em cada critério, obtém-se a **avaliação global**.

Há vários métodos de análise multicritério que possibilitam essa agregação aditiva, sendo um dos largamente utilizados, segundo Roy e Bouyssou (1993, p. 103), a *Programação de Compromisso* (ZELENY, 1973), a técnica adotada nessa pesquisa, cujo algoritmo está descrito no item 5.2.2. A formulação matemática do modelo.

#### **4.5.1 Justificativas para a escolha do método multicritério da Programação de Compromisso**

Zionts (1998, p. 18), em trabalho apresentado na 13<sup>a</sup> Conferência Internacional sobre Metodologias Multicritério na Tomada de Decisão (“MCDM”), discorre sobre a história e o futuro dessas técnicas, trazendo interessantes e oportunas considerações. Inicia afirmando que a abordagem multicritério tem por objetivo apoiar os decisores a entenderem seus problemas, constituírem alternativas e tomarem decisões para a solução dos referidos problemas. Apesar disso e da disponibilidade de uma grande quantidade de métodos, academicamente desenvolvidos, sustenta que “pouco tem sido feito em termos de efetivo apoio para a solução de problemas reais”.

Baseado em sua experiência, o referido autor cita, como técnicas que têm sido usadas com sucesso, o método da Função de Utilidade Multidimensional (“MAUT”) de Keeney e

Raiffa (1976), o método Analítico Hierárquico (“AHP”) de Saaty (1980) e suas aplicações em análise conjunta, o método Electre de Roy (1971), além de outros. Também dá conta de que o assunto “MCDM” tem tido grande desenvolvimento e divulgação no campo acadêmico, tendo havido, no período 1987 – 1992, mais de 1200 artigos publicados em 153 jornais especializados, por autores de mais de 50 países. Também registra que, no entanto, mesmo sendo uma área de pesquisa muito explorada cientificamente, não tem sido aplicada no mundo real na mesma proporção, também não havendo procura significativa no mercado.

Por outro lado, reitera que, não obstante o fato de que a metodologia “MCDM” ser uma importante parte da ciência da gestão, esta área do conhecimento, em especial os métodos quantitativos, “é um campo em declínio na educação” e que, em muitas universidades nos EUA, a ciência da gestão tem deixado de ser enfatizada, inclusive com a eliminação da oferta de alguns cursos. Concluindo seu artigo, Stanley Zionts apresenta recomendações para o uso das metodologias multicritério, que podem ser interpretadas como segue:

***adotar abordagens e técnicas simplificadas***

Isto porque os decisores tendem a pensar em termos de níveis de aspirações, que devem ser interpretadas com geração de alternativas de solução ordenadas de forma a melhor atender às referidas aspirações, em termos de efetivo apoio à decisão.

***operacionalizar a aplicação através de planilha eletrônica***

O autor é enfático ao ressaltar a importância da programação da metodologia multicritério em planilha eletrônica.

***utilizar a metodologia “MCDM” para construir novas alternativas de solução***

Isto porque um dos problemas do uso de métodos unicamente quantitativos é que usualmente se pressupõe um conjunto fixo (estável) de alternativas de solução do problema. Esse fato torna difícil e trabalhoso o processo decisório, principalmente na presença de decisores que entendem conhecer suficientemente a área em que atuam, casos em que há resistências às mudanças.

No caso da presente pesquisa não há essa preocupação, porque o problema é estruturado considerando os usuários da água como sendo as alternativas de solução, bem definidas, a partir de um cadastro permanentemente atualizado.

Simonovic (1998) traz uma importante contribuição referente à abordagem sistematizada para a gestão dos recursos hídricos. Dentre outras técnicas de análise multicritério, como o método Analítico Hierárquico (“AHP”) e o método Electre, o referido autor também aponta o método da Programação de Compromisso (PC) como uma metodologia adequada para a aplicação na gestão dos recursos hídricos. O citado autor relaciona alguns trabalhos profissionais realizados com a aplicação dessa metodologia, preconizada para contextos decisórios conduzidos com intensa interação e participação dos decisores, que são instados a manifestar progressivamente as suas preferências até que se chegue, pelo consenso, a uma solução satisfatória, embora não garantida para todas as situações.

Na realidade, o método da Programação de Compromisso também pode ser utilizado, como no caso estudado na presente pesquisa, para possibilitar, numa fase inicial, uma classificação dos usuários da água, com base na avaliação da eficiência no uso desse bem e por medidas *antecipadamente* determinadas para os critérios de avaliação (variáveis) escolhidas no processo decisório. Estas medidas, atualizadas progressivamente ao longo do



processo, através das regulares reclassificações (em função das melhorias de eficiência induzidas) revelam, na realidade, as preferências de cada usuário, expressas pela performance individual e sob controle de cada um destes. Os usuários da água são estimulados a aumentar suas eficiências no uso da água.

O método da Programação de Compromisso é operacionalizado por um algoritmo simplificado, analiticamente definido pela soma de desvios a uma posição ideal, para cada critério, desvios esses quadráticos e duplamente ponderados, como descrito no item 5.2.2 A formulação matemática do modelo. Além de ser matematicamente simples, o método possui uma outra vantagem muito importante, pois permite a operacionalização por meio da avaliação global de cada alternativa através de um processo de agregação aditiva, a partir da soma das *distâncias* (a medida comum) em todas as variáveis. Também, “é importante observar que (...) segundo a via do construtivismo, não há um descritor (critério) único para operacionalizar um objetivo fundamental” (MONTIBELLER NETO, 1996, p. 40). Sendo assim, cada objetivo fundamental pode ser especificado por um ou mais critérios de avaliação, desde que sejam confirmadas as propriedades estabelecidas no item 4.4.1.2.

Por outro lado, como os cálculos a serem realizados são simples e seqüenciais, o método pode ser facilmente programado e operacionalizado através de planilha eletrônica, como demonstrado no capítulo 7 OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO, RESULTADOS E CONDICIONANTES.

Há muitos estudos e algumas efetivas aplicações das mais de 50 técnicas de análise multicritério. (BARBOSA, 1997, p. 44). Especificamente, para a área da gestão de recursos hídricos, podem ser citados Hipel et al. (1992, p. 3), Simonovic (1998), Gobbetti (1993), Keeney e Wood (1977).

A aplicabilidade do método da Programação de Compromisso, para a análise multicritério na gestão dos recursos hídricos, pode ser confirmada através de muitos estudos e

experiências práticas registrados na bibliografia internacional especializada no tema. Neste sentido, segue o relato de algumas das informações mais importantes e as peculiaridades, caso a caso, que caracterizam, sob vários aspectos, o bom desempenho e a adequabilidade do método em questão, para gestão dos recursos hídricos.

Teclé (1992, p. 129), no desenvolvimento de um processo de escolha do método multicritério mais apropriado para a solução de problemas de gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, apresenta um modelo estruturado sob a abordagem multicritério. Um total de 15 técnicas, pré-qualificadas como viáveis, são comparadas sob 24 variáveis, a partir de uma matriz de avaliação.

Dentre estes métodos pré-selecionados, estão aqueles tradicionalmente usados, como o da Função de Utilidade Multidimensional (KEENEY; WOOD, 1977), o Analítico Hierárquico (SAATY, 1980), o da Programação por Metas (CHARNES; COOPER, 1961), o do Valor Substituto de Troca (HAIMES; HALL, 1974), o método dos Passos, “STEM” (BENAYOUN; MONTGOLFIER; TERGNY, 1971), o Promethee (“Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations”) (BRANS; VINCKE, 1985) e Electre (“Elimination and Choice Translating Reality”) (ROY, 1971).

Na classificação final, o método da Programação de Compromisso ocupa a primeira posição, em termos de aplicabilidade na gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, com base nos critérios de avaliação utilizados e na visão dos decisores, segundo Teclé (1992). Na classificação, dentre as 15 técnicas comparadas, o método PC apresenta o melhor desempenho, com destaque para os seguintes atributos:

- consistência dos resultados
- robustez
- facilidade de entendimento do método, por parte dos decisores
- disposição (ânimo) para a interação, por parte dos decisores

- facilidade de operacionalização do método, no âmbito da equipe decisora
- facilidade computacional
- facilidade de identificação das soluções mais eficientes
- número de parâmetros utilizados
- tempo necessário para implementação/operacionalização
- poder de discriminação, na avaliação das alternativas de solução
- facilidade de codificação

Gobbetti (1993), ao classificar 7 alternativas de solução, sob 15 critérios de avaliação, na solução do problema da Revisão do Plano Diretor de Esgotos da Região Metropolitana de São Paulo, compara os resultados obtidos pelo uso de quatro métodos: Programação de Compromisso, Função de Utilidade Multidimensional, Electre e Promethee. Na verificação da semelhança dos resultados da classificação, através do coeficiente de Spearman, o método PC apresenta um índice de correlação variando de 0,8 a 1,0 (igualdade). Os outros métodos utilizados na pesquisa foram o Analítico Hierárquico e o Electre.

Shafike, Ducskstein e Madock (1992, p. 33), ao solucionarem um problema multiobjetivo de contaminação de aquíferos subterrâneos, utilizam os métodos PC, Electre e MCQAI, comparando 15 alternativas de solução sob 3 variáveis. Através da análise de sensibilidade, verificam que as 3 técnicas indicam, identicamente, as melhores alternativas de solução, comprovando a aplicabilidade do método PC, principalmente em termos de consistência e robustez.

Harboe (1992, p. 103) compara os resultados obtidos pela aplicação de 6 técnicas de análise multicritério em uma modelagem para a escolha de soluções visando à otimização de reservatórios de múltiplos propósitos na Califórnia do Norte-EUA (Shasta e Folsom) e na Alemanha (Sistema Wupper). O trabalho comprova a robustez, consistência e facilidade operacional do método PC.

Em um trabalho clássico da aplicação da análise multicritério na gestão de bacias hidrográficas, Duckstein e Opricovic (1980) fazem uma comparação entre técnicas, comprovando a aplicabilidade da PC em um cotejo de resultados com o Electre, segundo David e Duckstein (1976) e com a Função de Utilidade Multidimensional, segundo Keeney e Wood (1977), para o desenvolvimento sustentável da bacia do rio Tisza, na Hungria.

Além do relato comprobatório apresentado, confirmando a aplicabilidade do método da Programação de Compromisso na gestão dos recursos hídricos, são apresentadas, complementarmente, mais algumas justificativas, considerando, também, o pressuposto do direcionamento para o âmbito dos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. São, então, motivos adicionais:

- facilidade de apresentação do método, por parte do analista (facilitador)
- facilidade de entendimento e aceitação do método, por parte dos decisores
- simplicidade matemática
- possibilidade do manejo das variáveis, através de suas próprias medidas, sem necessidade de transformações de escalas
- facilidade de programação, operacionalização e atualização de dados em planilha eletrônica
- efetividade na interação analista x decisores
- minimização do fator *tempo dispendido* na implementação, programação e atualização
- facilidade de visualização do *balanço* (“trade-off”) de eficiência entre alternativas de solução
- indução ao envolvimento dos decisores no processo de participação e conseqüente
- aprendizado, facilitando o processo de apoio à decisão.

Diante do exposto e considerados os objetivos e o escopo do presente trabalho, entende-se como justificada a escolha da técnica *Programação de Compromisso* para o modelo multicritério de avaliação.

Como visto, a avaliação global de cada alternativa de solução do problema depende da medida do desempenho em cada critério escolhido e ponderado relativamente aos demais, como descrito no item 4.4.1.6 *Ponderação global dos critérios de avaliação.*

## **5 O MODELO DE COBRANÇA PROPOSTO**

Traz-se à discussão uma proposta de instrumento para a cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água do ambiente, considerado o contexto regional da bacia hidrográfica.

Para a concepção e desenvolvimento do modelo, foi considerado, como pressuposto, o atendimento dos preceitos básicos estabelecidos na legislação que trata da Política de Recursos Hídricos, níveis federal e estadual. Em especial no que tange à necessidade da pré-existência do Plano de Bacia Hidrográfica e da Outorga dos direitos de uso da água na bacia hidrográfica objeto. Essas exigências deverão ser cumpridas antes da efetiva implementação da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, se, quando e onde for imprescindível. Também é pressuposto que o modelo de cobrança que está sendo apresentado, não deve ser entendido, sob nenhum pretexto, como um meio meramente arrecadatório, mesmo porque essa possibilidade não tem guarida legal.

### **5.1 O QUE HÁ DE INOVAÇÃO NA PROPOSTA**

De uma pesquisa desse tipo espera-se algo inovador. São três os aspectos assim considerados que sustentam o presente trabalho.

O primeiro diz respeito à concepção adotada que, através de uma *abordagem sistematizada*, visa à viabilização da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água na região da bacia hidrográfica, por meio da busca do atendimento otimizado dos vários objetivos esperados e inerentes à implementação deste instrumento. O segundo, refere-se à *forma de estruturação* do modelo através dos **Mapas Cognitivos**. O terceiro diz respeito à *utilização da metodologia multicritério*, baseada no conceito dos **Ótimos de Pareto**, na fase de avaliação.

Em termos de concepção e em síntese, a aplicação do instrumento visa ao alcance do *uso eficiente* da água. O modelo possibilita, através da aplicação da metodologia multicritério, a medida da eficiência com que cada usuário utiliza a água, a classificação de cada um deles com relação a todos os demais, propiciando um tratamento equitativo e a indução contínua ao uso racional da água.

De outra parte, a *estruturação* do referido modelo multicritério é fundamentada, essencialmente, no construtivismo, na valorização da subjetividade inerente a qualquer contexto decisório e no comprometimento com o permanente aprendizado, através da utilização dos **Mapas Cognitivos**. Os mapas cognitivos, como já foi conceituado, são ferramentas utilizadas para a definição, formulação e estruturação de problemas complexos. Têm por fundamento a cognição humana, um conceito geral que alcança todas as formas de conhecimento, incluídos a percepção, o raciocínio e o juízo de valor. Descrições detalhadas sobre a utilização de mapas cognitivos podem ser encontradas em Eden e Ackermann (1998, p. 284).

A metodologia proposta para a estruturação do problema, no âmbito e objetivos deste trabalho, está apresentada no item 4.3 A Estruturação de Problemas Complexos.

Não se tem conhecimento de abordagens similares na área de pesquisa dirigida à cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, como instrumento de gestão dos

recursos hídricos. O item que segue traz, em síntese, o fundamento do modelo de cobrança proposto, no que concerne à concepção adotada.

## 5.2 A CONCEPÇÃO DO MODELO

A finalidade principal da presente proposta de um modelo para cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água na região de uma bacia hidrográfica é fomentar o *uso eficiente* deste recurso natural. Para esse fim, e no âmbito e objetivos deste trabalho, são considerados, em primeira demanda, os usos consuntivos e não-consuntivos da água, seja como fonte, através da captação ou utilização *in loco*, ou como corpo receptor, através do lançamento de despejos, conforme caracterizado no item 2.3.1 Os usos da água.

### 5.2.1 Os usos Pareto-Ótimos

A concepção do modelo proposto está baseada no Conceito dos **Ótimos de Pareto**. Vilfredo Pareto (1848-1923) foi um sociólogo e economista italiano, reconhecido, dentre outros feitos, pelo conceito aqui adotado e mostrado na seqüência.

Buscam-se as eficiências *econômica e distributiva*, através da otimização do uso da água, em termos de alocação desse bem, na forma de um uso racional e da redistribuição da riqueza, por meio de um tratamento equânime dado aos usuários.



Através da metodologia multicritério, para uma determinada bacia hidrográfica e por tipo de uso, consuntivo ou não-consuntivo, cada usuário (ou classe de usuários) tem sua eficiência de uso avaliada e comparada ao desempenho de todos os demais. Esta avaliação individual da eficiência no uso da água pode ser obtida através de medidas de variáveis controladas, estruturadas e ponderadas no contexto decisório do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica. Tal processo possibilita a obtenção de uma classificação geral dos usuários, onde a posição de cada um é definida pela **avaliação global**, resultado da composição das medidas simultâneas de todas as variáveis adotadas, por tipo de uso. Ficam, então, bem caracterizados os usuários mais eficientes e os menos eficientes no uso da água, além da definição do grau de performance de cada um, por tipo de uso. Como as variáveis possibilitam a caracterização individual do desempenho de cada usuário no uso da água, fica evidente que haverá um tratamento desigual aos que são diferentes, dependendo de seus desempenhos, o que também produzirá preços diferenciados.

Aqui, entende-se que o modelo de cobrança proposto possibilita a busca da **eficiência distributiva**.

No **Conceito de Pareto**, levando em conta os usuários melhor classificados, ou seja, os mais eficientes no uso da água (os usos **Pareto-Ótimos**), quando houver uma melhoria de desempenho de qualquer desses usuários, deverá ocorrer aos demais uma queda nas suas eficiências globais, na forma de uma compensação incitativa e conjunta.

Através da *normalização*, como está descrito no item 5.2.2 A formulação matemática do modelo, estende-se esse princípio à totalidade dos usuários envolvidos no processo, de tal forma que, quando um usuário qualquer racionalizar o uso da água, espera-se que ocorra uma indução natural a que todos os demais procedam da mesma forma. Isto porque o modelo opera vinculando, de forma inversa, a eficiência no uso da água com a contribuição a ser paga

por cada uso, ou seja, quanto maior a eficiência, menor o preço unitário (por usuário, ou classe de usuários e por tipo de uso).

Pelo exposto, também entende-se que fica caracterizada a busca da **eficiência econômica**.

A Figura 5.1 elucida o processo descrito, através de uma noção geométrica de eficiência.

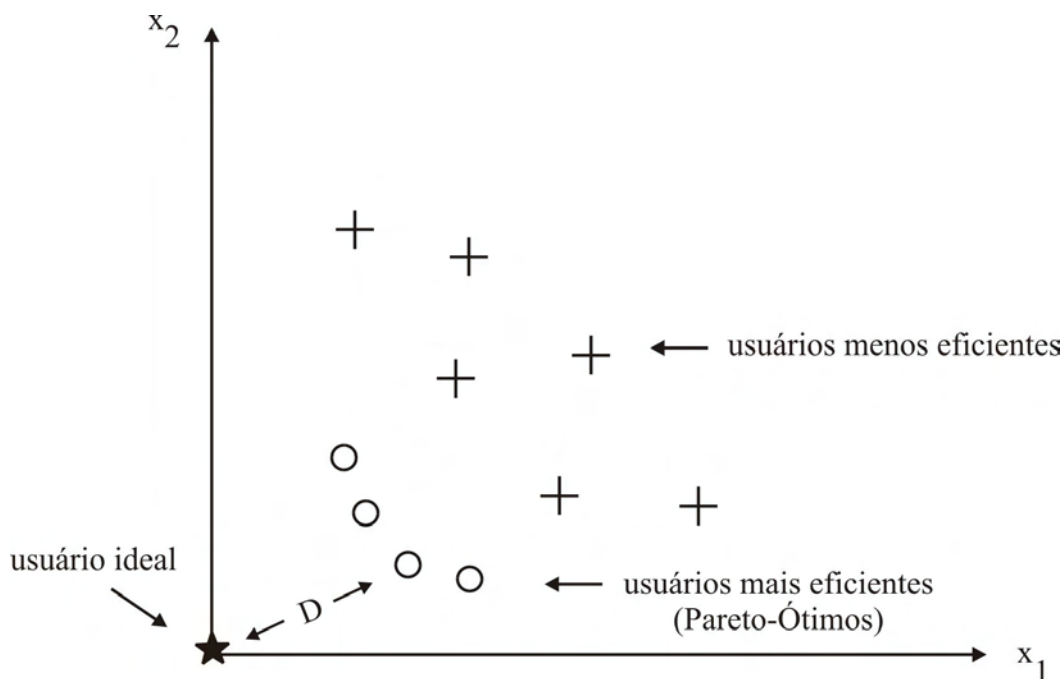


Figura 5.1: Os usos Pareto-Ótimos da água disponível no ambiente  
Fonte: elaborada pelo autor

A Figura 5.1 representa uma visão geométrica da medida da eficiência no uso da água para cada usuário, ou classe de usuários, consideradas apenas duas variáveis, para exemplificação. Na prática podem ser esperadas muitas variáveis.

O desempenho de cada usuário, ou classe de usuários, é obtido de forma relativa, através da *distância*  $D$  que separa a sua posição da posição do usuário *ideal* (aquele que, ficticiamente, obtivesse as medidas máximas em todas as variáveis, o que é impossível, em termos reais), considerando determinado uso da água. Quanto mais *próximo* estiver

posicionado um usuário com relação à posição do usuário ideal, maior será a sua eficiência no uso em questão e, conseqüentemente, menor será o preço unitário que o mesmo deverá pagar pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água.

#### 5.2.1.1 A eficiência distributiva

Como visto no item 4.2.1.1 *Objetivos da cobrança*, um deles é “contribuir com a redistribuição dos custos sociais, por meio de um mecanismo de preços diferenciados” (MAGALHÃES, 2002). No mesmo sentido, segundo Carrera-Fernandez (1997, p. 259), “é cobrando preços diferenciados que a distorção no uso da água, com relação aos seus níveis **Ótimos-Pareto**, é minimizada”.

Por outro lado, numa abordagem específica, Garrido (2000, p. 61) afirma que “em economia, a diferenciação de preços implica que a introdução do conceito **elasticidade-preço** da demanda, é capaz de conferir, com precisão e via preços, o tratamento desigual para usuários economicamente diferentes”.

Isto posto e considerando que a concepção do modelo proposto está baseada em uma classificação dos usuários, resultado da composição de suas eficiências no uso da água, pode-se afirmar que o instrumento possibilitará, de forma abrangente e multidimensional, o estabelecimento de preços justos, ficando caracterizada a busca da **eficiência distributiva**.

### 5.2.1.2 A eficiência econômica

Visando ao uso eficiente da água, como descrito no item 4.2.1.1 *Objetivos da cobrança*, também são objetivos desse instrumento “estimular a racionalização, conservação e recuperação dos recursos hídricos no que refere a seus usos múltiplos e contribuir para a gestão da demanda, influenciando, tanto quanto possível, na localização espacial da atividade produtiva usuária da água” (MAGALHÃES, 2002).

Sob este aspecto, observando que a concepção do modelo proposto baseia-se em uma saudável competição entre os usuários que visam à redução da contribuição financeira a ser paga, cujo valor resultará da eficiência no uso da água, entende-se que a aplicação do instrumento proposto induz ao uso racional, possibilitando a busca da **eficiência econômica**.

Operacionalmente, o modelo pode possibilitar a otimização dos investimentos na região da bacia hidrográfica, com base na maximização do número de usuários **Pareto-Ótimos**, como está demonstrado na simulação 2, do estudo de caso.

## 5.2.2 A formulação matemática do modelo

Para cada uso da água e a partir de uma **Matriz de Avaliação**, mostrada na Tabela 5.1, o modelo propicia, por meio da análise multicritério, uma classificação geral dos usuários em função da eficiência no uso da água. Através da normalização, reduz-se o intervalo formado pela série de *medidas D*, uma para cada usuário, ou classe de usuários, à escala decimal 0–1.

Para cada uso da água disponível no ambiente, essa sistemática fornece, para cada usuário, ou classe de usuários, e em termos decimais, uma **cota de participação**. A soma de todas essas cotas deverá ser sempre igual à unidade.

Para a efetivação da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água e por tipo de uso em determinada bacia hidrográfica, o preço a ser pago por usuário será definido pela aplicação (multiplicação) da cota de participação do mesmo sobre o valor, ou parcela, da intervenção programada no Plano de Bacia e aprovada pelo Comitê de Gerenciamento. Por exemplo, tais cotas poderão incidir sobre os custos de operação, manutenção e reposição em uma barragem e, eventualmente, sobre parte do investimento, considerado um prazo de carência e a efetiva disponibilidade da água. Sendo assim, a implementação de um instrumento de cobrança com essas características, tende a constituir, no âmbito da bacia hidrográfica, um processo sistemático, auto-sustentável e criativo, em termos atitudinais, na forma de uma saudável competição entre os usuários, onde a meta comum passa a ser a minimização do preço a ser pago para a garantia de ter e pelo uso da água, sem prejuízo do valor total a ser integralizado, para cada intervenção aprovada.

Em termos gerais, todo o procedimento que resulte no aumento da eficiência no uso da água (redução da cota de participação) de um usuário, ou classe de usuários, também deverá acarretar um *aumento muito reduzido* das demais cotas, distribuído entre todos os usuários restantes, que nada ou pouco fizeram e proporcional à eficiência global de cada um deles, isto porque a soma das cotas, como já foi referido, deve ser igual à unidade, o que garante o equilíbrio no processo de cobrança. *Aqui reside, de forma mais clara, o princípio ativo de incitação à racionalização do uso da água, ou seja, a busca da eficiência econômica.* Daí, também se pode concluir que a otimização da alocação da água na bacia hidrográfica é conseqüente, tanto no aspecto técnico, como no de escala.

Admitida a existência de um confiável e atualizado cadastro de usuários, a **Matriz de Avaliação**, que constitui o ponto de partida para a aplicação do modelo proposto, é caracterizada como está mostrado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Matriz de Avaliação dos usuários, quanto à eficiência no uso da água

variáveis	pesos relativos	usuários da água		
		$U_1$	$U_2$	..... $U_n$
$x_1$	$P_1$	$A_1(x_1)$	$A_2(x_1)$	$A_n(x_1)$
$x_2$	$P_2$	$A_1(x_2)$	$A_2(x_2)$	$A_n(x_2)$
.				
.				
$x_k$	$P_k$	$A_1(x_k)$	.....	$A_n(x_k)$

Fonte: elaborada pelo autor

Sendo:

$U_1, U_2, \dots, U_n$  = os  $n$  usuários da água disponível no ambiente na bacia hidrográfica

$x_1, x_2, \dots, x_k$  = as  $k$  variáveis (critérios de avaliação), que especificam os  $p$  objetivos, conflitantes, ou não ( $p \leq k$ )

$P_1, P_2, \dots, P_k$  = os  $k$  pesos relativos das variáveis

$A_1(x_1), \dots, A_n(x_k)$  = as  $n \times k$  avaliações dos  $n$  usuários sob as  $k$  variáveis.

Através da análise multicritério, adaptada à presente pesquisa e explicada adiante, o modelo possibilita a comparação da **eficiência global** no uso da água de cada usuário, ou classe de usuários, com as de todos os outros, no âmbito da região da bacia hidrográfica. Como produto dessa comparação, obtém-se uma classificação de todos os usuários, segundo as suas eficiências no uso da água.

Antes de expor o algoritmo proposto para a realização da avaliação dos usuários, é preciso esclarecer o que significa a abordagem multicritério.

### 5.2.2.1 A utilização do conceito multicritério

Considerada a finalidade da presente pesquisa e por interpretação e adaptação do conceito multicritério, descrito em Cohon e Marks (1975), apresentado no item 2.2.4 A Avaliação, tem-se, analiticamente  $\text{Max } \mathbf{F}(\mathbf{x}) = [ \mathbf{F}_1(\mathbf{x}), \mathbf{F}_2(\mathbf{x}), \dots, \mathbf{F}_p(\mathbf{x}) ]$ .

$\mathbf{F}(\mathbf{x})$  é o vetor das  $p$  funções-objetivo (o desempenho que se espera dos usuários da água, em cada uso). Funções essas explicitadas pelas variáveis (os critérios de avaliação), entendidas como as especificações dos objetivos. Como já foi citado, é impossível maximizar todas as funções-objetivo na prática, pois seria pressupor uma alternativa de solução do problema (aqui representadas pelos usuários da água) que apresentasse a eficiência máxima no atendimento simultâneo de todos os objetivos, vale dizer, a medida máxima em todas as variáveis controladas.

Para a concepção adotada no modelo, a solução é encontrada através da busca dos **Ótimos de Pareto**, aqui representados pelos usuários com usos Pareto-Ótimos, na forma já referida.

Sistematicamente, o *custo* do aumento de eficiência de um usuário é arcado equânime por todos os usuários restantes, menos eficientes. Esse *custo* será sempre proporcionalmente muito reduzido, devido à grande amplitude do universo dos usuários, representando um impacto tanto menor quanto maior for esse universo na região da bacia hidrográfica. Mas, quanto maior o grupo dos engajados no aumento da eficiência, maior deverá ser o acréscimo individual de custo distribuído aos que pouco, ou nada, fazem. A finalidade é estimular ao uso cada vez mais racional da água. Exemplificando, para o objetivo  $\mathbf{F}_1(\mathbf{x}_1)$  *minimizar a captação superficial de água na época da estiagem*, uma das variáveis  $\mathbf{x}_1$  poderia ser *vazão de captação superficial de água no período de estiagem*. Outras variáveis

poderiam ser *nível de sistematização da lavoura* ou *volume de água armazenado em açudes, fora do período de estiagem*, pois todas essas variáveis possibilitam a avaliação do atendimento do objetivo citado, simultaneamente.

Para ainda melhor elucidação, dois objetivos conflitantes poderiam ser *aumentar o volume de água armazenado em açudes* e *minimizar a área de contribuição dos açudes*, dois objetivos que visam ao aumento da disponibilidade de água, ou ainda, à racionalização do uso da água, mas impossível de serem otimizados (max/min) ao mesmo tempo, por um mesmo usuário. O usuário, repete-se, representa o meio (alternativa de solução) para o alcance conjunto e simultâneo de todos os objetivos, na solução do problema.

#### 5.2.2.2 O método adotado para a classificação dos usuários da água

O fundamento do método de classificação utilizado é a técnica consagrada de análise multicritério *Programação de Compromisso*, descrita em Zeleny (1973), que é baseada em uma noção geométrica do melhor, mediante o uso de uma medida de proximidade a uma solução ideal, que é definida como o vetor  $\mathbf{F}^* = (\mathbf{F}^*_1, \mathbf{F}^*_2, \dots, \mathbf{F}^*_k)$ , onde as  $\mathbf{F}^*_i$  são as soluções do problema  $\mathbf{Max F}_i(\mathbf{x})$ , para  $\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$  e pertencente ao conjunto dos números reais, sendo  $\mathbf{x}$  o vetor das  $k$  variáveis controladas de decisão, os critérios de avaliação.

Cada um dos  $n$  usuários representa uma alternativa solução do problema.  $\mathbf{F}^*$  significa, então, a solução conjunta formada pelas medidas (eficiências) máximas em todos os objetivos (usos da água).

Na pesquisa desenvolvida neste trabalho, não há a intenção de separar apenas as alternativas (usuários) *não-dominadas*, ou seja, os que apresentam usos **Pareto-Ótimos**, mas



sim, flexibilizar (afrouxar) as restrições que constam da versão original da metodologia adotada, *estendendo a todos os usuários da água* na bacia hidrográfica, através da normalização, como já referido.

Uma das medidas de proximidade freqüentemente utilizadas é, segundo Zeleny (1973):

$$D_j = \left\{ \sum_{i=1}^k P_i^2 \left[ \frac{F_i^* - F_i(x)}{F_i^* - F_i^{**}} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (5.1)$$

Sendo:

$F_i^*$  = a melhor medida de cada variável (pode ser o maior ou o menor valor), no caso em tela, o nível **bom**

$F_i^{**}$  = a pior medida de cada variável (pode ser o menor ou o maior valor), no caso em tela, o nível **neutro**

$P_i$  = o peso relativo de cada variável (critério de avaliação), conforme item 4.4.1.6

$k$  = número de variáveis

$x$  = variáveis de decisão controladas

$n$  = número de usuários

A classificação geral dos  $n$  usuários pode ser obtida pelo ordenamento crescente das *distâncias*  $D_j$ , com relação à posição *ideal*. Em melhores termos, a posição de cada usuário, ou classe de usuários, na classificação geral é dada pela soma dos desvios ponderados à posição ideal em cada variável, com base na eficiência no uso da água, como já foi conceituado. Trata-se, na realidade, de uma fórmula de **agregação aditiva**, condicionada à sistemática descrita no item 4.4.1.6 *Ponderação global dos critérios de avaliação*. Os usuários competem, buscando a minimização do preço unitário a ser pago em cada uso da

água. Sendo assim, adota-se  $F_i^* = 0$  o que representa, por decorrência, a contribuição financeira nula.

Vale reprimir Kelman (2000, p. 103): “o usuário deve racionalizar a utilização da água, diminuindo, ou mesmo eliminando a cobrança que lhe é destinada”.

### 5.2.2.3 As cotas de participação

As **cotas de participação**, que possibilitam a determinação das contribuições financeiras (marginais e totais), a serem pagas pelos usuários, ou classes de usuários da água, são obtidas através da *normalização*, caso a caso, com base no conjunto das *medidas*  $D_j$  dos  $n$  usuários, ou classes de usuários, envolvidos no processo. Para cada usuário, ou classe de usuários, a *distância*  $D_j$  sintetiza sua **eficiência global** nos usos que faz da água, seja por captação, ou por poluição desse recurso natural.

$$q_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^n D_j} \quad (5.2)$$

sendo:  $q_j$ =**cota de participação** do usuário  $j$  (ou da classe  $j$  de usuários);

$j=1,2,\dots,n$  os  $n$  usuários (ou classes de usuários) da água;

$D_j$ = *distância* do usuário  $j$  (ou da classe  $j$  de usuários) à posição ideal, por tipo de uso da água, captação ou poluição

### 5.2.3 A questão da distribuição espacial e o alcance das intervenções

O universo dos usuários da água geralmente tem uma composição heterogênea, devida à natureza diversificada das atividades, com acentuada dispersão espacial, em termos de distribuição na região da bacia hidrográfica. Por esse motivo, é de se esperar que haja intervenções de interesse e alcance limitados a determinadas parcelas de usuários da água, sendo fundamental que o modelo seja aplicável, não apenas à totalidade da região da bacia hidrográfica, como unidade de planejamento, mas, também, para partes da mesma, sem perda da eficácia do instrumento de gestão. Esta necessária flexibilidade operacional está prevista no modelo proposto.

Para a programação, dimensionamento, negociação e aprovação de cada intervenção com abrangência parcial, será necessário definir, criteriosamente e através do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica, o alcance geográfico e o universo dos usuários envolvidos, em um primeiro momento. Em cada uma dessas situações particulares, deverão ser identificados os usuários da água (captadores e poluidores) interessados diretos, além dos beneficiários (investidores compulsórios) das *externalidades positivas*, que são benefícios consequentes a terceiros, e os atingidos pelas *externalidades negativas*, que são deseconomias impostas a terceiros, cujos ressarcimentos entram como custos adicionais nas intervenções.

Definido o universo restrito dos usuários da água envolvidos, utiliza-se o modelo de cobrança através da sistemática inicialmente apresentada, com geração das cotas de participação e contribuições financeiras decorrentes, especificamente para cada opção de intervenção programada. Uma reclassificação periódica, como descrito no item 5.2.5 deverá possibilitar a avaliação e atualização da eficiência global de cada usuário, selecionando, por

otimização, o conjunto dos mais eficientes, em um processo esperado de contínua indução ao uso racional da água.

#### **5.2.4 A inclusão e saída de usuários**

Na dinâmica da gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, em termos de cobrança pela garantia da disponibilidade e pelo uso da água, também deve ser considerada a distribuição temporal dos usuários. Para evitar o desequilíbrio financeiro e, em princípio, a necessidade de qualquer subsídio externo (ou cruzado interno), decorrente da saída (déficit) ou de entrada de novos usuários (superávit), como descrito anteriormente, fixa-se a condição de que a soma das cotas de participação deve sempre ser igual à unidade.

Então, periodicamente e através do Comitê de Gerenciamento, leva-se a efeito uma redefinição (atualização) das cotas de participação, a partir da reclassificação dos usuários, como descrito a seguir.

#### **5.2.5 Reclassificação geral periódica dos usuários**

Periodicamente, com a frequência a ser definida pelo Comitê de Gerenciamento, é fundamental que haja a atualização da base de dados do modelo de cobrança, materializada pelo *cadastro de usos e usuários da água*. Nesta atualização periódica, deverão ser registrados os dados e dimensões das variáveis de controle de eficiência dos novos usuários, ou classes de

usuários, bem como a remoção das informações daqueles que, independente dos motivos, deixarão de compor o universo objeto da cobrança.

Também, e principalmente, deverão ser atualizadas as medidas das variáveis para os usuários que estiveram envolvidos, independente da condição, em intervenções de abrangência parcial, ou mesmo total, na bacia hidrográfica.

A partir da *base de dados* (cadastro) atualizada, processam-se a reclassificação dos usuários da água e suas novas cotas de participação, que valerão para a programação das intervenções para o período de gestão seguinte.

### 5.3 A DISPOSIÇÃO (ACEITAÇÃO) A PAGAR PELA GARANTIA DA DISPONIBILIDADE E PELO USO DA ÁGUA

Visando à busca da **eficiência econômica**, é fundamental que a implementação do instrumento de cobrança proposto, no que refere aos valores pecuniários a serem arcados pelos usuários da água, ocorra com base na **utilidade** que os mesmos atribuem a esse recurso natural. Essa utilidade, proporcional à garantia de disponibilidade da água, seja para fins de aumento da produção e lucratividade, ou para a melhoria da saúde da população, enfim, para a maximização do bem-estar social, está condicionada e pode ser expressa em termos da **capacidade de pagamento** por parte do universo dos usuários, a ser levantada por negociação e consenso, legitimados pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica.

Segundo Conejo (2000, p. 31), “o valor da cobrança a ser estabelecido para cada setor usuário da água deve ser compatível com sua capacidade de pagamento, não inviabilizando sua competitividade no mercado”. Para fins práticos, pode-se afirmar que, ao longo do tempo, considerada a dimensão da utilidade da água para os usuários, essa capacidade de pagamento

define a **disposição (ou aceitação) a pagar** pela garantia de disponibilidade e pelo decorrente uso da água disponível na natureza.

Partindo desse pressuposto, preconiza-se a implementação de um processo que, a médio prazo, poderá possibilitar o estabelecimento da **curva de demanda** por água na região da bacia hidrográfica objeto da cobrança, bem como a **elasticidade-preço** (LANNA, 1996b, p. 22) da referida demanda (procura).

Antecipadamente, para cada período de programação estabelecido pelo Comitê de Gerenciamento, as contribuições financeiras dos usuários da água resultarão do questionamento das mesmas quanto aos compromissos financeiros que poderão ser suportados, frente aos resultados e valores obtidos por simulações, a partir de alternativas de intervenções propostas para o período seguinte, na bacia hidrográfica, seja para a garantia de disponibilidade de água, seja para o suporte da operação, manutenção e reposição do sistema existente. Devido a estas características, materializadas principalmente pela sazonalidade, a sistemática proposta ganha o aspecto do método do *valor contingencial*, como descrito no item 2.3.3 A valoração monetária da água.

A diferença aqui proposta, está em que o processo deverá ser conduzido no sentido da discussão e negociação para a escolha, hierarquização e dimensionamento das aspirações e metas, condicionados à restrição orçamentária dos usuários, nos moldes da abordagem conhecida como **custo-efetividade** (TURNER; PEARCE; BATEMAN, 1994, p. 130) e como descrita no item 4.2.1.2 As modalidades de cobrança. Por via de consequência, a sistemática proposta poderá possibilitar a programação periódica dos compromissos financeiros a serem assumidos, por usuário, ou por classe de usuários da água.

Acredita-se que, *uma vez confirmada a efetiva disponibilidade de água*, garantida antecipadamente na fase de planejamento e traduzida em lucratividade, ou bem-estar social,

estabeleça-se um processo contínuo e crescente de credibilidade e engajamento, com conseqüente aumento da eficiência no uso da água na região da bacia hidrográfica.

As referidas metas poderão ser representadas pela simples fixação consensual de um montante a ser arrecadado em determinado período, para a destinação em ações posteriores, ou mais definidamente, na forma de intervenções estruturais, ou de processo, programadas e dimensionadas no Plano de Bacia e aprovadas pelo Comitê de Gerenciamento. Para a situação específica do Estado do Rio Grande do Sul, a primeira alternativa é vedada por força da Lei Estadual 10350/94, que, em seu artigo 32, inciso I, impede a formação de fundos sem que sua aplicação esteja assegurada e destinada no Plano de Bacia Hidrográfica.

Como referido, através de simulações geradas pelo modelo, com base em dados que relacionem o binômio *quantidade x custo*, em valores crescentes, considerada a utilidade que os usuários atribuem à água à luz dos benefícios efetivamente auferidos, custos correspondentes e restrições orçamentárias, é possível cotejar **impacto da cobrança x capacidade de pagamento** no universo dos usuários, no âmbito e com a chancela do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica.

Considerada a figura 5.2, ao longo do processo de cobrança e admitido o aumento da eficiência no uso da água, é de se esperar que haja um *achatamento* (um giro no sentido anti-horário) da curva de *benefícios marginais (BM)*, que representa a disposição (ou aceitação) a pagar, por serem cada vez de menor porte e *custo marginal (CM)* as intervenções necessárias. Esse fato tende a elevar a **efetividade** na gestão da bacia hidrográfica, em termos de alcance das metas sócio-econômicas, ambientais e, fundamentalmente, a reduzir o gravame sobre os usuários da água, desejo de todos, sem dúvida. A dinâmica esperada na gestão da cobrança, através do modelo proposto, em termos de **custo-efetividade** (TURNER; PEARCE; BATEMAN, 1994, p. 130), está representada na já referida figura 5.2.

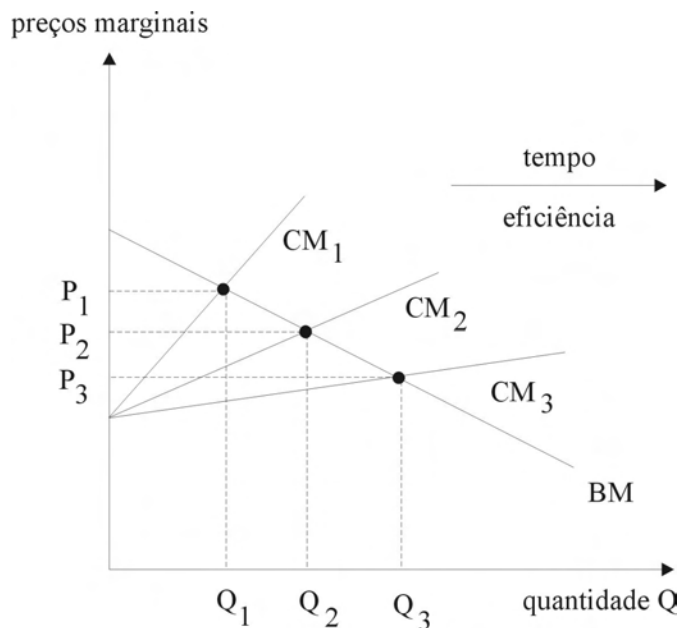


Figura 5.2: Evolução esperada para os preços marginais, pela aplicação do modelo de cobrança proposto  
Fonte: elaborada pelo autor

**CM** = custos marginais (oferta)

**BM** = benefícios marginais (disposição/aceitação a pagar)

**P** = preço unitário pelo uso da água

**Q** = quantidades-metas (**efetividade**)

#### 5.4 A CONTRIBUIÇÃO FINANCEIRA

O dispêndio financeiro pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água, por usuário ou classe de usuários, será definido pela **cota de participação**. Esse encargo, considerados o tempo de carência e o parcelamento, para uma determinada região de bacia hidrográfica e para cada conjunto de intervenções, antecipadamente acordado para



determinado período, resultará da aplicação da referida cota de participação sobre os valores orçados e estabelecidos por consenso.

Estes valores serão decorrentes das intervenções programadas e dimensionadas no Plano de Bacia, ou para suporte dos custos de operação, manutenção e reposição do sistema, negociadas e aprovadas no Comitê de Gerenciamento, com base na manifestação *a priori* e no levantamento do consenso, nos termos e condições descritas no item 5.3 Disposição (Aceitação) a Pagar Pela Garantia de Disponibilidade e Pelo Uso da Água.

Para elucidação, considere-se um conjunto de intervenções programadas e dimensionadas no Plano de Bacia Hidrográfica, em discussão e negociação no Comitê de Gerenciamento, para fins de aprovação de investimentos, ou de gastos com custeio futuros, referente a um determinado período, na região da bacia hidrográfica.

Sendo:

$$V = V_A + V_E$$

$V_A$ =valor do investimento (ou custeio), ou da parcela que caberá aos usuários, para garantir a disponibilidade (captação) de água, na quantidade  $Q_A$ ;

$V_E$ =valor do investimento (ou custeio), ou parcela que caberá ao usuários, para possibilitar o tratamento de uma quantidade  $Q_E$  de despejos.

Obs: incluídos os acréscimos de lei para o pagamento da implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, conforme a legislação.

Para o usuário  $j$ , ou classe  $j$  de usuários da água e para o período de gestão referido, tem-se:

$$(q_j)_A = \text{cota de participação (decimal) para o uso-captação};$$

$(q_j)_E$ =cota de participação (decimal) para o uso-poluição

Calculadas conforme descrito no item 5.2.2.3

**Contribuição financeira total (R\$)**

$$P_j = [(q_j)_A \cdot V_A] + [(q_j)_E \cdot V_E] \quad (5.3)$$

$$P_j = (P_j)_A + (P_j)_E$$

$(P_j)_A = (q_j)_A \times V_A$ =contribuição financeira total para o uso-captção de água

$(P_j)_E = (q_j)_E \times V_E$ =contribuição financeira total para o uso-poluição da água

**Contribuição financeira marginal para o uso-captção (R\$/m<sup>3</sup> captado)**

$$(P_j)_{MA} = (P_j)_A / (Q_j)_A \quad (5.4)$$

$(Q_j)_A$ =quantidade de água captada pelo usuário  $j$ , ou classe  $j$  de usuários

**Contribuição financeira marginal para o uso-poluição (R\$/m<sup>3</sup> tratado)**

$$(P_j)_{ME} = (P_j)_E / (Q_j)_E \quad (5.5)$$

$(Q_j)_E$ =quantidade de despejos do usuário  $j$ , ou classe  $j$  de usuários, a ser tratada

**Contribuição financeira marginal para os usos captação e poluição (R\$/m<sup>3</sup> captado+R\$/m<sup>3</sup> tratado)**

$$(P_j)_M = (P_j)_{MA} + (P_j)_{ME} \quad (5.6)$$

A sistemática proposta para a determinação do preço marginal para a garantia de disponibilidade e pelo uso da água, também permite concluir que os menores preços obtidos tendem, ao longo do processo, aos *valores ótimos* no **Conceito de Pareto**, pois são decorrentes da otimização dos usos da água, em termos da busca da eficiência no uso, estruturada pelo mesmo princípio.

## **6 ESTUDO DE CASO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA-RS**

O modelo de cobrança proposto foi aplicado à realidade da bacia hidrográfica do rio Santa Maria-RS. Os aspectos físicos, climatológicos, geográficos, de demografia, geologia, sub-divisão da bacia, serviços públicos e cartografia básica da região podem ser encontrados no trabalho *Programa de Recuperação e Desenvolvimento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria-RS* (SOPS, 1997, p. 11-34). A Figura 6.1 mostra a localização da bacia hidrográfica pesquisada, que compreende uma área de 1.573.900 ha, representando 5,6% da área total do Rio Grande do Sul (SOPS, 1997, p. 2), englobando os municípios de Cacequi, Dom Pedrito, Lavras do Sul, Rosário do Sul, Santana do Livramento e São Gabriel.

Para fins de operacionalização do modelo, foi utilizado o cadastro de usuários existente (SOPS, 1996), na forma de um banco de dados em MS Access®, com utilização das áreas reais atualmente irrigadas e vazões de captação, no período de estiagem, por tipo de manancial utilizado. Complementarmente, algumas variáveis decorrentes da estruturação do modelo de cobrança foram fixadas hipoteticamente, mas com medidas situadas dentro de intervalos usuais.

É oportuno ressaltar que a aplicabilidade do modelo de cobrança proposto depende de um *Cadastro de Usos e Usuários* confiável e atualizado com regularidade, por exemplo, por safra. Também é importante esclarecer que o universo dos usuários responsáveis pelas demandas elevadas de águas superficiais na bacia do rio Santa Maria são os orizicultores, principalmente.

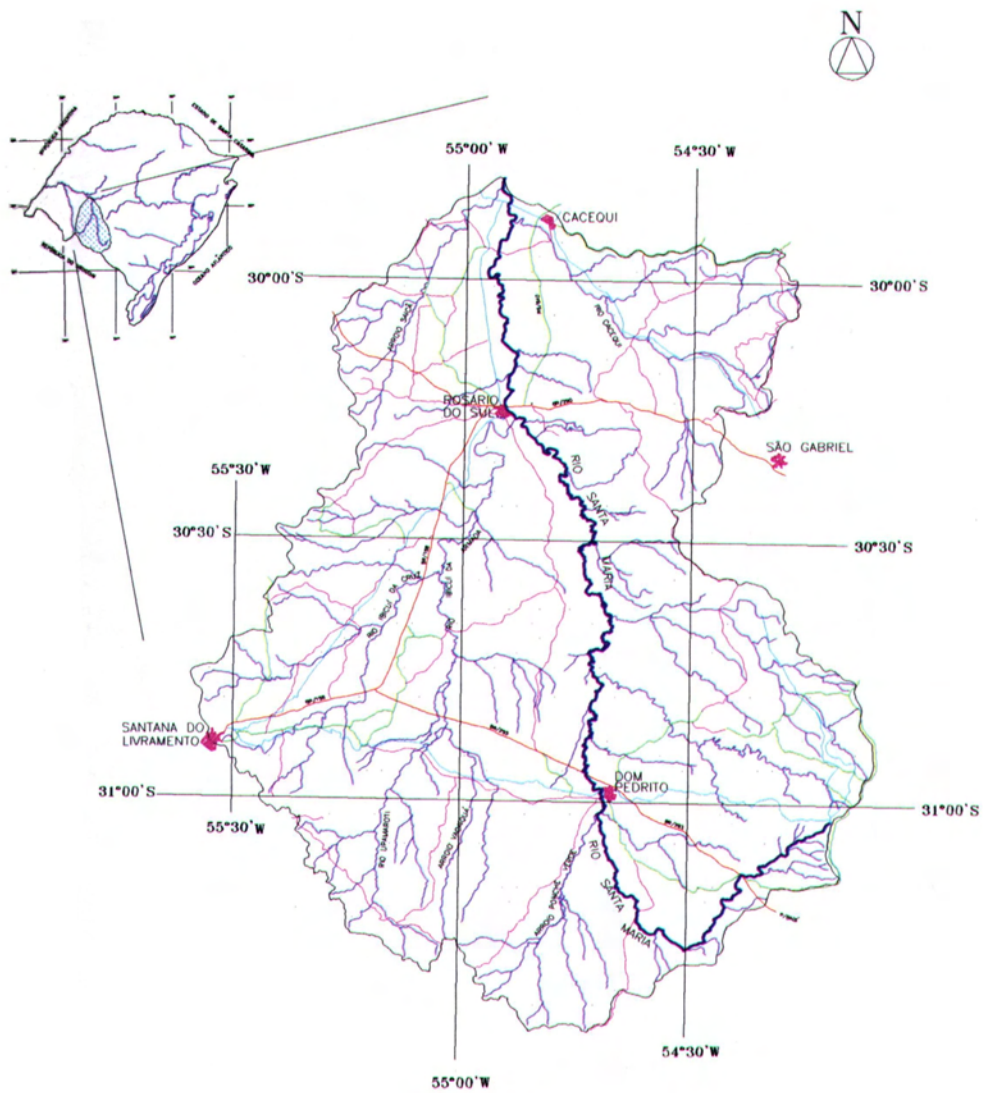


Figura 6.1: Situação e localização da bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso  
 Fonte: Balarine (2000, n.p.)

## 6.1 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E DE USO DO SOLO

A atividade econômica na bacia hidrográfica do rio Santa Maria depende da produção primária, principalmente da pecuária de corte e do cultivo do arroz irrigado por inundação

continua (submersão). Esses segmentos respondem por, respectivamente, 15% e de 11 a 12% da produção efetiva estadual (SOPS, 1997, p. 56). Uma caracterização detalhada da sócio-economia da região, pode ser encontrada no *Programa de Recuperação e desenvolvimento da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria-RS* (SOPS, 1997, p. 35-65).

Entre as décadas de 70 e 80, houve uma forte expansão da orizicultura, devida à grande disponibilidade de terras em quantidade e qualidade aptas ao plantio do arroz irrigado, à oferta de água e à existência do crédito subsidiado. A partir de 1980, surgiram dois fatores restritivos ao desenvolvimento da orizicultura, representados pela redução do crédito subsidiado e da disponibilidade de água para a irrigação das lavouras, devidos, principalmente, à grande expansão ocorrida na atividade. Concomitantemente, em termos de compensação parcial, aumentaram os níveis de produção e de produtividade e o armazenamento de água, através da construção de represas particulares.

Por outro lado, desde o início da década de 90, especialmente após a instituição da Política Estadual de Recursos Hídricos, através da Lei Estadual nº 10350 e frente ao crescente déficit hídrico na época de irrigação, muitos esforços têm sido envidados na busca da segurança de suprimento de água para o abastecimento público e para a irrigação das lavouras, também para possibilitar a expansão da área irrigada. De outra parte, é importante ressaltar que, segundo SOPS (1996, p. 26), aproximadamente 55% da área total da bacia hidrográfica, cerca 870.000 ha apresentam aptidão agrícola para o plantio do arroz irrigado sendo que, 450.000 ha são de áreas planas nas várzeas dos cursos principais de água. A Tabela 6.1 mostra uma síntese da atividade orizícola nos municípios da bacia estudadas.

Tabela 6.1: Áreas de cultivo do arroz irrigado. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

<b>município</b>	<b>área total irrigável (ha)</b>	<b>área irrigada atual (ha)</b>	<b>% da área total irrigável</b>
Cacequi	82.694	18.079	21,86
Dom Pedrito	137.550	35.879	26,08
Lavras do Sul	21.976	2.748	22,97
Rosário do Sul	107.010	24.103	22,52
Santana do Livramento	67.816	11.154	16,45
São Gabriel	138.990	31.921	16,45
<b>total</b>	<b>556.036</b>	<b>123.884</b>	<b>média 20,40</b>

Fonte: SOPS (1997, p. 23) e Instituto Riograndense do Arroz (2000, p. 10)

Conclui-se que 80% da área total apta ao cultivo do arroz com boas condições de irrigação ainda não está sendo utilizada para esse fim, sendo que o fator restritivo mais significativo é a inexistência da garantia de disponibilidade de água para a irrigação.

A seguir, para fins de um conhecimento mais aprofundado da questão, apresentam-se as características da atividade orizícola na região da bacia hidrográfica do rio Santa Maria e a estratificação das áreas de cultivo por município e para a totalidade da bacia, dados de 1999. Na Tabela 6.2, apresentam-se as características principais das áreas de cultivo do arroz, por município. Na Tabela 6.3, mostra-se a estratificação das lavouras de arroz, em termos de dimensão das áreas irrigadas, por município.

Tabela 6.2: Número de lavouras, posse da terra e provisão de água para a irrigação. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

município	lavouras		área total		terra				água			
	n°	%	ha	%	arrendada	%	própria	%	terceiros	%	própria	%
Cacequi	109	13,9	18.079	14,6	12.414	68,7	5.665	31,3	5.878	32,5	12.201	67,5
Dom Pedrito	205	26,1	35.879	28,9	25.424	70,9	10.455	29,1	23.654	65,9	12.225	34,1
Lavras do Sul	10	1,3	2.748	2,2	2.574	93,6	174	6,4	2.454	89,3	294	10,7
Rosário do Sul	143	18,2	24.103	19,4	19.389	80,4	4.714	19,6	18.097	75,1	6.006	24,9
Santana do Livramento	85	10,8	11.154	9,0	7.641	68,5	3.513	31,5	4.424	39,7	6.730	60,3
São Gabriel	234	29,7	31.921	25,9	17.760	55,6	14.161	44,4	13.808	43,2	18.113	56,8
Total	786	100,0	123.884	100,0	85.202	68,8	38.682	31,2	68.315	55,1	55.569	44,9

Fonte: Instituto Riograndense do Arroz (2000, p. 10)



Tabela 6.3: Estratificação das áreas de cultivo de arroz irrigado, por município. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

Intervalo	Cacequi				Dom Pedrito				Lavras do Sul				Rosário do Sul				Santana do Livramento				São Gabriel			
	A	%	n°	%	A	%	n°	%	A	%	n°	%	A	%	n°	%	A	%	n°	%	A	%	n°	%
1 a 25 ha	147	0,8	15	13,8	166,7	0,5	11	5,4	-	-	-	-	145	0,6	11	7,7	161,5	1,4	10	11,8	732	2,3	5,8	24,8
26 a 75 ha	997	5,5	20	18,3	2.189,9	6,1	43	21	105	3,8	3	30	2.046	8,5	40	28	1.497	13,4	28	32,9	2.414,2	7,6	48	20,5
76 a 150 ha	3.176	17,6	29	26,6	6.535,5	18,2	60	29,3	-	-	-	-	4.079	16,9	38	26,6	2.890	24,1	25	29,4	6.104,9	19,1	57	24,4
151 a 250 ha	4.972	27,6	24	22	8.795	24,5	44	21,5	374	13,6	2	20	5.615	23,3	29	20,3	2.504	22,6	13	15,3	7.154,1	22,4	37	15,8
251 a 300 ha	2.800	15,5	9	8,3	8.647	24,1	29	14,1	599	21,8	2	20	2.761	11,6	9	6,3	1.155	10,4	4	4,7	5.854,4	18,3	20	8,5
351 a 550 ha	4.170	23	9	8,3	6.509	18	15	7,3	940	34,2	2	20	6.340	26	13	9,1	1.030	9	2	2,4	3.029	9,5	7	3
551 a 1050 ha	1.817	10	3	2,7	1.610	4,5	2	1	730	26,6	1	10	1.417	5,9	2	1,4	2.116	19	3	3,5	5.152,6	16,2	6	2,6
> 1050 ha	-	-	-	-	1.426	4	1	0,49	-	-	-	-	1.700	7,2	1	0,7	-	-	-	-	1.480	4,6	1	0,43
total	18.079	100	109	100	35.879	100	205	100	2.748	100	10	100	24.103	100	143	100	11.154	100	85	100	31.921	100	234	100

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Instituto Riograndense do Arroz (2000, p. 23-26)

Na Tabela 6.4, apresenta-se a estratificação das áreas de cultivo do arroz, em termos de dimensão das lavouras, com relação à área total irrigada na região da bacia hidrográfica.

Tabela 6.4: Estratificação das áreas de cultivo de arroz, com relação à área irrigada total. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

Intervalo	área irrigada (ha)	%	nº de lavouras	%
1 a 25 ha	1.352,2	1,09	105	13,59
26 a 75 ha	9.249,1	7,47	182	23,15
76 a 150 ha	22.785,2	18,39	209	26,49
151 a 250 ha	29.213,9	23,58	149	18,85
251 a 350 ha	21.816,0	17,61	73	9,28
351 a 550 ha	22.048,0	17,77	48	6,10
551 a 1050 ha	4.606,0	3,72	3	0,38
Total	123.884	100,00	786	100,00

Fonte: elaborada pelo autor, com base em Instituto Riograndense do Arroz (2000, p. 23-26)

Para a totalidade da área irrigada da região da bacia hidrográfica do rio Santa Maria, a partir dos dados Tabela 6.4, verifica-se que, em 1999, a maioria das propriedades (lavouras), 63,23%, possuíam até 150 ha, constituindo pequenas propriedades, equivalendo a 26,95% da área total de cultivo. Por outro lado, em 1995, segundo o cadastro de usuários realizado (SOPS, 1996), estes números eram, respectivamente, 86,16% e 54,35%. Para lavouras de até 100 ha, as proporções eram, a saber, 74% e 37,07%.

Pela análise da Tabela 6.3, contendo a estratificação das áreas de cultivo por município e desconsiderando Lavras do Sul, por não ser representativo, sob este aspecto, constatam-se, para Santana do Livramento, 74,1% de lavouras com até 150 ha, representando 38,9% da área total de plantio, São Gabriel com, respectivamente, 55,7% e 24,8% e Dom Pedrito, com 69,7% e 29%, sendo que, nestes dois últimos municípios, está mais da metade (54,73%) da área de cultivo de arroz da bacia do rio Santa Maria.

Analisando os dados referentes a *fatores de prejuízo*, apontados recentemente pelos orizicultores atingidos (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2000, p. 85), mostrados na Tabela 6.5, chega-se à conclusão de que o motivo mais importante da perda de produção no plantio de arroz irrigado, na região analisada, é a estiagem, ou seja, a falta de água para a irrigação, além de outras causas menos importantes (quando comparadas à falta de água), como invasoras, pássaro preto e bruzone.

Tabela 6.5: Fatores de prejuízo na orizicultura. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

fator de prejuízo	incidência (%)
estiagem	11,3
Frio	3,2
granizo	3,0
vendaval	1,0
enchente	0,6

Fonte: Instituto Riograndense do Arroz (2000, p. 85)

Segundo o Instituto Riograndense do Arroz (2000, p. 85), a área total de plantio atingida pela estiagem totalizava 12.526 ha, em 1999, equivalendo a 10% da área total de cultivo de arroz na região analisada. Ainda, conforme a mesma fonte, nas demais áreas de plantio de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, o fator estiagem é citado em 2,92% das lavouras que apresentaram prejuízo, equivalendo a algo no entorno de 27.809 ha com falta de água, ou seja, 3,7% da área total de plantio nos municípios restantes.

## 6.2 BALANÇO HÍDRICO NO PERÍODO DE ESTIAGEM

A demanda de águas superficiais, a partir da captação direta nos cursos de água é da ordem de 0,134 m<sup>3</sup>/s para o abastecimento público e de 27,11 a 33,80 m<sup>3</sup>/s para a irrigação

das lavouras, prioritariamente (SOPS, 1997, p. 83). Na realidade, são consumidos 132,00 m<sup>3</sup>/s para a irrigação (safra 96/97) sendo que 80% desta demanda é suprida pelo armazenamento em represas. Isto no período de irrigação das lavouras, que vai de novembro a fevereiro (100 dias). Os conflitos de uso da água ocorrem no período de verão, tanto entre os orizicultores e as autarquias de abastecimento público de água, como entre os próprios arroteiros.

Em termos de disponibilidade crítica, a vazão mínima por sete dias consecutivos, com tempo de retorno de dez anos, a  $Q_{7,10}$ , é de 13,88 m<sup>3</sup>/s na bacia hidrográfica do rio Santa Maria, sendo a média das vazões mínimas, para o mesmo período de novembro a fevereiro, de 69,23 m<sup>3</sup>/s (SOPS, 1997, p. 85).

Vê-se que não há garantia de disponibilidade de água, sequer para a demanda atual e muito menos para qualquer intenção de expansão da atividade econômica regional mais importante. Também é importante frisar que já ocorre uma certa pressão sobre a reserva estratégica de água, representada pelos mananciais subterrâneos profundos, principalmente porque o abastecimento público dos municípios de Santana do Livramento e Cacequi são feitos a partir dessas fontes, com uma demanda atual da ordem de 0,308 m<sup>3</sup>/s (SOPS, 1997, p. 83). Outras captações são utilizadas para abastecimento de sedes de fazendas e postos de gasolina, mas com vazões insignificantes, comparativamente.

### 6.3 A EFICIÊNCIA ATUAL NO USO DA ÁGUA

Uma das alternativas para o aumento da oferta, em termos de garantia de disponibilidade de água e, talvez, a mais plausível no contexto atual é a *redução da atual*

*ineficiência no uso da água*, tanto para a irrigação, como também para a produção de água potável.

Para a irrigação por inundação contínua (submersão), considerados o tipo de cultivo mais usado na região, o tipo de solo predominante e o ciclo da cultura, aceita-se, correntemente, o consumo médio de 10.000 m<sup>3</sup>/ha.safra. Porém, no cadastro de usuários realizado em 1995/96, foram detectados consumos da ordem de até 12.000 m<sup>3</sup>/ha.safra (SOPS, 1997, p. 82).

Segundo informações obtidas junto ao Centro de Arroz e Feijão da Embrapa-Goiás e fazendo um contraponto a este método tradicional de irrigação na região analisada, há a alternativa de irrigação suplementar por aspersão para o cultivo do arroz de sequeiro, justificável por três formas, pelo menos. A primeira, para possibilitar a expansão da produção de arroz em áreas onde a topografia não se presta à irrigação por inundação (terras altas). A segunda, por ser desatualizado o conceito de que esta espécie é de qualidade inferior visto que, citando apenas duas variedades com qualidade similar à do nosso melhor produto, os cultivares *Primavera* e *BRS Talento*, este adequado às condições da região pesquisada estudo, podem servir como opções atrativas para os orizicultores gaúchos. A terceira, refere-se à demanda de água para irrigação suplementar, por aspersão, que varia entre 6.000 e 7.000 m<sup>3</sup>/ha.safra, metade do consumo médio atual. O custo aproximado do sistema de irrigação por aspersão varia de R\$ 4.000,00/ha a R\$ 6.000,00.

Considerando o sistema tradicional, também é sabido que, com apenas um procedimento, a *sistematização* da área de plantio, quando viável, pode ser obtida uma redução de até 40% (SOPS, 1997, p. 82) na demanda de água para a irrigação, tendo sido registrados consumos da ordem de 7.200 m<sup>3</sup>/ha.safra, no referido cadastro, segundo a mesma fonte.

A partir do Censo 2000 do Instituto Riograndense do Arroz, relativo aos dados da produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, foi construída a Tabela 6.6 que mostra, de forma bastante evidente, a baixa eficiência no uso da água na bacia, considerado apenas o nível de sistematização (nivelamento) das lavouras.

Tabela 6.6: Nível de sistematização das lavouras de arroz irrigado. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

município	área sistematizada (%)
Cacequi	15,9
Dom Pedrito	3,4
Lavras do Sul	0,0
Rosário do Sul	10,2
Santana do Livramento	10,0
São Gabriel	5,4
<b>Média</b>	<b>7,48</b>

Fonte: Instituto Riograndense do Arroz (2000, p. 33)

Tomando por base apenas o aspecto *sistematização da lavoura*, constata-se a reduzida utilização desse recurso na bacia hidrográfica do rio Santa Maria, procedimento este que poderia representar um aumento da oferta de água, como já referido, da ordem de 40%, equivalente a uma faixa de 4000 a 4800 m<sup>3</sup>/safra , por hectare sistematizado na lavoura.

Numa abordagem conservadora, admitindo um aumento de 20% de sistematização da atual área de plantio, poderia haver uma disponibilização adicional de água para a irrigação de, aproximadamente, 8%, significando algo no entorno de 10 m<sup>3</sup>/s, com expansão de 9.000 ha de área de cultivo, ou seja, considerada a produtividade atual, mais 900.000 sacas de arroz, por safra. Ainda, segundo o Censo 2000 do Instituto Riograndense do Arroz, para a Região da Campanha, onde se situa a bacia hidrográfica do rio Santa Maria, há níveis de sistematização de até 46,7% (São Francisco de Assis). Na Região da Depressão Central e da Planície Costeira Externa, encontram-se os mais altos níveis de sistematização das lavouras, como em Agudo (78%), Dona Francisca (98,4%), Faxinal do Soturno (97,5%), Nova Palma (98,1%),

São Pedro de Alcântara (100%), Morrinhos do Sul (97%), Mampituba (100%) e Três Cachoeiras (100%).

Por outro lado, o baixo índice de sistematização das lavouras na bacia pesquisada, com conseqüente consumo de água bastante acima do necessário, tem um reflexo direto, em termos de superdimensionamento dos sistemas de bombeamento, que suprem a 42,3% da demanda total de água para a irrigação, segundo o Instituto Riograndense do Arroz (2000, p. 65). Além do excessivo consumo de energia elétrica, ou de combustível, bem acima do necessário, que também constituem fatores restritivos à expansão da produção.

Com relação ao abastecimento público, é sabido que as perdas de água no processo de produção de água potável raramente se encontram abaixo de 40%, quando o máximo aceitável, incluídas as vazões de lavagem de filtros e decantadores (perdas técnicas), para os sistemas convencionais de tratamento, largamente utilizados, é da ordem de 20%, segundo o Banco Mundial, para fins de concessão de financiamentos (REBOUÇAS, 2001).

Isto posto, pode-se afirmar que a *eficiência técnica* no uso da água, considerando apenas o aspecto quantitativo, está na faixa de 60 a 70% na orizicultura e no entorno de 60% no serviço de abastecimento público. Também se pode concluir que, atualmente em termos globais, é muito baixa a eficiência no uso da água na bacia hidrográfica do rio Santa Maria, ficando caracterizado o uso não racional. Como esses desperdícios têm trazido uma forte restrição à expansão do cultivo de arroz na região, também se pode afirmar que, na região analisada, não há eficiência distributiva, nem eficiência econômica, no uso da água disponível no ambiente.

Como a solução desta questão depende dos usuários da água, essencialmente, vê-se aí um caminho viável para, a curto prazo, obter um sensível aumento de oferta de água para a irrigação das lavouras, na região objeto da pesquisa.

## 6.4 OS USUÁRIOS DA ÁGUA

O universo dos usuários das águas superficiais na região da bacia hidrográfica do rio Santa Maria é constituído de, aproximadamente, 65% de arroseiros (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2000, p. 23-26; SOPS, 1996), consideradas as demandas significativas. A Tabela 6.7 mostra a proporção das demandas para a irrigação, com relação aos demais usos na bacia, por tipo de fonte de captação e no período de estiagem.

Tabela 6.7: Demandas de águas superficiais – Período de verão. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

usuário	vazão (m <sup>3</sup> /s)	% do total	tipo de captação			
			curso d'água (%)		represa (%)	
irrigação de lavouras	132,00	99,5	28,235	(21,3%)	104,436	(78,7%)
abastecimento público (Rosário do Sul e Dom Pedrito)	0,134	0,1	0,134	(100%)		
outros	0,526	0,4			0,526	(100%)
Total	132,66	100,0	28,369	(21,3%)	104,989	(78,7%)

Fonte: elaborada pelo autor, com base em SOPS (1996, 1997, p. 84)

## 6.5 O COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA

As primeiras manifestações organizadas na região tiveram origem no início do declínio da disponibilidade de água para a irrigação e, do crédito subsidiado, a partir da década de 80, principalmente na forma de reivindicações para a implantação de sistemas de



armazenamento de água por parte das lideranças rurais, poderes executivos municipais e pelos políticos com base eleitoral na região.

Naturalmente, a predominância da produção primária, em especial o cultivo do arroz irrigado, tem caracterizado e não poderia ser diferente, uma forte presença desta classe produtora em termos de representatividade com direito a voto. De outra parte e concomitantemente, mas desde o início na década de 70, têm ocorrido grandes avanços no rumo da preservação ambiental e no que diz respeito à justiça social.

Sendo assim, em todos os municípios da bacia hidrográfica, também surgiram e continuam evoluindo as entidades de cunho ambientalista e outros segmentos de usuários da água.

No decorrer do ano de 1994, em 1º de maio, em pleno encaminhamento final da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei Estadual nº 10350), foi criado o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria através do Decreto Estadual nº 35103, tendo sido definida a composição das entidades em 2 de dezembro do mesmo ano, pelo Decreto Estadual nº 35672. O Comitê Santa Maria foi o terceiro instituído no Rio Grande do Sul, após o Comitê Gravataí e o Comitesinos.

O Comitê de Gerenciamento, inicialmente composto de 47 entidades com direito a voto, possuía 20 representantes dos usuários da água (irrigação, abastecimento público, navegação e prefeituras municipais), 22 representantes da comunidade da bacia (câmaras de vereadores, entidades de classes, entidades ambientalistas, associações comunitárias, instituições de ensino e pesquisa e 5 entidades representantes da administração pública estadual e federal).

Também participavam, mas sem direito a voto, por serem outorgantes do direito de uso da água, a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e o CRH (Conselho de Recursos Hídricos/RS).

Desde 28 de julho de 1999, através do Decreto Estadual nº 39641, o Comitê Santa Maria passou a ter nova composição, conforme mostrado na Tabela 6.8.

Tabela 6.8: Composição do Comitê de Gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

grupo	direito a voto (%)	representação	nº de vagas
I	40	representantes dos usuários da água:	
		a) esgotos domésticos e drenagem	6
		b) uso agrícola	6
		c) uso industrial	1
		d) mineração	1
		e) abastecimento público	2
		sub-total	16
II	40	representantes da sociedade civil:	
		a) associações de moradores	3
		b) associações ambientalistas	3
		c) associações técnico-científicas	4
		d) universidades	2
		e) câmaras de vereadores	4
		sub-total	16
III	20	representantes dos órgãos públicos:	
		a) estaduais	6
		b) federais	2
		sub-total	8
<b>total</b>			<b>40</b>

Fonte: Rio Grande do Sul (1999)

Merece referência uma pesquisa interessante, intitulada *Autoavaliação de um Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: o Caso Santa Maria* (MADEIRA; LANNA, 2000, p. 25), resultado do questionamento levantado junto aos membros e respectivos segmentos sociais representados no Comitê Santa Maria, quanto aos diferentes aspectos do funcionamento, desde a época da criação e com vistas ao aperfeiçoamento dos trabalhos. A pesquisa aponta para um perfil predominante dos participantes, como indivíduos masculinos, idade entre 40 e 46 anos, nível superior de escolaridade, com atuação profissional ligada à atividade agropecuária e membro do Comitê há mais de três anos.

A razão e motivação de participação mais citados pelos entrevistados são *representar a entidade, ou órgão*, seguida de *preocupação com o meio ambiente*. Este segundo motivo também se confunde com interesses econômicos, em termos de *oferta de água* para expandir a produção de arroz, a par do propósito de regularizar a vazão no rio Santa Maria. O Comitê também é reconhecido como um *parlamento das águas*, pela avaliação positiva, em termos de efetiva participação comunitária, pela declaração da maioria dos seus membros.

O segmento da produção primária é a representação mais forte, apresentando os mais elevados índices de satisfação com o funcionamento do Comitê, mas também é o mais citado como o setor responsável pela maior parte dos aspectos negativos, segundo a opinião de grande parte do colegiado.

Uma outra constatação da pesquisa é a que apresenta, como um paradoxo, a aprovação da construção de quatro barragens, sem a existência de um Plano de Bacia Hidrográfica, confirmando a influência e atuação de interesses econômicos, em detrimento da questão ambiental, segundo os autores.

Outro aspecto abordado diz respeito à legalização da cobrança pelo uso da água (art. 3º, Lei Estadual 10350), na medida em que é levantado o pressuposto de que os usuários mais influentes, como os do abastecimento público, por ser preceito legal e os arroseiros, arroguem-se o direito de ter maior influência na definição das medidas do Comitê, por contribuir financeiramente para as intervenções a serem implementadas na bacia.

O artigo é concluído com algumas sugestões em termos da viabilização da garantia de uma quantia mínima de recursos financeiros para o funcionamento do Comitê, maior acessibilidade aos dados disponíveis no Comitê, maior divulgação dos trabalhos desenvolvidos no mesmo, promoção de cursos de capacitação para os membros e maior incentivo à participação dos representantes da população da bacia, particularmente as entidades ambientalistas e associações de moradores.

## 6.6 ESTUDOS E PROJETOS JÁ DESENVOLVIDOS E EM ANDAMENTO NA REGIÃO

A par da importância das reuniões bimestrais do Comitê Santa Maria, que visam à congregação das entidades para a permanente busca do desenvolvimento sustentável na região da bacia, cabe destacar os trabalhos mais relevantes até agora realizados, que tiveram início antes da criação do Comitê e aqueles que estão em desenvolvimento.

- a) *Relatório Preliminar sobre Reserva e Controle de Água na Bacia do Rio Santa Maria* (1967), apresentado na 1ª Semana de Dom Pedrito. Um esforço conjunto do Poder Público e da iniciativa privada, contendo um levantamento preliminar da disponibilidade de água na bacia, com indicação de possíveis locais de barramento.
- b) *Inventário dos Possíveis Locais de Barramento na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul*. (CRH/RS, 1987). Inventário de 91 possíveis locais, com 21 projetos básicos de barragens.
- c) *Sistema de Avaliação de Disponibilidades Hídricas para Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria*. (Convênio CRH/RS-UFSM, 1992). Sub-divisão da bacia em trechos para diferentes períodos de duração e de retorno.
- d) *Plano de Utilização dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria - Etapas I e II* (SOPS, 1996). Estudos, levantamentos, e análises para a implantação de uma estrutura de gerenciamento efetivo dos recursos hídricos regionais. Identificação dos condicionantes para a outorga dos direitos de uso da água e realização do Cadastro de Usuários da água, prioritariamente arrozeiros. Indicação da necessidade de um programa de intervenções, visando à recuperação das condições naturais da bacia e de retomada do desenvolvimento com bases ambientalmente sustentáveis.

- e) *Programa de Recuperação e Desenvolvimento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria* (SOPS, 1997). Levantamento dos aspectos condicionantes técnicos e econômicos necessários para o efetivo início do processo de desenvolvimento da região da bacia.
- f) *Projeto para a Definição de Critérios para a Estruturação dos Valores das Contribuições Financeiras pelo Uso da Água na Bacia do Rio Santa Maria* (Convênio SOPS-FRH/RS-PUCRS, 2000). Desenvolvimento de um modelo de cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

Atualmente, estão em andamento dois trabalhos na bacia hidrográfica objeto do estudo de caso, o *Desenvolvimento dos Meios de Apoio Necessários à Implantação da Outorga dos Direitos de Uso da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria-RS*, através do convênio CRH-FRH/RS-UFSM e o *Estudo de Apoio para o Desenvolvimento Sustentável na Bacia do Rio Santa Maria-RS*, através do apoio, a fundo perdido, pelo FEV-Fundo Europeu de Estudos de Viabilidade, via convênio SOPS-Euro Estudios/Novotec.

## 6.7 O PROJETO RIO SANTA MARIA: A COBRANÇA COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Em 25 de maio de 1998, era firmado o Convênio nº 006/98 SOPS-FRH/RS-PUCRS, financiado pelo MIN-Ministério da Integração Nacional (Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica), MMA-Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (Secretaria de Recursos Hídricos), FRH - Fundo de Recursos Hídricos do RS, pela então SOPS-Secretaria de Obras, Saneamento e Habitação do RS e pela PUCRS-Pontifícia Universidade Católica do RS.

O objeto do convênio era a *conjugação de esforços técnicos, econômicos, financeiros e administrativos para o desenvolvimento de projeto para a definição de critérios para a estruturação dos valores das Contribuições Financeiras a serem pagas pelo uso da água para a irrigação, tendo como modelo a bacia hidrográfica do rio Santa Maria-RS.*

A equipe multidisciplinar constituída para esse fim, acabou desenvolvendo um trabalho cujo resultado superou o objeto originalmente pretendido no convênio firmado, materializado na forma de um Modelo de Cobrança pelo Uso da Água- **STÁgua**, concluído e entregue em dezembro de 2000, específico para as peculiaridades da bacia hidrográfica do rio Santa Maria e para os dados existentes àquela época.

O autor, como membro da equipe e mentor do fundamento da referida ferramenta que é, na realidade, uma aplicação particular e simplificada do MODCOTA, o modelo que está sendo proposto nesta tese, reconhece que a presente pesquisa teve origem e inspiração na experiência vivida ao longo do desenvolvimento do referido *Projeto Rio Santa Maria*. Nesta oportunidade, o autor constatou que é possível a articulação produtiva de várias entidades, mesmo na presença de interesses conflitantes, para o alcance de um objetivo comum, no caso a negociação efetiva das formas de uma possível cobrança pelo uso da água no contexto decisório de uma bacia hidrográfica.

Nas várias reuniões realizadas no Comitê de Gerenciamento, também ficou provado que através de uma equipe comprometida com o processo é possível obter-se o engajamento e consenso, mesmo em tema tão complexo e polêmico como o presente, desde que haja transparência total em todos os momentos das discussões e, principalmente, que se estabeleça uma forma de comunicação eficiente através de uma linguagem adequada, a cada momento e a cada contexto.

Na construção do modelo, ficou evidente que a estruturação do problema da cobrança e o estabelecimento e ponderação de um conjunto consistente de critérios de avaliação dos

usuários, quanto à eficiência no uso da água (as variáveis de controle), cruciais para a aplicabilidade desta ferramenta, não podem ser consideradas tarefas triviais. De outra parte, diferentemente da muito aludida e esperada resistência por parte dos orizicultores, o setor econômico mais influente na região e no Comitê, obteve-se a aceitação dos fundamentos apresentados para o modelo de uma eventual cobrança pelo uso da água, o insumo que tem representado o fator mais forte de limitação à expansão do cultivo do arroz na região. Este foi o grande estímulo para que o autor desse seguimento à pesquisa que culminou na presente tese.

## 6.8 A ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

No escopo deste estudo de caso, a fase de estruturação compreendeu a definição e formulação do problema e o estabelecimento da **Hierarquia dos Objetivos**. Esta hierarquia (*árvore*) representa o ordenamento dos objetivos *estratégico, fundamentais e meio*, obtido a partir da interpretação dos *valores* manifestados pelos decisores, com a utilização dos **Mapas Cognitivos**.

### 6.8.1 Definição e formulação do problema

Ao longo do desenvolvimento das atividades do Convênio SOPS-FRH/RS-PUCRS (SOPS, 1998), ficou muito claro para o autor que a dificuldade não seria formular matematicamente, nem operacionalizar, de forma precisa, os múltiplos conflitos de interesses e

de usos da água, bastante evidentes na região da bacia hidrográfica pesquisada. Os motivos de incerteza e, por que não dizer, de insegurança, sempre foram determinados pela falta de clareza com relação aos objetivos da cobrança e ao ordenamento dos mesmos, de uma maneira minimamente consistente. Tanto, que as variáveis de controle (critérios de avaliação) usadas para a operacionalização do modelo multicritério construído (*STÁgua*), foram definidas por sugestão dos analistas, a pedido dos decisores. Este fato, porém, não invalida a ferramenta desenvolvida, sob o aspecto operacional. Da experiência, restou a preocupação com respeito a possíveis conseqüências que poderiam advir da solução matemática/computacional precisa de um problema de cobrança estruturado de forma parcial ou inadequada.

Outra constatação relevante, já abordada no item **6.3 A EFICIÊNCIA ATUAL NO USO DA ÁGUA**, é que o uso não racional talvez seja a causa mais importante do crescente déficit no suprimento de água para a irrigação das lavouras e demais usos na região pesquisada.

Isto posto, autor e decisores consentiram em definir o problema, inicialmente, como a *estruturação da cobrança pelo uso da água*, à luz do objetivo principal da pesquisa, no contexto decisório da bacia hidrográfica do rio Santa Maria. Para a formulação do problema, foram utilizados os **Mapas Cognitivos**, como ferramenta para representar os valores dos decisores, de forma consistente e ordenada.

### **6.8.2 Os decisores**

A estruturação da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água disponível na bacia hidrográfica do rio Santa Maria-RS foi desenvolvida com base nos valores manifestados por 7 (sete) decisores.



Para a escolha da equipe decisora, foram estabelecidos, como atributos fundamentais, o conhecimento da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos e do contexto regional da bacia hidrográfica do rio Santa Maria, a experiência na gestão dos recursos hídricos e a manifesta vocação e prática dos preceitos do desenvolvimento sustentável. No Quadro 6.1, mostra-se a composição e qualificação do grupo decisor selecionado para a estruturação do estudo de caso.

grupo	decisor	representação	qualificação
I - Usuários da água	1	esgotamento sanitário e drenagem	Membro de CGBH-Rio Santa Maria Gestor em saneamento há mais de 20 anos
	2	orizicultores	Ex-presidente e membro do Comitê Santa Maria
	3	abastecimento público	Presidente de CGBH. Legislador da Política Estadual de Recursos Hídricos/RS
II - População da bacia	4	organizações não-governamentais	Secretário executivo de CGBH Membro da Equipe do Projeto Santa Maria. Presidente de ONG
	5	associações técnico-científicas	Membro de CGBH. Membro da equipe do Projeto Santa Maria. Legislador da Política Estadual de Recursos Hídricos/RS
	6	Universidades	Membro de CGBH. Ex-gestor público e consultor na área de Recursos Hídricos para a bacia do rio Santa Maria
III - Órgãos Públicos	7	Administração Pública Estadual	Gestor público na área de recursos hídricos. Ex-secretário executivo do Departamento de RH/RS. Presidente de CGBH

Quadro 6.1: Grupo decisor. Estudo de caso  
Fonte: elaborado pelo autor

### 6.8.3 Os valores dos decisores

A estruturação do problema no estudo de caso foi fundamentada, essencialmente, nos valores manifestados pelos decisores, a partir de suas experiências, convicções, crenças,

conhecimento e esquemas antecipatórios. Através da interação, o autor, na condição de facilitador, registrou, analisou e interpretou tais manifestações através da construção dos **Mapas Cognitivos**, como descrito a seguir.

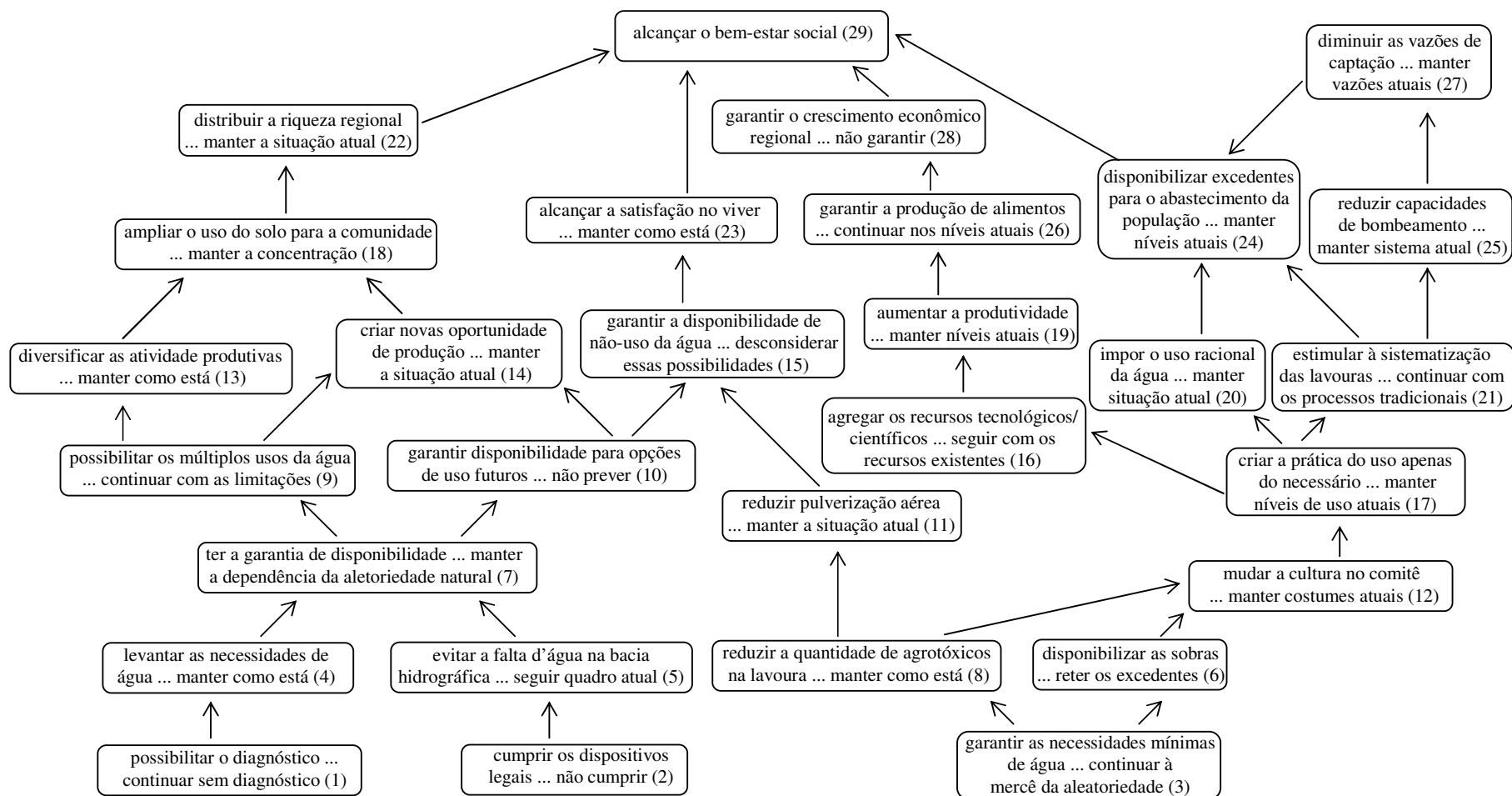
#### 6.8.3.1 Os Mapas Cognitivos individuais

Foram construídos sete Mapas Cognitivos Individuais através de entrevistas com os decisores, com duração média de 90 minutos. Inicialmente e por consenso, estabeleceu-se, como *rótulo* do problema, a *estruturação da cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Santa Maria-RS*.

Nas discussões preliminares com cada um dos decisores e para fins de esclarecimentos sobre os objetivos das entrevistas, sistemática e estrutura básica da ciência da construção e utilização prática dos mapas cognitivos, chegou-se à concordância com relação à importância da *eficiência no uso da água*, como meio de avaliação futura do desempenho dos usuários.

Ao interpretar e registrar as manifestações reflexivo-recursivas dos decisores, sem nenhuma exceção, o autor constatou, ao analisar os mapas cognitivos individuais gerados, que os conceitos centrais e suas interligações apontam, inequivocamente, para estruturas de gestão em um sentido mais amplo, mas todas contemplando a questão da cobrança. Esta visão sistemática comum que foi constatada pode ser creditada ao nível de qualificação e à larga experiência de todos os decisores selecionados, na gestão dos recursos hídricos.

A **Figura 6.2** representa o Mapa Cognitivo Individual do decisor 2. Os seis mapas cognitivos restantes estão apresentados no **Apêndice A**.



Elementos Primários de Avaliação

ORDENAMENTO

ESCASSEZ

ATITUDES

Figura 6.2: Mapa cognitivo individual do Estudo de Caso. Decisor 2: Usuário - Agricultura e Pecuária (Grupo I)  
 Fonte: elaborada pelo autor

### 6.8.3.2 O Mapa Cognitivo Congregado

Tomando como referência o problema definido, nos termos da estruturação da cobrança pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água na região da bacia do rio Santa Maria, a sistemática adotada para a construção do **Mapa Cognitivo Congregado** foi, selecionar os *conceitos centrais* em cada mapa cognitivo individual, inicialmente. Estes conceitos são os que apresentam maior complexidade cognitiva e que têm um profundo significado para os decisores.

Nesta seleção inicial, não foram considerados os conceitos demasiado *fins*, por representarem possíveis objetivos estratégicos, tendendo a se esgotar em si mesmos, nem os conceitos demasiado *meios*, por representarem possíveis objetivos-meio, por demais explicativos e por serem importantes em uma fase posterior, na operacionalização dos objetivos fundamentais.

A seleção inicial foi feita com base na *dominância* de cada um destes conceitos centrais, com relação aos demais existentes no contorno (dominados), através da verificação do *domínio imediato*, definido pelo número de ligações (setas) que chegam ou saem do conceito e do *domínio em camadas*, a **centralidade**, que possibilita medir a intensidade de dominância de cada conceito com base na proximidade e quantidade de conceitos circundantes dominados.

O passo seguinte foi a *agregação* dos mapas cognitivos individuais, através da *união* e *ligação* de conceitos. Iniciou-se este processo por meio da união de conceitos começando pelos centrais, com base na semelhança entre os mesmos, mantendo-se aqueles com sentido mais completo e abrangente. Na seqüência, os conceitos restantes da seleção inicial foram

ligados aos centrais definidos, por ordem de importância, em função da intensidade de dominância. Esses resultados formaram a base do **Mapa Cognitivo Congregado**.

A análise complementar dos mapas cognitivos individuais, à luz da união e ligação dos conceitos centrais, possibilitou uma seleção decorrente dos conceitos restantes, com base na significância dos mesmos, enriquecendo, de forma consistente, a construção do **Mapa Cognitivo Congregado**.

No **Quadro 6.2**, estão definidos os *conceitos centrais* dos Mapas Cognitivos individuais.

decisor	conceitos centrais	domínio imediato	centralidade cognitiva
1	reduzir a demanda de água...não reduzir	3	20,6
	reduzir o assoreamento...não reduzir	5	22,6
	preservar a qualidade da água...não preservar	5	21,0
2	garantir a disponibilidade de água...não garantir	4	16,0
	consumir apenas o necessário...manter níveis atuais	4	21,8
	disponibilizar os excedentes...não disponibilizar	4	24,6
3	possibilitar a negociação efetiva...negociação improdutiva	4	15,5
	alcançar a equidade social...não alcançar	3	8,6
	explicitar os conflitos de interesses...não explicitar	3	12,8
4	melhorar a distribuição...não melhorar	3	17,8
	possibilitar a negociação efetiva...negociações isoladas	3	19,6
5	possibilitar a negociação efetiva...não possibilitar	8	42,4
	valorizar a Economia Ambiental...manter ortodoxia	4	26,4
6	aumentar a rentabilidade da lavoura...não aumentar	3	11,6
	aumentar investimentos em melhoria de processos...	3	17,5
	manter a rentabilidade atual		
7	conseguir a decisão coletiva conseqüente...manter a sistemática atual	4	16,6
	possibilitar a negociação efetiva...negociações isoladas	3	14,6

Quadro 6.2: Centralidade cognitiva dos conceitos centrais. Estudo de caso  
Fonte: elaborado pelo autor

Na Figura 6.3, está representado o **Mapa Cognitivo Congregado**, registrando os valores do grupo decisor, para o contexto estudado.

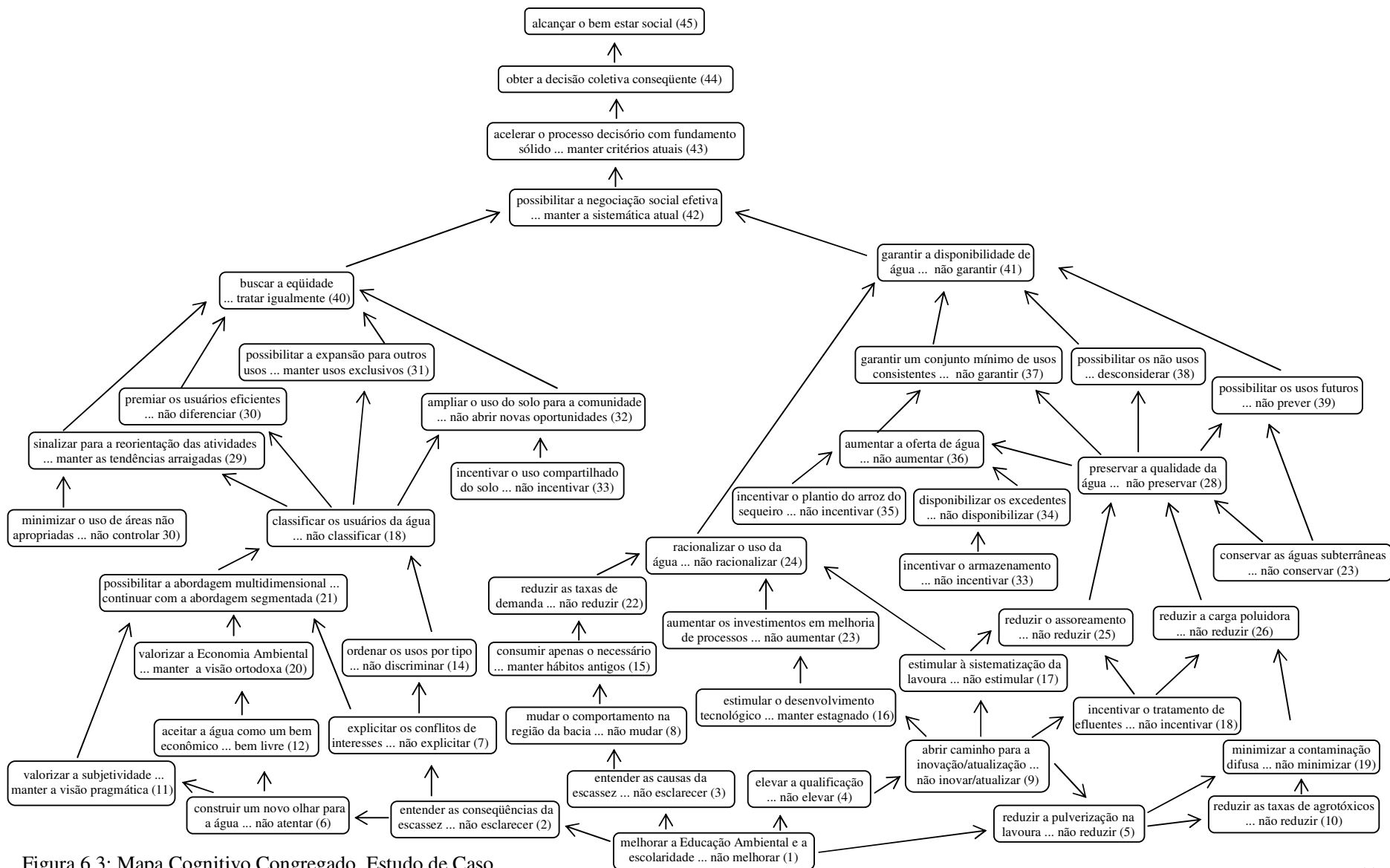


Figura 6.3: Mapa Cognitivo Congregado. Estudo de Caso  
 Fonte: elaborada pelo autor

### 6.8.3.3 Objetivo estratégico

Os conceitos mais elevados de um mapa cognitivo indicam os objetivos estratégicos dos decisores. Observando-se o **Mapa Cognitivo Congregado** construído para a estruturação do problema da presente pesquisa, vê-se que os conceitos mais elevados apontam para aspirações acima daquelas inicialmente pretendidas. Dentro desta visão, os conceitos (42), (43), (44) e (45) podem ser muito bem expressos por *alcançar a gestão eficiente na bacia hidrográfica*. Nestas situações, procura-se um nível mais baixo na hierarquia dos conceitos do mapa cognitivo, até a identificação de um, ou mais conceitos, que fidedignamente expressem a mais alta aspiração dos decisores para o problema que está sendo estruturado.

Com este foco, identifica-se o conceito (41): *garantir a disponibilidade de água...não garantir*, com  $D_i=5$  e  $C_c=10,3$ , devendo essa disponibilidade ser entendida tanto em termos quantitativos, quanto em termos qualitativos e em qualquer tempo, como o efetivo indicador do objetivo estratégico dos decisores. Então, para o presente estudo de caso,

**Objetivo estratégico: *garantir a disponibilidade de água.***

Também se constata que o conceito (40): *buscar a equidade..tratar igualmente*, com  $D_i=5$  e  $C_c=7,7$ , apresenta uma forte dominância sobre os demais, não podendo, no entanto, ser admitido como objetivo estratégico na presente pesquisa. Isto porque há uma diferença fundamental de significados entre este conceito e o anterior (C41).

Enquanto que, para o alcance do objetivo estratégico *garantir a disponibilidade da água*, os usuários são os *sujeitos* (agentes) do processo, no *buscar a equidade*, os usuários

passam a ser *objetos* da ação, aqui afeta a terceiros, como o Comitê de Gerenciamento, ou o Estado.

#### 6.8.3.4 Estratégias emergentes (Áreas de interesse)

Através da análise de dominância, pela verificação da centralidade cognitiva dos conceitos admitidos como centrais, no **Mapa Cognitivo Congregado**, foram identificadas as *estratégias emergentes*, também definidas como áreas de interesse, que se caracterizam por agregar, separadamente, os conceitos com significados semelhantes.

O conceito (24): *racionalizar o uso da água...não racionalizar*, com domínio imediato  $D_i=4$  e centralidade cognitiva  $C_c=5,5$ , possibilitou apontar a estratégia **racionalização**, o conceito (36): *aumentar o oferta de água...não aumentar*, com  $D_i=4$  e  $C_c=7,0$ , definiu a estratégia **oferta** e o conceito (28): *preservar a qualidade da água...não preservar*, com  $D_i=7$  e  $C_c=6$ , a estratégia **preservação**.

<b>Estratégias: racionalização-oferta-preservação</b>
---

#### 6.8.3.5 Linhas de argumentação e ramos

Através da análise avançada, que visa à definição dos *eixos de avaliação do problema*, dentro de cada estratégia estabelecida e através dos conceitos, foram identificadas as *linhas de argumentação* e os *ramos* que as aglutinam. O **Quadro 6.3** indica esses elementos.



<b>estratégia</b>	<b>linhas de argumentação</b>	<b>conceitos</b>	<b>ramos (fundamentos)</b>	<b>linhas de argumentação</b>
<b>racionalização</b>	LA 1 (redução do desperdício)	1-3-8-15-22-24	R 1 (gestão da demanda)	LA 1, LA 2 e LA 3
	LA 2 (avanço tecnológico)	1-4-9-16-23-24		
	LA 3 (melhoria de método)	1-4-9-17-24		
<b>oferta</b>	LA 4 (armazenamento)	33-34-36	R 2 (aumento da oferta)	LA 4 e LA 5
	LA 5 (redução da demanda)	35-36		
<b>preservação</b>	LA 6 (redução na fonte)	1-5-10-19-28	R 3 (redução da carga)	LA 6 e LA 7
	LA 7 (tratamento)	1-4-9-1826-28		
	LA 8 (conservação)	27-28	R 4 (conservação)	LA 8 e LA 9
	LA 9 (melhoria de método)	1-4-9-17-25-28		

Quadro 6.3: Análise avançada do mapa cognitivo congregado. Linhas de argumentação e ramos.  
 Estudo de caso  
 Fonte: elaborado pelo autor

#### 6.8.3.6 Objetivos fundamentais

Para cada estratégia estabelecida, consideradas as respectivas linhas de argumentação e ramos que as aglutinam por semelhança, foram escolhidos os conceitos candidatos a objetivos fundamentais, inicialmente. A seleção inicial foi feita com base na centralidade cognitiva e, principalmente, nas propriedades *essencialidade* e *controlabilidade*. O **Quadro 6.4** indica os conceitos candidatos a objetivos fundamentais.

<b>estratégia</b>	<b>ramo</b>	<b>conceito</b>	<b>essencial?</b>	<b>controlável?</b>	<b>candidato a objetivo fundamental?</b>
<b>racionalização</b>	R1	24	sim	sim	sim
		23	sim	sim	sim
		16	sim	sim	sim
		9	sim	sim	sim
		8	sim	sim	sim
<b>oferta</b>	R2	36	sim	sim	sim
<b>preservação</b>	R3	19	sim	não	não
		28	sim	sim	sim

Quadro 6.4: Conceitos candidatos a objetivos fundamentais. Estudo de caso  
Fonte: elaborado pelo autor

Para a confirmação dos objetivos fundamentais, os conceitos inicialmente selecionados, foram testados para as demais propriedades. O **Quadro 6.5** indica os objetivos fundamentais.

<b>propriedades</b>	<b>conceitos candidatos a objetivos fundamentais</b>						
	36	28	24	23	16	9	8
inteireza	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim
isolabilidade	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
mensurabilidade	sim	sim	sim	sim	sim	não	não
operacionalidade	sim	sim	sim	sim	não	não	não
não-redundância	sim	sim	sim	sim	sim	sim	não
concisão	sim	sim	sim	não	não	não	não
compreensibilidade	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim

Quadro 6.5: Confirmação dos objetivos fundamentais. Estudo de caso  
Fonte: elaborado pelo autor

### 6.8.3.7 Objetivos-meio

São os conceitos que, dentro do conjunto dos restantes, bem especificam os objetivos fundamentais, apontando os meios de avaliação das alternativas de solução, os usuários da

água, para o alcance conjunto e simultâneo dos referidos objetivos fundamentais. O **Quadro 6.6** resume o resultado da análise para a seleção desses objetivos-meio.

propriedades	conceitos candidatos a objetivos meio											
	obj. fundam. (36)			obj. fundam. (28)						obj. fundam. (24)		
	35	34	33	27	26	25	18	10	5	22	17	15
essenciabilidade	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
controlabilidade	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim
inteireza	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim
isolabilidade	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	não
mensurabilidade	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim
operacionalidade	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim
não-redundância	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	não
concisão	sim	sim	sim	sim	não	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim
compreensibilidade	sim	sim	sim	sim	não	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim

Quadro 6.6: Objetivos-meio. Estudo de caso

Fonte: elaborado pelo autor

**Objetivos fundamentais:** *racionalizar o uso*  
*aumentar a oferta*  
*preservar a qualidade*

**Objetivos meio:**

**Objetivo fundamental** *racionalizar o uso:* *reduzir as taxas de demanda*  
*estimular à sistematização da lavoura*

**Objetivo fundamental** *aumentar a oferta:* *disponibilizar os excedentes*  
*incentivar o plantio do arroz do sequeiro*

**Objetivo fundamental** *preservar a qualidade:* *incentivar o tratamento de efluentes*  
*reduzir as taxas de defensivos agrícolas*  
*conservar as águas subterrâneas*

#### 6.8.4 A Hierarquia dos Objetivos

O ordenamento dos objetivos (*estratégico, fundamentais e meio*) representa o produto final na **estruturação do problema**, na interpretação do autor, expresso segundo a **Hierarquia dos Objetivos, Figura 6.4**

#### 6.9 A ESCOLHA DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A partir da **Hierarquia dos Objetivos**, por interpretação dos *objetivos meio*, foram estabelecidas as variáveis que possibilitam a operacionalização do processo, através da medição do desempenho dos usuários da água, em termos de eficiência no uso, ou seja, os critérios de avaliação do modelo multicritério proposto, segundo o objetivo específico da presente pesquisa.

Considerando-se a realidade da região da bacia hidrográfica do rio Santa Maria, onde a quase totalidade dos usuários da água é formada por orizicultores, adotou-se o caráter *sazonal*, em termos de aplicação do modelo proposto. Vale dizer que os critérios de avaliação foram definidos levando-se em conta o levantamento e cadastro das medidas sempre na época da irrigação das lavouras, que coincide com o período de estiagem na região da bacia hidrográfica. Também foram observadas as diretrizes gerais prescritas na legislação pertinente, em especial aquelas contidas no art. 33, da Lei 10.350-RS, para fins de cobrança por *retirada* de água e por *lançamento de despejos*.

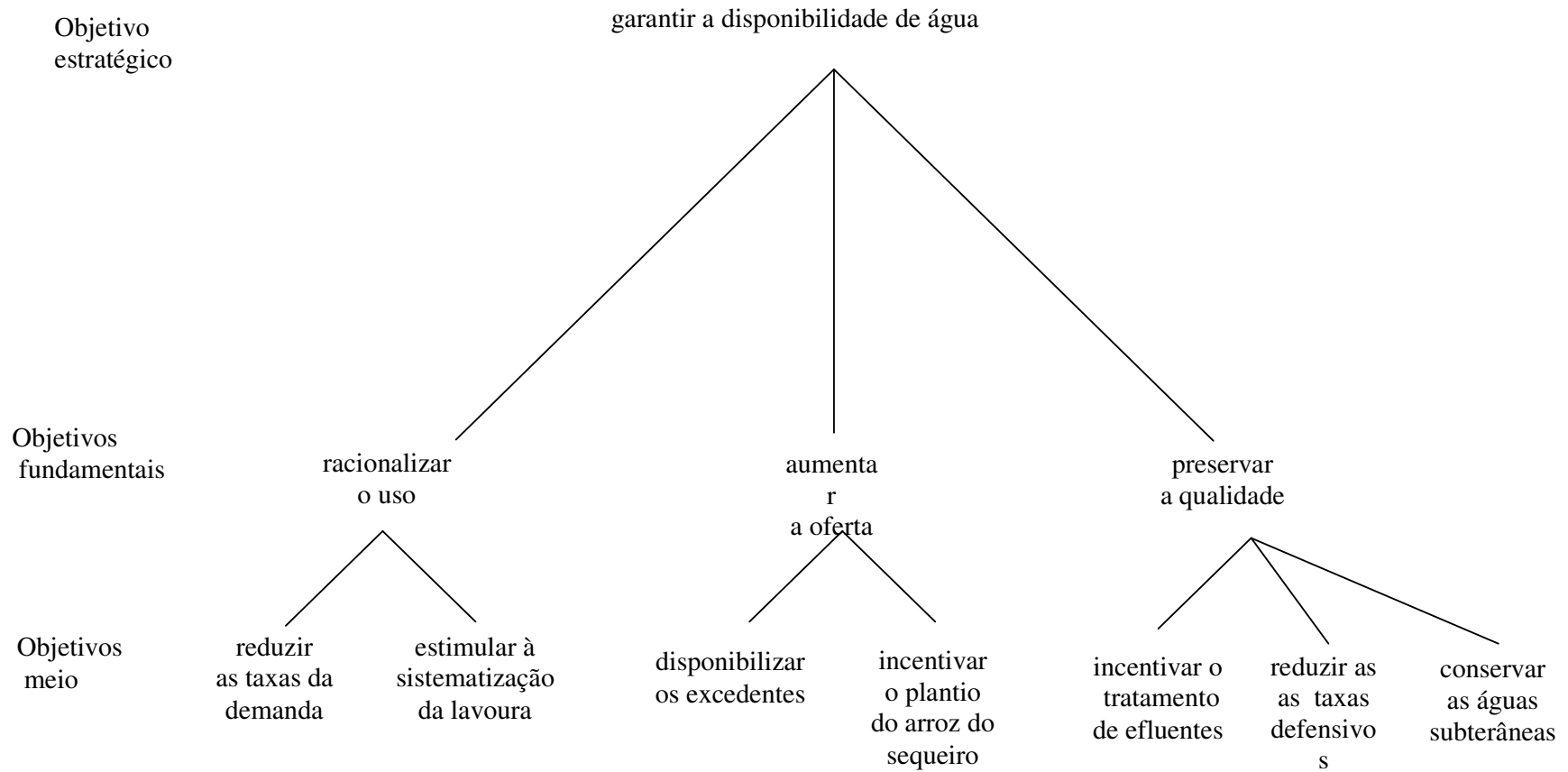


Figura 6.4: Hierarquia dos Objetivos. Estudo de caso  
 Fonte: elaborado pelo autor

Inicialmente, para avaliar o *uso-captação* e visando ao alcance do objetivo fundamental *racionalizar o uso*, considerou-se o objetivo meio *reduzir as taxas de demanda*. Partindo do pressuposto de que a cobrança seja necessária, a finalidade é fazer com que *todos os que usam a água paguem proporcionalmente à quantidade unitária demandada e conforme a fonte de captação utilizada*. A idéia de cobrar pela taxa de demanda e não pelo volume total utilizado visa ao aumento da eficiência, sem desestimular a expansão da atividade.

Buscando a interpretação do outro objetivo meio, *estimular à sistematização da lavoura*, depreende-se que o mesmo aponta para *uma* maneira de aumentar a eficiência no uso da água (em termos de redução da taxa de consumo, mantido o ganho de produção). Embora isolável, esse objetivo meio pode ser renomeado, com um significado mais amplo, que não exclua nenhuma outra forma de aumentar a eficiência, além da citada.

É importante registrar que, dos poucos usuários que não fazem parte do universo dos grandes demandantes de água (os orizicultores) os únicos que têm relevância, pelo consumo, são as entidades responsáveis pelo abastecimento público de água potável, que, deliberadamente, não serão avaliadas por esse último critério, por ser esse uso garantido como preceito legal.

Então, para fins de reduzir as taxas de demanda, ficam definidos os critérios de avaliação que seguem.

**Critério de avaliação C<sub>1</sub>: vazão de captação no curso de água (m<sup>3</sup>/s)**

**Critério de avaliação C<sub>2</sub>: vazão de captação em represa (m<sup>3</sup>/s)**

**Critério de avaliação C<sub>3</sub>: taxa de irrigação (m<sup>3</sup>/ha.safra)**

Com a adoção desses três primeiros critérios de avaliação, os usuários da água serão incitados ao uso racional por, pelo menos, três caminhos diferentes: pela escolha da fonte de suprimento mais adequada (pois essas fontes terão importâncias relativas diferentes, que influenciarão no valor da cobrança); pela redução da taxa de demanda (quanto menos usa, menos paga) e pelo aumento da eficiência, através da atualização tecnológica e redução do desperdício.

Para a operacionalização do segundo objetivo fundamental *aumentar a oferta*, foram identificados dois objetivos meio. O primeiro, especificado como *disponibilizar os excedentes*, visa ao incentivo ao armazenamento de água, através da construção de represas (açudes), para, preferencialmente, acumular águas da precipitação pluviométrica, no período entre safras (inverno), atenuando os efeitos danosos das freqüentes inundações na região e, principalmente, aumentando a garantia da disponibilidade quantitativa de água na estiagem. Os termos em que foi especificado esse objetivo meio têm, na realidade, uma finalidade bem mais abrangente, pois visa, essencialmente, a favorecer os usuários responsáveis por represas, sempre através do Comitê de Gerenciamento, proporcionalmente ao quanto disponibilizarem para o benefício de terceiros e para a expansão da área irrigada, como compensação pelos investimentos feitos para o armazenamento de água.

O segundo objetivo meio *incentivar o plantio do arroz do sequeiro*, justifica-se por representar uma forma muito importante de reduzir as demandas de água atuais, o que representaria um aumento significativo e indireto de oferta. É bem verdade que há uma cultura arraigada referente à aludida qualidade inferior do arroz cultivado nessa modalidade, o que não procede, como confirmado pelas informações obtidas junto à Embrapa-Centro do Arroz e Feijão, contidas no item **6.3 A EFICIÊNCIA ATUAL NO USO DA ÁGUA**. No entanto, também é sabido que áreas não apropriadas para o plantio de arroz inundado estão sendo usadas para esse fim. Os critérios C<sub>4</sub> e C<sub>5</sub> são a expressão do objetivo meio *aumentar a oferta*.

**Critério de avaliação C<sub>4</sub>: vazão disponibilizada (m<sup>3</sup>/s)**

**Critério de avaliação C<sub>5</sub>: área de cultivo com arroz do sequeiro, com relação à área total de cultivo de arroz (%)**

Finalmente, para avaliar *o uso-poluição*, visando ao alcance do objetivo fundamental *preservar a qualidade*, foram identificados três objetivos meio. O primeiro deles, *incentivar o tratamento de efluentes*, tem por finalidade induzir, continuamente, o usuário-poluidor a optar

pelo tratamento dos efluentes, ao invés de acumulá-los, ou lançá-los nos mananciais, através da cobrança proporcional ao regime de lançamento e às características da carga poluidora, nos termos do critério **C<sub>6</sub>**.

O segundo objetivo meio, *reduzir as taxas de defensivos agrícolas*, é auto-explicativo e visa, essencialmente, ao desenvolvimento de cultivares mais resistentes, ao uso de alternativas não tóxicas para o combate às pragas da lavoura e, também, visa à mudança de culturas arraigadas simplistas e será operacionalizado por meio do critério **C<sub>7</sub>**. O terceiro, *conservar as águas subterrâneas*, tem, em essência, a prioridade da garantia da disponibilidade para as gerações futuras, em termos de qualidade, segundo os valores expressos pelos decisores. O critério **C<sub>8</sub>** possibilita a avaliação dos usuários da água, com relação a esse aspecto fundamental.

**Critério de avaliação **C<sub>6</sub>**: carga orgânica média lançada nos mananciais (kgDBO<sub>5</sub>/dia)**

**Critério de avaliação **C<sub>7</sub>**: taxa de defensivos aplicada na lavoura (litros/ha)**

**Critério de avaliação **C<sub>8</sub>**: vazão de captação de águas subterrâneas (m<sup>3</sup>/s)**

Confirmadas as propriedades dos critérios de avaliação, mesmo porque decorrem dos objetivos meio já testados e que são as raízes desses critérios, reprisa-se que a função dos mesmos, no modelo de cobrança proposto, é possibilitar a operacionalização conjunta e simultânea dos objetivos fundamentais que visam, em última análise, ao alcance do objetivo estratégico garantir a disponibilidade de água na região da bacia hidrográfica, tanto em quantidade, quanto em qualidade e em qualquer tempo.

Como visto, foram elencados dois conjuntos independentes de critérios de avaliação. O primeiro deles, constituído pelos critérios **C1**, **C2**, **C3**, **C4** e **C5**, para possibilitar a avaliação da eficiência dos usuários da água no uso-captação, quanto aos aspectos



quantitativos. O segundo conjunto, com os critérios **C6**, **C7**, **C8** e **C9**, com a mesma finalidade, para o uso-poluição, sob os aspectos qualitativos.

### 6.9.1 As funções de valor

Para cada um dos oito critérios de avaliação, foi definida uma função de valor, com escala 0-100, pelo método da pontuação direta, como apresentado no item 4.4.1.3. As Tabelas 6.9 e 6.10 contêm as medidas, nas escalas originais e nas das funções de valor, para os Critérios **C1** e **C2**. As funções de valor para os demais critérios de avaliação estão apresentadas no **Apêndice B**.

Para cada função de valor foi fixado o intervalo **bom-neutro**, sendo que, medidas menores do que a do nível **bom** (quando há) estão acima das expectativas do decisores e as maiores do que a do nível **neutro**, são insatisfatórias, considerada a lógica do algoritmo utilizado no modelo proposto, que busca a minimização da função.

Tabela 6.9: Critério de avaliação C1-vazão de captação no curso d'água. Função de valor. Níveis bom e neutro

escalas de medidas		níveis de referência
original (m <sup>3</sup> /s)	função de valor	
0	0	<i>bom</i>
0,050	20	
0,100	30	
0,200	50	
0,300	60	<i>neutro</i>
0,500	70	
0,700	100	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 6.10: Critério de avaliação C2-vazão de captação em represa. Função de valor. Níveis bom e neutro

escalas de medidas		níveis de referência
original (m <sup>3</sup> /s)	função de valor	
0	0	<i>bom</i>
0,035	20	
0,070	30	
0,200	40	
0,500	50	
1,000	60	<i>neutro</i>
1,500	80	
1,930	100	

Fonte: elaborada pelo autor

### 6.9.2 Transformação de escala

Para possibilitar a ponderação correta dos critérios de avaliação, levando em conta os intervalos de variação das escalas de medidas, foi feita a transformação da escala das funções de valor, fixando-se nível bom=0 e nível neutro=100. Isto porque o algoritmo do modelo proposto é para minimização. A transformação de escala foi obtida através da fórmula linear  $N = \alpha \cdot r + \beta$ , onde  $r$  é o valor da escala base e  $N$  o da escala transformada.

A Tabela 6.11 contém os valores de  $\alpha$  e  $\beta$ , obtidos como demonstrado no item 4.4.1.5.

Tabela 6.11: Transformação de escala. Valores de  $\alpha$  e  $\beta$ . Estudo de caso

<b>Critério de avaliação</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\beta</math></b>
C <sub>1</sub>	1,67	0
C <sub>2</sub>	2,00	-60,00
C <sub>3</sub>	2,22	-55,55
C <sub>4</sub>	1,66	-33,33
C <sub>5</sub>	1,82	-36,40
C <sub>6</sub>	1,66	-16,66
C <sub>7</sub>	1,43	0
C <sub>8</sub>	2,00	0

Fonte: elaborada pelo autor

Nas **Tabelas 6.12 e 6.13** apresentam-se as medidas nas escalas transformadas das funções de valor para os Critérios **C<sub>1</sub>** e **C<sub>2</sub>**. As medidas para os demais critérios de avaliação estão apresentadas no **Apêndice C**.

Tabela 6.12: Transformação de escala (bom e neutro). Critério de avaliação C1-vazão captada no curso d'água

<b>escala original (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>função de valor</b>	<b>escala transformada</b>
0	0	0 ( <i>bom</i> )
0,050	20	33,40
0,100	30	50,10
0,200	50	83,50
0,300	60	100 ( <i>neutro</i> )
0,500	70	116,90
0,700	100	167,00

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 6.13: Transformação de escala (bom e neutro). Critério de avaliação C2-captação em represa

escala original (m <sup>3</sup> /s)	função de valor	escala transformada
0	0	-60
0,100	20	-20
0,200	30	0 ( <i>bom</i> )
0,500	50	40
0,300	40	20
1,000	60	60
1,500	80	100 ( <i>neutro</i> )
1,930	100	140

Fonte: elaborada pelo autor

### 6.9.3 Ponderação dos Critérios de Avaliação

Tomando por referência o critério de avaliação  $C_1$ -vazão de captação no curso d'água, considerado o de maior importância, foram estabelecidas as relações de troca, segundo o método “trade-off”, demonstrado no item 4.4.1.6.

Tabela 6.14: Relações de troca (“trade-offs”) entre os critérios de avaliação. Uso-captação. Estudo de caso

par comparado	valor de $C_1$ que leva à indiferença		relação de troca ( $p_j/p_1$ )
	escala original (m <sup>3</sup> /s)	função de valor $V_1(A^*)$	
$C_1$ e $C_2$	0,200	83,50	0,165
$C_1$ e $C_3$	0,050	33,40	0,666
$C_1$ e $C_4$	0,100	50,10	0,499
$C_1$ e $C_5$	0,050	33,40	0,666

Fonte: elaborada pelo autor

Sendo  $p_1$ =peso do critério de avaliação  $C_1$

$p_j$ =pesos dos demais critérios de avaliação, com  $j=2, \dots, 8$

A partir de **B I A** significando que os usuários **B** e **A** aparecem, para os decisores, como indiferentes (equiparados), quanto à eficiência no uso da água.

**V (B) I V (A)** significando que os usuários **B** e **A** possuem o mesmo valor global.

Então, como já foi demonstrado,  $p_1 \cdot 100 + p_j \cdot 0 = p_1 \cdot V_1(A \hat{)} + p_j \cdot 100$  e

$$p_j/p_1 = [100 - V_1(A \hat{})]/100$$

Sendo  $V_1(A \hat{})$ , o valor reduzido da eficiência da alternativa **A**, no critério de avaliação considerado o mais importante e que leva à indiferença na comparação com outra alternativa, com nível **bom** de eficiência em outro critério que esteja sendo ponderado com relação ao primeiro, segundo o juízo de valor dos decisores. Esta redução de valor estabelecida para a alternativa **A**, resulta de o quanto os decisores aceitam *perder*, em termos da eficiência de **A**, nas comparações aos pares, para definir as *relações de troca* no processo de ponderação dos critérios de avaliação dos usuários da água.

A partir das relações de troca definidas na Tabela 6.14, considerando a condição  $\sum p_i = 1$  e expressando todos os pesos em função de  $p_1$ , tem-se:

$$\begin{aligned} 0,165p_1 + 0,666p_1 + 0,499p_1 + 0,666p_1 + p_1 &= 1 & p_1 &= 0,334 \\ p_2 &= 0,165 \times 0,334 & p_2 &= 0,055 \\ p_3 &= 0,666 \times 0,334 & p_3 &= 0,222 \\ p_4 &= 0,499 \times 0,334 & p_4 &= 0,167 \\ p_5 &= 0,666 \times 0,334 & p_5 &= 0,222 \\ & & \Sigma &= 1,000 \end{aligned}$$

Ajustando para a escala de porcentagens, tem-se a ponderação dos critérios de avaliação para o *uso-captação*, conforme **Tabela 6.15**.

Tabela 6.15: Ponderação dos critérios de avaliação para o uso-captação. Estudo de caso

<b>critério de avaliação</b>	<b>peso (%)</b>	<b>descrição</b>
C <sub>1</sub>	33,4	vazão de captação no curso d'água
C <sub>2</sub>	5,5	vazão de captação em represa
C <sub>3</sub>	22,2	taxa de irrigação
C <sub>4</sub>	16,7	vazão disponibilizada
C <sub>5</sub>	22,2	área (%) com sequeiro
total	<b>100,0</b>	

Fonte: elaborada pelo autor

Para o *uso-poluição*, foi definido, como mais importante, o critério de avaliação C<sub>7</sub>-*taxa de defensivos aplicada na lavoura*. A **Tabela 6.16** mostra as relações de troca entre este critério de avaliação e os demais.

Tabela 6.16: Relações de troca ("trade-offs") entre os critérios de avaliação. Uso-poluição. Estudo de caso

<b>par comparado</b>	<b>valor de C<sub>7</sub> que leva à indiferença</b>		<b>relação de troca (p<sub>j</sub>/p<sub>7</sub>)</b>
	<b>escala original (litros/ha)</b>	<b>função de valor V<sub>7</sub>(A')</b>	
C <sub>7</sub> e C <sub>6</sub>	7,00	63,7	0,363
C <sub>7</sub> e C <sub>8</sub>	6,50	27,3	0,727

Fonte: elaborada pelo autor

$$0,363x_{p7}+0,727x_{p7}+p7=1 \quad p7=0,478$$

$$p6=0,363x0,478 \quad p6=0,174$$

$$p8=0,727x0,478 \quad p8=0,348$$

$$\Sigma=1,00$$

Tabela 6.17: Ponderação dos critérios de avaliação para o uso-poluição. Estudo de caso

<b>Critério de avaliação</b>	<b>peso (%)</b>	<b>descrição</b>
C <sub>6</sub>	17,4	carga orgânica diária
C <sub>7</sub>	47,8	taxa de defensivos
C <sub>8</sub>	34,8	vazão de captação de água subterrânea
total	<b>100,0</b>	

Fonte: elaborada pelo autor

## 6.10 AS ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA

A garantia de disponibilidade futura de água e o possível alcance do uso racional deste recurso natural na região da bacia hidrográfica sempre dependerá, fundamentalmente, da eficiência com que os usuários o utilizarem. Sendo assim, as alternativas de solução do problema, como foi estruturado, são os usuários da água.

## 6.11 A AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DOS USUÁRIOS DA ÁGUA

Para fins de avaliação global da eficiência de cada usuário e de comparação com as de todos os demais na região analisada, foi construída uma **Matriz de Avaliação** para cada uso (captação e poluição), que resumem a medida de cada um dos 1225 usuários da água, sob os 8 critérios de avaliação fixados, a partir do *Cadastro de Usos e Usuários*, cada um deles com seu peso relativo, conforme mostrado nas **Tabelas 6.18 e 6.19**, resumidamente. Estas

Matrizes de Avaliação também foram produzidas com base nas escalas das funções de valor (normal e transformado).

Tabela 6.18: Matriz de Avaliação dos usuários da água-uso captação. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

<b>U</b>	<b>C1 (33,4%)</b>	<b>C2 (5,5%)</b>	<b>C3 (22,2%)</b>	<b>C4 (16,7%)</b>	<b>C5 (22,2%)</b>
<b>MAT_USUÁRIO</b>	<b>CAP_CUR_EST</b>	<b>CAP_REP_EST</b>	<b>TAXA_IRRIGAÇÃO</b>	<b>VAZÃO_DISP.</b>	<b>ARROZ_SEQ.</b>
Usr01	0,000	0,020	10500,00	0,002	10
Usr02	0,000	0,059	10500,00	0,006	10
Usr03	0,000	0,046	10500,00	0,005	10
...	...	...	...	...	...
Usr19	0,021	0,018	10500,00	0,002	10
Usr20	0,000	0,080	10000,00	0,008	15
...	...	...	...	...	...
Usr447	0,067	0,000	0,00	0,000	0
Usr448	0,285	0,000	11000,00	0,000	20
Usr449	0,111	0,000	10000,00	0,000	15
Usr450	0,316	0,000	11000,00	0,000	20
Usr451	0,190	0,000	11000,00	0,000	20
Usr452	0,190	0,000	11000,00	0,000	20
...	...	...	...	...	...
Usr1221	0,000	0,007	10500,00	0,001	10
Usr1222	0,000	0,053	10500,00	0,005	10
Usr1223	0,000	0,204	11000,00	0,092	20
Usr1224	0,000	0,009	10500,00	0,001	10
Usr1225	0,000	0,137	11000,00	0,027	20
...	...	...	...	...	...
	<b>Soma</b>	<b>Soma</b>		<b>Soma</b>	
	28,369	104,989		22,434	
	<b>max</b>	<b>max</b>	<b>Max</b>	<b>max</b>	<b>max</b>
	0,790	1,846	11000,000	0,554	25
	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>Min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>
	0,000	0,000	0,000	0,000	0
	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>
	0,023	0,086	10188,99	0,018	15

Fonte: elaborada pelo autor



Tabela 6.19: Matriz de Avaliação dos usuários da água-uso poluição. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

<b>U</b>	<b>C6 (17,4%)</b>	<b>C7 (47,8%)</b>	<b>C8 (34,8%)</b>
<b>MAT_USUÁRIO</b>	<b>CARGA_ORG</b>	<b>TAXA_DEF</b>	<b>CAP_SUB_EST</b>
Usr01	14	5,5	0,000
Usr02	167	5,5	0,000
Usr03	130	5,5	0,000
.....	.....	.....	.....
Usr446	0	5,5	0,049
Usr750	131	6,0	0,000
Usr751	139	6,0	0,172
Usr1025	80	0,0	0,004
Usr1026	603	6,5	0,000
Usr1027	80	0,0	0,004
.....	.....	.....	.....
Usr1028	80	6,0	0,000
Usr1029	80	0,0	0,004
Usr1030	80	0,0	0,004
Usr1031	80	0,0	0,004
Usr1032	80	0,0	0,004
Usr1033	80	0,0	0,004
Usr1034	80	0,0	0,004
Usr1035	80	0,0	0,004
Usr1035	80	0,0	0,004
Usr1036	80	0,0	0,004
.....	.....	.....	.....
Usr1223	576	6,5	0,000
Usr1224	52	5,5	0,000
Usr1225	386	6,5	0,000
.....	.....	.....	.....
	<b>Soma</b>		<b>Soma</b>
	362395		0,308
	<b>Max</b>	<b>Max</b>	<b>Max</b>
	7279	7,5	0,172
	<b>Min</b>	<b>Min</b>	<b>Min</b>
	0	0	0
	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>
	298	5,8	0,0003

Fonte: elaborada pelo autor

## 6.12 CLASSIFICAÇÃO DOS USUÁRIOS DA ÁGUA E COTAS DE PARTICIPAÇÃO

Através do modelo multicritério construído, utilizando a escala comum transformada das funções de valor, os usuários da água foram classificados, em função da *distância* de cada um deles à solução ideal, com estabelecimento das cotas de participação conforme mostrado nas **Tabelas 6.20 e 6.21**, resumidamente.

Tabela 6.20: Classificação dos usuários da água-uso captação-distâncias.  
Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

<b>Usuários Sigla</b>	<b>Distância</b>	<b>Cota de participação</b>
Usr01	30,472402	0,000957
Usr02	30,173534	0,000947
Usr03	30,279806	0,000951
Usr04	26,615979	0,000836
Usr05	30,558871	0,000959
⋮	⋮	⋮
Usr447	26,669911	0,000837
Usr448	34,875053	0,001095
Usr449	24,098449	0,000757
Usr450	35,321017	0,001109
Usr451	33,038975	0,001037
Usr452	33,038975	0,001037
⋮	⋮	⋮
Usr1215	25,608664	0,000804
Usr1216	30,382991	0,000954
Usr1217	30,497215	0,000958
Usr1218	30,279806	0,000951
Usr1219	30,332263	0,000952
Usr1220	30,419996	0,000955
Usr1221	30,551522	0,000959
Usr1222	30,226897	0,000949
Usr1223	23,742248	0,000745
Usr1224	30,536517	0,000959
Usr1225	26,730441	0,000839
<b>Max</b>	38,0960	0,001196
<b>Min</b>	4,4013	0,00001
<b>Soma</b>	31849,75428	1,000000
<b>Média</b>	26,17228	0,000822

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 6.21: Classificação dos usuários da água-uso poluição-distâncias.  
Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de caso

<b>Usuários Sigla</b>	<b>Distância</b>	<b>Cota de Participação</b>
Usr01	7,237	0,000574
Usr02	7,406	0,000587
Usr03	7,386	0,000586
Usr04	16,844	0,001336
Usr05	7,265	0,000576
Usr19	7,361	0,000584
Usr20	8,091	0,000642
.....	.....	.....
Usr447	11,141	0,000884
Usr448	16,168	0,001283
Usr449	8,040	0,000638
Usr450	16,170	0,001283
Usr451	16,171	0,001283
Usr452	16,186	0,001284
.....	.....	.....
Usr1214	16,415	0,001302
Usr1215	16,612	0,001318
Usr1216	7,354	0,000583
Usr1217	7,389	0,000586
Usr1218	7,386	0,000586
Usr1219	7,372	0,000585
Usr1220	7,336	0,000582
Usr1221	7,278	0,000577
Usr1222	7,398	0,000587
Usr1223	16,642	0,001320
Usr1224	7,301	0,000579
Usr1225	16,311	0,001294
<b>Max</b>	56,0568	0,004447
<b>Min</b>	1,5019	0,0001
<b>Soma</b>	12606,28147	1,000000
<b>Média</b>	10,358	0,000822

Fonte: elaborada pelo autor

## 7 OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO, RESULTADOS E CONDICIONANTES

Com base no código fonte MODCOTA, que define o modelo de cobrança proposto, foram simuladas cinco situações para o contexto decisório onde foi desenvolvida a pesquisa, através de programação em planilha eletrônica MS Excel®, com utilização adaptada do Cadastro de Usos e usuários disponível em base MS Access®.

A primeira, envolvendo a totalidade dos usuários de água na região da bacia hidrográfica, materializada em uma possível revisão e atualização do referido Cadastro de Usos e de Usuários da água, peça indispensável para a implementação do modelo de cobrança proposto, mostrando a aplicabilidade do modelo em termos de *eficiência distributiva*. A segunda, uma abordagem parcial, para testar o modelo em termos de *eficiência econômica* e na questão da espacialidade, visando ao armazenamento ótimo de água para minimizar a captação direta nos cursos de água da bacia hidrográfica. Nesta simulação, mostra-se, também, que o modelo proposto pode ser utilizado para a definição do custo unitário da água, por usuário e tipo de uso. A terceira simulação trata da inclusão de novos usuários orizicultores e serve para, novamente, mostrar que o modelo de cobrança proposto é um instrumento econômico, na medida em que pode possibilitar o aumento dos benefícios sociais, através da expansão da produção orizícola. A quarta, novamente uma aplicação parcial, considerando um universo de arrendatários de áreas de plantio irrigadas com água de represas, incluídos os proprietários usuários, simulando o valor de custeio dos serviços de operação, manutenção e reposição nos sistemas de suprimento de água e o impacto deste custeio sobre a receita bruta. A quinta simulação, que pode ser entendida como uma forma de fixar a contribuição financeira mínima,

envolve a totalidade dos usuários da água na bacia e tem por objetivo a equipagem e o custeio operacional do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica.

Para todas as simulações, adotou-se a base anual (por safra) para o estabelecimento da contribuição financeira, seja para implantação (amortização) ou para custos correntes (operação, manutenção e reposição) das intervenções testadas, ou seja, o custo/garantia e o custo/uso da água, por m<sup>3</sup>.

Para as Simulações 2 e 4, verificou-se o impacto do custo da água (pela garantia de ter e pelo uso), sobre a receita bruta, por m<sup>3</sup>.

## 7.1 SIMULAÇÃO 1

A aplicabilidade do modelo de gestão proposto, em termos de alcance de cobrança eficiente pela segurança de ter e pelo uso da água disponível no ambiente, atendidas a equidade do tratamento e a indução ao uso racional, sempre dependerá de um Cadastro de Usos e Usuários confiável e regularmente atualizado, por exemplo, a cada safra.

Para este fim, é fundamental que haja um número representativo de critérios de avaliação independentes, resultado de uma adequada estruturação do problema, que possibilite a avaliação da eficiência com que os usuários utilizam a água, o que pode ser operacionalizado pelo modelo multicritério proposto. Pela concepção adotada, espera-se que os usuários que buscam a eficiência no uso da água se tornem os maiores interessados na atualização deste cadastro.

Assim, a Simulação 1 testa o modelo sob o enfoque da eficiência distributiva, considerando a totalidade dos 1225 usuários de água na região pesquisada, para o custeio de

uma possível revisão e atualização do Cadastro de Usos e Usuários existente, utilizando o conjunto de variáveis que resultaram da estruturação do problema do estudo de caso.

A estimativa de custos para a intervenção admitida na Simulação 1, com duração prevista de seis meses, está resumida na tabela 7.1.

Tabela 7.1: Simulação 1: custo estimativo para revisão e atualização do cadastro de usos e usuários. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>Item</b>	<b>quantidade meses</b>	<b>nº de horas</b>	<b>custo (R\$)</b>
<b>1 Recursos humanos</b>			
• gerente de contrato	1 (6)	528	63.360
• coordenador técnico	1 (6)	1.056	105.600
• hidrólogo sênior	1 (6)	1.056	84.480
• hidrogeólogo	1 (4)	704	56.320
• especialista em qualidade de água	1 (4)	704	56.320
• analista de sistemas sênior	1 (6)	528	42.240
• especialista em SIG pleno	1 (5)	880	61.600
• coordenador de campo	2 (6)	2.112	126.720
• equipes de campo	8 (6)	8.448	844.800
• digitador	3 (6)	3.168	47.520
• secretária	1 (6)	1.056	15.840
• estagiário - 4h/dia – escritório	4 (6)	2.112	12.672
Sub-total 1			1.517.472
BDI (20%)			303.494
Total 1			1.820.966
<b>2 Recursos logísticos e equipamentos</b>			
• automóveis	8 (6)		38.400
• conjunto xerox/fax	1 (6)		4.000
• conjunto telefone celular / maq. fot. digital / GPS / DGPS	8 (6)		22.000
• microcomputadores PCChips 810XP C/S/V/R/F HD 40GB 5400RPM memo 256 DIMM PC 133 CD 52X, DRIVE 1.44, gab. ATX e monitor 15’’	2 (6)		12.000
Sub-total 2			76.400
BDI (20%)			15.280
Total 2			91.680
Total 1+ 2			1.912.646
Lei estadual 13350 art 32 (+10%)			191.264
Total			2.103.910

Fonte: elaborada pelo autor

Para o processamento desta Simulação 1, foi utilizada a Matriz de Avaliação – *uso captação*, resumidamente apresentada na Tabela 6.18, que retrata o desempenho dos 1225 usuários da água nesta modalidade. Os resultados da Simulação 1 são apresentados e analisados, a seguir.

## 7.2 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 1

Observa-se que uma possível revisão e atualização do Cadastro de Usos e Usuários, elemento indispensável para a aplicação confiável do modelo de cobrança proposto, acarretaria uma contribuição financeira, por safra, variando de R\$ 290,72 a R\$ 2.516,37, o equivalente a 9 sacas de arroz e 72, respectivamente, aos preços de maio de 2003. Estratificando-se, para melhor elucidação, ter-se-ia 517 usuários (42,2% do total) acima de R\$ 2000,00, 383 usuários (31,3%) entre R\$ 1500,00 e R\$ 2000,00 e 325 usuários (26,5%) até R\$ 1500,00.

Pelos resultados obtidos, também se constata que o modelo propicia a equidade na distribuição das contribuições financeiras, cada uma delas decorrente da **cota de participação** que é, em última análise, o indicador da eficiência global do usuário, de uma forma progressiva e justa.

A Tabela D.1, do Apêndice D, resume os resultados da Simulação 1.

## 7.3 SIMULAÇÃO 2

Nesta simulação, testa-se a aplicação do modelo proposto para uma abordagem parcial no universo dos usuários da água na bacia hidrográfica, visando à aplicabilidade em termos de

eficiência econômica e como instrumento para a fixação do custo/água unitário, por usuário e tipo de uso.

É sabido que 20% da demanda de águas superficiais, algo em torno de 28,369 m<sup>3</sup>/s, provêm da captação direta superficial nos cursos de água da região da bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS, no período de estiagem.

Admitindo que, visando à minimização das conhecidas conseqüências deste fato, tenham sido desenvolvidas alternativas de aumento do armazenamento de água na região, por meio de construção de represas, consideradas duas opções básicas para fins de tomada de decisão, na programação anual de intervenções.

Opção 1: implantação das obras destinadas ao armazenamento de água, a cargo do Estado e custeio para operação, manutenção e reposição por conta dos atuais usuários responsáveis por captação direta nos cursos de água;

Opção 2: construção das represas, incluindo amortização e custeio de operação, manutenção e reposição a cargo dos usuários envolvidos.

Os valores utilizados incluem o acréscimo legal de 10% (Lei Estadual nº 10350, art. 32). As contribuições financeiras foram estabelecidas com base anual (por safra); sendo que a forma de pagamento (em dinheiro ou em produto), bem como possíveis modalidades de parcelamento, foram consideradas questões a serem discutidas e negociadas no Comitê de Gerenciamento. Nesta simulação, como referido, procura-se provar a utilização do modelo como instrumento que propicie, essencialmente, a indução ao uso racional da água.

Iterativamente, o modelo possibilita a otimização do volume a ser armazenado, através da seleção dos usuários mais eficientes, os **Pareto-Ótimos**, e a maximização do número de componentes deste conjunto, também com a indicação dos usuários menos eficientes, os que



com pouco ou que com nada contribuem para a eficiência global no uso da água na região da bacia hidrográfica.

Numa segunda fase, uma vez definida a magnitude ótima da intervenção, passa-se ao estabelecimento das contribuições financeiras, a cargo dos usuários envolvidos.

Nesta simulação, mostra-se como poderia ser operacionalizado o processo de programação de investimentos a partir do *impacto da cobrança*, para cada alternativa negociada. Assim, os usuários envolvidos poderiam estabelecer, antecipadamente e através da negociação, os valores certos das contribuições financeiras a serem assumidas para cada safra, ou outro período estipulado, por consenso.

Para a Opção1, os usuários envolvidos somente começariam a pagar as contribuições financeiras para custeio após terem confirmada a garantia de disponibilidade da água ou seja, depois de concluídas e implementadas as obras de armazenamento, sob responsabilidade do Estado.

Para a estimativa de custo para armazenamento de água, foram adotados os valores contidos em SOPS (1997, p. 117) e Instituto Riograndense do Arroz (2002) com atualização para maio de 2003. No cadastro (SOPS, 1996) foram identificados 251 usuários, totalizando 28,369 m<sup>3</sup>/s de captação direta e contínua nos cursos de água na época de estiagem. Para a fixação do valor de custeio anual com operação, manutenção e reposição dos sistemas de irrigação, foram adotados os dados e valores levantados pelo Instituto Riograndense do Arroz, em Instituto Riograndense do Arroz (2000) e Instituto Riograndense do Arroz (2002), também atualizados para maio/2003.

Os resultados da Simulação 2 estão comentados, a seguir.

## 7.4 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 2

Através do processo iterativo envolvendo os 251 usuários que captam água diretamente nos cursos de água na estiagem e com alteração gradual do volume de água a ser armazenado (correspondente à redução porcentual do volume captado anualmente) obteve-se o conjunto dos 129 usuários mais eficientes, os usos **Pareto-Ótimos**-aqueles que, após a reclassificação, tiveram redução da cota de participação- e um volume ótimo de armazenamento de 138,89 hm<sup>3</sup> (equivalente a 24,113 m<sup>3</sup>/s durante 100 dias na estiagem, 16 horas/dia de irrigação) correspondente a 85% do volume anual captado nos cursos de água, pelos 251 usuários envolvidos na intervenção.

A partir dos resultados obtidos na Simulação 2, observa-se que o modelo proposto possibilita um forte incentivo ao uso racional da água, propiciando o alcance gradual da eficiência econômica ao logo do processo de gestão. Pode-se observar, pelos resultados que o modelo também possibilita a identificação e separação dos usuários que pouco ou nada fazem, atribuindo-lhes aumento nas cotas de participação, proporcionalmente à eficiência global de cada um destes usuários.

Nas Tabelas D.2, D.3 e D.4, do Apêndice D, apresenta-se a relação dos 251 usuários envolvidos na Simulação 2, com a identificação dos Pareto-Ótimos e dos não eficientes bem como as contribuições financeiras totais e marginais, para o período anual.

Observa-se que, desconsiderados os valores não representativos resultantes de falhas no Cadastro de Usos e Usuários disponível e adaptado para o estudo de caso, o custeio de operação, manutenção e reposição das represas, para armazenamento anual de 85% do volume atualmente captado nos cursos de água e totalizando 138,89 hm<sup>3</sup>, é representado por um custo marginal médio de R\$ 0,05/m<sup>3</sup>.

A Tabela D.2.2 mostra a estratificação dos resultados para o conjunto dos 251 usuários, para melhor elucidação, constatando-se uma contribuição financeira abaixo de R\$ 0,03/m<sup>3</sup> para 44,7% dos usuários, com 40,7% deles na faixa abaixo de R\$ 0,02/m<sup>3</sup>.

A Tabela D.2.3 contém a estratificação do *impacto do custeio* de operação, manutenção e reposição dos sistemas de irrigação, sobre a receita bruta, por m<sup>3</sup> de água utilizada e para o conjunto dos 251 usuários. Com uma média de 0,08 (8%), 180 usuários (72% do total) apresentam um impacto abaixo de 0,10 (10%).

Exclusivamente para os 129 usuários mais eficientes, mostra-se, na Tabela D.3.2, uma média de R\$ 0,03/m<sup>3</sup> para o custeio, situando-se 99 usuários (77%) abaixo de R\$ 0,02/m<sup>3</sup>. Com relação ao impacto do custeio, ainda para os 129 usuários mais eficientes, constata-se uma média de 0,08 (8%), estando mais de 80% deles (105 usuários) abaixo de 0,10, como mostrado na Tabela D.3.3.

Na Tabela D.4.2, verifica-se que a análise em separado para os restantes 122 usuários não eficientes aponta para uma média de R\$ 0,07/m<sup>3</sup> para o custeio, com 25 usuários (20,5%) abaixo de R\$ 0,03/m<sup>3</sup> e os restantes 97 (79,5%) acima deste valor.

Na Tabela D.4.3, no entanto, verifica-se que, com impacto médio de 0,12 (12%) para o custeio, 76 destes usuários (62%) ficam abaixo de 0,10 (10%), com 46 deles situados na faixa superior a este valor.

Também pode ser observado que a contribuição financeira é diferente para cada um dos 251 usuários, proporcional à sua eficiência global variando de R\$ 7.959,77/safra (227 sacas) e R\$ 16.419,51/safra (469 sacas), com um valor médio de R\$ 12.120,19/safra, equivalente a 346 sacas de arroz.

Por outro lado, para a garantia de disponibilidade da água, por meio da construção de barragens, quando a cargo dos 251 usuários, segundo a Opção 2, dispêndio

(contribuição financeira) variaria proporcionalmente entre R\$ 19.987,15/ano (571 sacas) e R\$ 41.229,73/ano (1178 sacas), com um valor médio de R\$ 30.434,06/ano (869 sacas).

O custo marginal médio seria de R\$ 0,12/m<sup>3</sup> armazenado.

Analisando-se conjuntamente, torna-se evidente que a agregação das contribuições financeiras para a garantia de ter água, através da construção de barragens, com as do custeio da operação, manutenção e reposição dos sistemas de irrigação, reduziria sensivelmente a rentabilidade no cultivo do arroz na região estudada, inviabilizando esta atividade para a grande maioria dos orizicultores.

Também se observa que, após a reclassificação geral, as cotas de participação dos 129 usuários **Pareto-Ótimos** apresentaram uma redução média de 11,04%, com uma maior queda de 36,72%. Por outro lado, esta reclassificação geral também apresenta a evolução das cotas de participação dos restantes 974 usuários que nada fizeram e dos 122 menos eficientes, as alternativas dominadas no **Conceito de Pareto**.

Assim, o significativo aumento de eficiência global dos 129 usuários Pareto-Ótimos trouxe, como consequência da lógica operacional do modelo e em termos de indução ao uso racional da água, um discreto aumento médio de 0,54% nas cotas de cotas de participação dos 974 usuários que nada fizeram e de 1,50% para os 122 usuários menos eficientes e participantes da intervenção simulada. O aumento das cotas de participação resultou uniformemente distribuída em cada grupo por serem os valores reais muito reduzidos, como era previsto e em função do arredondamento matemático na lógica operacional do modelo.

O resultado aparentemente paradoxal (aumento de cota de participação para usuários participantes da intervenção) explica-se pelo fato de que conceitualmente, o que vale no processo é a eficiência global do usuário da água. Há, por assim dizer, uma acentuada rigidez com relação à importância desta eficiência global, frente às variações das eficiências locais,

resultados de melhorias isoladas. Sendo assim, o efetivo bônus aos usuários participantes das intervenções somente ocorre quando houver significativa melhoria de desempenho, mas em termos de eficiência global.

Para a realidade e circunstâncias atuais da região da bacia hidrográfica do rio Santa Maria e com base nos resultados obtidos nesta Simulação 2, conclui-se que a ineficiência no uso da água não inviabilizaria a atividade produtiva dos orizicultores, na sua expressiva maioria. Dos 251 usuários envolvidos na simulação, apenas 18% deles, 46 usuários com impacto acima de 0,10, necessitariam de uma verificação econômico-financeira da rentabilidade, com possível necessidade de financiamento para aumentar a eficiência no uso da água.

Também pode ser constatado que, para 80% dos 129 usuários mais eficientes, haveria redução do custo/água, com um impacto abaixo de 5% (custo/água sobre a receita bruta, por m<sup>3</sup> de água utilizado).

### 7.5 SIMULAÇÃO 3

Na Simulação 2, apresentou-se a aplicação do modelo de cobrança proposto ao universo restrito dos 251 usuários, visando à minimização da captação de água diretamente e exclusivamente nos cursos de água. Mostrou-se uma possibilidade de distribuição da tarifa de forma progressiva e equânime, tanto para a garantia de ter água, através do armazenamento fora do período de estiagem, como pelo decorrente uso da água.

Admita-se a possibilidade de que a vazão de 24 m<sup>3</sup>/s, ou seja, aproximadamente 85% daquela que era captada diretamente nos cursos de água no período de irrigação e novamente

disponibilizada em termos de aumento real de oferta, seja utilizada pelo Estado, mesmo que temporariamente, para expandir a produção orizícola na região da bacia hidrográfica.

Os novos orizicultores, beneficiários da externalidade positiva da intervenção (construção das represas), objeto da Simulação 2, seriam incluídos sob a condição básica de serem eficientes no uso da água para a irrigação. Assim, para a outorga do direito de uso da água para a expansão das lavouras de várzea, seria exigida a sistematização das áreas de cultivo, dependendo da viabilidade técnica.

A ação também incluiria a exigência do cultivo de arroz do sequeiro, utilizando parte da vazão outorgada e beneficiando produtores em áreas menos favorecidas, mas aptas para o cultivo de arroz.

Sob estas condições, testa-se o modelo de cobrança no processo de inclusão de 100 novos usuários orizicultores, na região objeto da pesquisa. Vislumbra-se, nesta simulação, uma possibilidade de aumentar e distribuir a riqueza regional, através da expansão da produção primária que representa a maior força indutora de benefícios sociais na região.

Após um determinado período, definido e aprovado pelo Comitê de Gerenciamento, estes 100 novos usuários também seriam instados a construir suas barragens, beneficiando um novo grupo de usuários, consolidando-se um processo de contínua e segura expansão da produção de arroz. A Tabela 7.2 resume as características e condições para os novos 100 usuários orizicultores. A Tabela 7.4 contém a Matriz de Avaliação com a inclusão dos 100 novos usuários da água na região da bacia hidrográfica estudada.

Tabela 7.2: Simulação 3 - Inclusão de 100 novos usuários orizicultores. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria. Estudo de caso

Grupo	Nº de usuários	vazão outorgada (m <sup>3</sup> /s)		lavouras de várzea sistematização exigida				lavouras de pré-germinado, ou sequeiro exigido			
		Por usuário	Por grupo	100%	80%	50%	40%	100%	60%	50%	20%
I	20	0,24	4,80	X							
II	20	0,24	4,80		X						X
III	20	0,24	4,80			X					X
IV	20	0,24	4,80				X		X		
V	20	0,24	4,80					X			
Total	100		24,00								

Fonte: elaborada pelo autor

A inclusão dos 100 novos orizicultores, consideradas as condições estabelecidas, propiciaria a expansão da produção de arroz, conforme discriminado na Tabela 7.3. Para esta composição, considerou-se a vazão outorgada de 0,24 m<sup>3</sup>/s por usuário, correspondente a um volume de demanda anual de 27.648.000 (100 dias por safra, 16 h/dia de irrigação) m<sup>3</sup> para cada grupo de 20 usuários, conforme mostrado na Tabela 7.2.

Tabela 7.3: Simulação 3 - Expansão da área de cultivo de arroz. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria. Estudo de caso

Grupo	Expansão da área de plantio (ha)								Total
	Cultivo sistematizado				Cultivo com arroz do sequeiro ou pré-germinado				
	100%	80%	50%	40%	100%	60%	50%	20%	
I	3840								3840
II		3072						922	3994
III			1920				2304		4224
IV				1536		2765			4301
V					4608				4608
Total									20967ha

Obs: Consumo de 7200 m<sup>3</sup>/ha.ano para lavouras sistematizadas e de 6000 m<sup>3</sup>/ha.ano para o cultivo do arroz pré-germinado (SILVA, 2003).

Fonte: elaborada pelo autor

Admitida a produtividade média regional de 106,6 sacas/ha (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2000, p.13), a intervenção objeto da Simulação 3 poderia trazer um aumento de produção anual de arroz no entorno de 2.235.082 sacas, algo como mais 111.754 toneladas, o que equivaleria a um aumento aproximado de 17%, com base na área de cultivo de 123.884 ha (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2000, p. 23).

## 7.6 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 3

As medidas das variáveis  $C_1$ -*vazão de captação no curso d'água*,  $C_3$ -*taxa de irrigação* e  $C_5$ -*área de cultivo com arroz do sequeiro*, com relação à área total de plantio de arroz, a partir da Tabela 7.2, foram introduzidas no Cadastro de Usos e Usuários (base de dados MS Access).

Pelo processamento da **Matriz de Avaliação** atualizada foram obtidas as cotas de participação para o novo universo de 1335 usuários da água na bacia. Observa-se que a cota média de participação dos novos 100 usuários é igual a 0,001536, tendo ocorrido, por consequência, uma redução uniformemente distribuída de 15,51% nas cotas de participação de todos os demais 1225 usuários iniciais, beneficiados que foram pelo aumento do número de cotista para o rateio de custos no processo decisório.

Também fica aqui demonstrada a função do modelo como efetivo instrumento econômico, na medida em que pode propiciar a expansão dos benefícios sociais, através do aumento e distribuição da riqueza regional, por meio de um justo rateio das contribuições financeiras. O Apêndice D, Tabela D.5, contém um resumo elucidativo da Simulação 3.



## 7.7 SIMULAÇÃO 4

Testa-se uma outra abordagem parcial, envolvendo os 941 usuários (77% do total) que captam água em represas, sejam arrendatários ou proprietários também usuários, diante de uma nova e possível realidade em que as contribuições financeiras arrecadadas sejam destinadas, a um fundo para o custeio de operação, manutenção e reposição, necessários à provisão de água, na forma de prestação de serviços, a cargo de uma entidade gestora independente. O montante deste fundo seria definido com base na área total de cultivo dos 941 usuários envolvidos e o custo médio de irrigação, por hectare, levantado pelo Instituto Riograndense do Arroz (2002), devidamente atualizado, para operação, manutenção e reposição dos sistemas de irrigação. A contribuição financeira de cada usuário da água seria definida, em cada safra, através do produto da sua cota de participação pelo montante calculado para o referido fundo.

Os proprietários de represas não mais praticariam a venda *casada* da água nos arrendamentos para plantio, mas continuariam mantendo a garantia de provisão e passariam à condição de *fiéis depositários* da água e dos sistemas de irrigação sendo que o pretendido é que se transformem em *fiéis usuários* da água, ao longo do processo. Possíveis reações e argumentos relativos a lucros cessantes e outras perdas, poderiam ser contestados com base no fato de que, durante todo o tempo, esses proprietários venderam um bem público inapropriável, a água do ambiente. Vale dizer que os investimentos feitos nas represas já teriam sido suficientemente ressarcidos.

A Matriz de Avaliação - *uso captação* destes usuários captadores em represas, utilizadas para a Simulação 3, foi extraída da Tabela 6.18.

A estimativa de custos anuais de operação, manutenção e reposição para os serviços de suprimento de água, a partir de represas, foi feita com base na composição do Instituto

Riograndense do Arroz (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2002), nos dados estatísticos do Censo da Lavoura do Arroz Irrigado (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2000) e no Cadastro de Usos e Usuários da Água (SOPS, 1996).

Segundo Instituto Riograndense do Arroz (2000), para a Região da Campanha, onde está situada a bacia hidrográfica estudada, tem-se 27,1% da área de plantio irrigada por bombeamento diesel, 15,2% através de acionamento elétrico e 57,7% por irrigação natural a partir das represas.

A partir de Instituto Riograndense do Arroz (2002), com atualização para maio de 2003, para uma lavoura padrão de 100 ha, 100 dias de irrigação por safra e com regime de 16 horas por dia, os custos unitários atualizados para operação, manutenção e reposição dos sistemas de irrigação, são de R\$ 24,67/h para acionamento diesel, R\$ 11,09/h para elétrico e R\$ 5,16/h para irrigação por gravidade.

Através do cálculo da média ponderada, chega-se ao valor de R\$ 11,35/h para 100 hectares irrigados e as demais condições fixadas. Considerando a área aproximada de cultivo de 81.084,63 ha (SOPS,1996), alcança-se o custo estimativo de R\$ 14.724.968,97, adotado para a realização da Simulação 4.

## 7.8 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 4

A Simulação 4 envolve 941 usuários (77% do total), representando, aproximadamente, 105,191 m<sup>3</sup>/s de captação em represas (algo em torno de 80% do volume anual demandado para irrigação das lavouras de arroz).

O resultado da simulação apresenta contribuições financeiras anuais variando desde R\$ 2.707,440 a R\$ 18.866,58, com um valor médio de R\$ 15.648,21/ano, correspondente a

um custo marginal médio de R\$ 0,05/m<sup>3</sup>. A Tabela D.6, do Apêndice D, contém o resumo dos resultados da Simulação 4.

A Tabela D.6.2 contém a estratificação dos valores do custo/água, apresentando 447 usuários (47,5%) abaixo de R\$ 0,02/m<sup>3</sup> e 292 usuários (31%) acima de R\$ 0,05/m<sup>3</sup>.

Com relação ao impacto do custo/água sobre a receita bruta, por m<sup>3</sup> de água usada, vê-se que, na Tabela D.6.3, para uma média de 0,12 (12%), 499 usuários (53%) estão na faixa abaixo de 0,05 (5%) e 297 usuários (31,6%) superam a faixa de 0,10 (10%).

Nesta Simulação 4, novamente se verifica que, salvo para um grupo reduzido de usuários ineficientes, não haveria aumento no custo/água na produção orizícola e que, uma significativa parcela dos usuários mais eficientes seria bonificada com uma redução do impacto do custo da água no cultivo do arroz.

Com relação aos que ficassem sob risco de inviabilização da atividade produtiva, no entorno de 32% dos 941 usuários envolvidos, caberia uma análise econômico-financeira visando a possíveis financiamentos para o aumento da eficiência no uso da água e redução conseqüente do impacto do custo/água na produção. Este possível apoio poderia ocorrer na forma de atualização de sistemas de cultivo e irrigação como, por exemplo, introdução do cultivo pré-germinado, do sequeiro e sistematização da área de plantio.

## 7.9 SIMULAÇÃO 5

Simula-se uma situação novamente com a totalidade do universo de usuários na região da bacia hidrográfica pesquisada, que pode ser interpretada como uma possível forma de fixar uma tarifa básica (mínima).

Trata-se da implantação e custeio de estrutura do Comitê de Gerenciamento da bacia hidrográfica, que representaria o meio indispensável para a garantia de um contexto decisório para discussão, negociação e encaminhamento formalizado e consistente para as reivindicações dos usuários da água, na região.

Na estimativa de custos utilizada, é considerada a implantação e custeio dos meios e recursos admitidos como minimamente necessários, para um primeiro período anual.

A tabela 7.4 contém o resumo da estimativa dos custos para a Simulação 5.

Tabela 7.4: Custo estimativo para implantação e custeio do Comitê de Gerenciamento no primeiro ano. Bacia hidrográfica do rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

Item	quantidade	custo anual (R\$)
1 Recursos humanos		
• secretário executivo	1	56.000
• auxiliar de secretaria (digitação, correspondência)	1	21.000
• motorista	1	16.800
2 Instalações e equipamentos		
• escritório (aluguel, taxa, material de consumo)	1	12.000
• veículo (combustível)	1	34.000
• fone / fax / xerox / celular (conjunto)	1	5.000
• computação / internet	1	7.000
	<b>Total</b>	<b>151.800</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Na seqüência são apresentados e analisados os resultados.

## 7.10 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO 5

Mostra-se que a implantação e custeio de uma estrutura mínima e estável para o Comitê de Gerenciamento representaria um dispêndio anual variando de R\$ 20,98 a

R\$ 181,57, com uma contribuição média anual de R\$ 124,73 por usuário da água na região da bacia hidrográfica. A Tabela D.7, do Apêndice D, contém um resumo da Simulação 5.

## 7.11 CONDICIONANTES

Inicialmente, em termos de consistência, a aplicabilidade do modelo de cobrança proposto depende, essencialmente, de uma adequada estruturação do problema, com o estabelecimento de uma **Hierarquia de Objetivos**.

Nesta fase primeira, é fundamental atentar-se para o nível de qualificação e valores do grupo decisor, devendo ser consideradas as circunstâncias e especificidades do contexto decisório de cada Comitê de Gerenciamento de bacia hidrográfica. A observação destas condições é crucial para o alcance dos objetivos pretendidos no processo de cobrança em questão, por meio da fase que segue, da operacionalização, através da análise multicritério.

Em termos de operacionalização, a aplicabilidade do modelo de cobrança proposto está condicionada à qualificação dos gestores (secretaria executiva) na prática e familiarização com os meios usuais da Internet e com os aplicativos computacionais atualizados, em especial a base de dados MS Access® e planilha eletrônica MS Excel®.

Também se considera indispensável o cumprimento de uma fase pré-operacional para o ajuste e calibragem do modelo para as características e variáveis de cada caso e o treinamento dos gestores, através de curso específico para este fim.

Para finalizar, condiciona-se a qualidade dos resultados da aplicação do modelo de cobrança proposto à existência de um confiável e periodicamente atualizado Cadastro de Usos e Usuários da água na região da bacia hidrográfica objeto do processo de cobrança pela garantia de ter e pelo uso da água disponível no ambiente.

## 8 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi apresentada uma proposta de modelo de cobrança pela garantia de ter e pelo uso da água disponível no ambiente, na forma de um instrumento de gestão que pode propiciar a equidade, no sentido do tratamento desigual aos que são diferentes em termos de eficiência no uso da água e que, também, pode possibilitar a indução contínua ao uso racional deste recurso natural.

A eficiência no uso da água foi adotada como fundamento para a concepção e desenvolvimento do modelo de cobrança proposto. Por outro lado, e admitido como o aspecto mais importante, a estruturação do problema da cobrança foi estabelecida através do uso de mapas cognitivos, uma forma de estruturar preferências e valores em contextos que envolvam vários decisores, cada um deles com seu quadro de referência mental (objetivos, visões, crenças e preconceitos).

Por meio de mapas cognitivos individuais, foram obtidos conceitos que, unidos e interligados, possibilitaram a construção de um mapa cognitivo congregado, através do qual foi estabelecida uma Hierarquia de Objetivos, representando a síntese da estruturação do problema da cobrança. A especificação dos objetivos elencados nesta hierarquia (árvore) possibilita a construção de um conjunto consistente de critérios de avaliação independentes, utilizados para medir a eficiência global dos usuários no uso da água, visando ao atendimento conjunto e simultâneo dos objetivos escolhidos através da análise multicritério, utilizada para a operacionalização do modelo de cobrança proposto.

A importância de cada critério de avaliação, relativamente aos demais, foi definida através de funções de valor, para a compatibilização das medidas com as escalas e com base nos julgamentos dos decisores.

Através desta sistemática, os usuários da água são classificados à luz do Conceito dos Ótimos de Pareto, com a seleção dos mais eficientes, os usos Pareto-Ótimos e, também, com a discriminação dos usuários menos eficientes. Na seqüência, através da normalização das magnitudes classificatórias, são determinadas cotas de participação cujo somatório é sempre igual à unidade, utilizadas para o estabelecimento das contribuições financeiras frente a cada intervenção aprovada no âmbito do Comitê de Gerenciamento da Bacia hidrográfica.

Ao longo do processo decisório, em função do porte dos investimentos e das periódicas reclassificações dos usuários e conseqüentes reajustes das cotas de participação, estabelece-se a dinâmica de uma saudável competição entre os mesmos na busca da minimização destas cotas, onde os mais eficientes (os Pareto-Ótimos) acabam sendo bonificados pelos usuários menos eficientes, através de uma justa e proporcional distribuição dos encargos financeiros na forma de subsídio cruzado indireto, o que também configura um processo incitativo ao uso racional da água como meio para o aumento da eficiência e expansão da riqueza regional.

Através de simulações disponíveis em meio ótico-digital, mostra-se que o modelo proposto pode propiciar a otimização da magnitude dos investimentos a serem feitos, a qual tem por base a maximização do conjunto dos usuários Pareto-Ótimos, em termos de intensidade de redução das cotas de participação, possibilitando o alcance simultâneo da eficiência distributiva e da eficiência econômica na cobrança pela garantia de ter e pelo uso da água disponível no ambiente.

Um estudo de caso foi apresentado para a realidade da região abrangida pela bacia hidrográfica do rio Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul.

Estruturou-se o problema da cobrança pela garantia de ter e pelo uso da água no ambiente da referida bacia hidrográfica e no âmbito do contexto decisório do correspondente Comitê de Gerenciamento. O módulo operacional foi desenvolvido através de modelagem multicritério, com uso de planilha eletrônica. Como resultado da pesquisa e das simulações realizadas para o caso prático, chega-se às seguintes conclusões:

- considerando a Política e Sistema de Recursos Hídricos, segundo a Lei Federal nº 9433/97, podem ser reconhecidos como instrumentos de gestão a outorga dos direitos de uso e a cobrança pela garantia de ter e pelo uso da água disponível no ambiente;

- uma Hierarquia de Objetivos, obtida por meio de mapas cognitivos de decisores qualificados, pode representar uma alternativa para a estruturação do problema da cobrança pela garantia de ter e pelo uso da água disponível no ambiente da região de uma bacia hidrográfica;

- a diversidade das circunstâncias e especificidades de determinada região e, principalmente, as peculiaridades de cada grupo decisor, não permitem generalizações para a aplicação em outros contextos decisórios;

- a construção dos mapas cognitivos individuais, como ferramenta negociativa, possibilita, através da reflexão, uma maior clareza e entendimento do problema para o facilitador e para os decisores;

- a qualificação do grupo decisor é fundamental para o estabelecimento dos objetivos estratégicos, através dos mapas cognitivos, na fase de estruturação do problema;

- a modelagem multicritério desenvolvida com base nos Ótimos de Pareto revelou-se consistente, ficando confirmada a aplicabilidade deste meio como



ferramenta de operacionalização, tanto em termos de eficiência distributiva, como de instrumento de indução permanente ao uso racional da água;

- os resultados do processo iterativo, obtido na Simulação 2, apontam para a prática do subsídio cruzado indireto como indicador e meio mais forte da aplicabilidade do modelo proposto, em termos de eficiência econômica;

- utilizando o Cadastro de Usos e Usuários existente, apesar das adaptações feitas, considerada a realidade atual da região da bacia hidrográfica do rio Santa Maria-RS e sob o exclusivo aspecto da escassez quantitativa de água no ambiente, pode ser admitido que o modelo de gestão proposto possibilita a definição do preço público unitário diferenciado, para a garantia de ter e pelo uso da água disponível no ambiente, para cada usuário e tipo de uso;

- pela análise do impacto da cobrança, realizada nas Simulações 2 e 4, constata-se que a agregação das contribuições financeiras necessárias à garantia de ter água, pela construção de barragens e ao custeio dos serviços de provisão, levariam à queda da rentabilidade e à conseqüente inviabilização da atividade orizícola na região estudada.

- para a aplicação do modelo proposto em situações reais é importante, complementarmente, verificar as condições de contorno para as peculiaridades de cada universo de usuários da água, o que pode ser realizado através da análise de sensibilidade.

Um aspecto que ficou claro para o autor, na fase de estruturação do problema do caso estudado, foi o inequívoco entendimento dos objetivos da aplicação ao caso real, por parte dos decisores.

Ao concluir o trabalho, o autor reconhece que, a par do entusiasmo, trata-se apenas de mais uma pesquisa acadêmica, cuja conclusão está limitada à realidade da região da bacia

hidrográfica do rio Santa Maria-RS e à interpretação, entendida como consenso, da visão de um grupo restrito de decisores (para as circunstâncias de um contexto decisório do momento).

Ao longo da pesquisa, alguns caminhos foram sinalizados como bastante promissores para o aprofundamento, podendo ser destacados os que seguem:

- a prática de estruturação de problemas complexos, com o uso de mapas cognitivos para a construção da Hierarquia de Objetivos, com variados níveis de qualificação dos decisores, em muito contribuiria para a confirmação da confiabilidade e consistência desta metodologia;

- a comparação dos resultados da estruturação de um problema complexo, em especial a fixação das percepções primárias e a Hierarquia dos Objetivos, concomitantemente e de forma isolada por mais de um facilitador, poderia indicar o nível de influência de cada um deles, também podendo servir como indicador da validade da metodologia;

- a concepção e características da entidade gestora do fundo proposto para fins de custeio, manutenção e reposição dos sistemas de irrigação constitui uma questão polêmica a ser estruturada, mas fundamental para a implementação da cobrança como instrumento de gestão na região da bacia hidrográfica estudada;

- como o modelo proposto, fundamentado na busca da eficiência do uso da água, aponta para a prática de subsídios cruzados como meio para o alcance da eficiência econômica, configura-se, neste aspecto, um importante assunto para novas pesquisas;

- seria interessante desenvolver a modelagem multicritério com agregação multiplicativa, correlacionando os resultados com os obtidos pela formulação aditiva proposta nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, F.; BELTON, V. Managing corporate knowledge experiences with SODA and VISA. *British Journal of Management*, Chichester, v. 5, n. 3, p. 163-176, Sept. 1994.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil*. Brasília: TODA, 2002.
- AZEVEDO, L. G.; BALTAR, A. M.; FREITAS, P. A experiência internacional. In: THAME, A. C. M. (Org.). *A cobrança pelo uso da água no Brasil*. São Paulo: IQUAL, 2000. p. 19-28.
- BALARINE, O. F. O. (Org.) *Projeto rio Santa Maria: a cobrança como instrumento de gestão das águas*. Porto Alegre: Edipucrs, 2000.
- BANA E COSTA, C. A. *Structuration construction et exploitation d'un modele multicritère d'aide à la decision*. 1992. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1992.
- BANA E COSTA, C. A. As três convicções fundamentais na prática do apoio à decisão. *Revista Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, jun. 1993.
- BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. Application of the Macbeth approach in the framework of additive aggregation model. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Chichester, v. 6, n. 2, p. 107-114, Mar. 1997.
- BARBOSA, P. S. F. O emprego da análise multiobjetivo no gerenciamento dos recursos hídricos. *A Água em Revista*, Belo Horizonte, v. 5, n. 8, p. 42-46, mar. 1997.
- BAUMOL, W. J.; OATES, W. E. The use of standards and prices for protection of the environment. *Swedish Journal of Economics*, Stockholm, v. 73, n. 1, p. 42-54, Mar. 1971.
- BEEKMAN, G. B.; KETTELHUT, J. T. Recursos hídricos: um mundo em conflito. *ABRH boletim*, n. 43, mar./abr. 1991.

BENAYOUN, J.; MONTGOLFIER, J.; TERGNY, J. Linear programming with multiple objective functions: step method (STEM). *Mathematical Programming*, Amsterdam, v. 1, n. 3, p. 366-375, Dec. 1971.

BOUGON, M. G. Congregate cognitive maps: a unified dynamic theory of organization and strategy. *Journal of Management Studies*, Oxford, v. 29, n. 3, p. 369-389, May 1992.

BOUYSSOU, D. Building criteria: a prerequisite for MCDA. In: BANA E COSTA, C. A. (Ed.). *Readings in multiple criteria decision aid*. Berlin: Springer, 1990. p. 58-82.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. A. A preference ranking organization method. *Management Science*, Linthicum, v. 31, n. 6, p. 647-656, June 1985.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Legislativo, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Seção 1, p. 470.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Legislativo, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Seção 1, p. 1.

CAMACHO, L. M.; PAULUS, P. B. The role of social anxiousness in group brainstorming. *Journal of Personality and Social Psychology*, Arlington, v. 68, n. 6, p. 1071-1080, Dec. 1995.

CAMPOS, J. N. B.; SOUZA FILHO, F. A. A gestão das águas no estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 1995, Recife; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. *Anais...* Recife: ABRH, 1995. p. 63-67.

CÁNEPA, E. M. Economia do meio ambiente e dos recursos naturais. In: SOUZA, N. J. (Coord.). *Introdução à economia*. São Paulo: Atlas, 1996. p. 413-438.

CÁNEPA, E. M. Fundamentos econômico-ambientais da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. In: BALARINE, O. F. O. (Coord). *Projeto rio Santa Maria: a cobrança como instrumento de gestão das águas*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000. p. 43-62.

CÁNEPA, E. M.; GRASSI, L. A. T. Estado e meio ambiente: o caso das águas no Rio Grande do Sul. *ADVERSO – Revista da Associação de Docentes da UFRGS*, Porto Alegre, v. 5, n. 7, p. 73-77, jul. 1995.

CÁNEPA, E.; GRASSI, L. A. T.; CÓ, V. L. Experiência de gerenciamento dos recursos hídricos no Rio Grande do Sul. *A Água em Revista*, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 15-21, mar. 1994.

CARRERA-FERNANDEZ, J. Economia do meio ambiente: cobrança e preços ótimos pelo uso poluição da água de mananciais. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 28, n. 3, p. 249-277, jul./set. 1997.

CEIVAP. Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. *Deliberação 03/2001*. São Paulo: CEIVAP, 2001.

CHAPLIN, J. P. *Dictionary of psychology*. New York: Dell, 1985.

CHARNES, A.; COOPER, N. *Management models and industrial applications of linear programming*. New York: John Wiley, 1961.

CHECKLAND, P. B. *Systems thinking: systems practice*. London: John Wiley & Sons, 1993.

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

COHON, J. L.; MARKS, D. H. A review and evaluation of multiobjective programming techniques. *Water Resources Research*, Washington, v. 11, n. 2, p. 208-220, Apr. 1975.

CONEJO, J. G. L. O sistema paulista de gerenciamento de recursos hídricos e a cobrança pelo uso da água. In: THAME, A. C. M. (Org.). *A cobrança pelo uso da água no Brasil*. São Paulo: IQUAL, 2000. p. 127-152.

CORDEIRO NETTO, O. M. Estimativa do valor econômico da água: uma discussão teórica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 1995, Recife; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. *Anais...* Recife: ABRH, 1995. v. 3, p. 45-49.

CORDEIRO NETTO, O. M.; COIMBRA, R. M. Elementos de comparação da gestão da água em países da Europa e no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 1995, Recife; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. *Anais...* Recife: ABRH, 1995. p. 57-62.

COSSETTE, P.; AUDET, M. Mapping of a idiosyncratic schema. *Journal of Management Studies*, Oxford, v. 29, n. 3, p. 325-348, May 1992.

DAVID, L.; DUCKSTEIN, L. Multi-criterion ranking of alternative long-range water resources systems. *Water Resources Bulletin*, Herndon, v. 12, n. 4, p. 731-754, Apr. 1976.

DE BONO, E. O. *O pensamento lateral*. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 1995.

DOUROJEANNI, A. La gestión del agua e las cuencas en América Latina. *Revista de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, Santiago, n. 53, p. 111-127, agosto 1994.

DUCKSTEIN, L.; OPRICOVIC, S. Multiobjective optimization in river basin development. *Water Resources Research*, Washington, v. 16, n. 1, p. 14-20, Feb. 1980.

EDEN, C. Cognitive mapping. *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 1-13, July 1988.

EDEN, C. Using cognitive mapping for strategic options development and analysis (SODA). In: ROSENHEAD, J. (Ed.). *Rational analysis for a problematic world*. Chichester: Wiley, 1989. p. 21-42.

EDEN, C.; ACKERMANN, F. *Making strategy*. London: SAGE, 1998.

EDEN, C.; JONES, S.; SIMS, D. *Messing about problems*. Oxford: Pergamon, 1983.

ENSSLIN, L. et al. *Metodologias multicritério em apoio à decisão*. Santa Catarina: LabMCDA/UFSC, 1998.

FERRAZ, A. R. G.; BRAGA, B. P. F. Modelo decisório para outorga do direito de uso da água no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre: ABRH, v. 3, n. 1, p. 5-30, mar. 1998.

FIOL, C. M.; HUFF, A. S. Maps for managers: where are we? where do we go from here? *Journal of Management Studies*, Oxford, v. 29, n. 3, p. 267-286, May 1992.

FUNDAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO ADMINISTRATIVO. *Cobrança do uso da água*: relatório final. São Paulo: DAEE/FUNDAP, 1993.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS. *Estudo do princípio usuário-pagador nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Doce: cálculo da tarifa média e simulações: relatório final*. São Paulo: FIPE/DNAEE, 1997.

GARRIDO, R. Considerações sobre a formação de preços para a cobrança pelo uso da água no Brasil. In: THAME, A. C. M. (Org.). *A cobrança pelo uso da água no Brasil*. São Paulo: IQUAL, 2000. p. 57-92.

GERSHON, M.; DUCKSTEIN, L.; MCANIFF, R. Multiobjective river basin planning with qualitative criteria. *Water Resources Research*, Washington, v. 18, n. 2, p. 193-202, June 1982.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1991.

GOBBETTI, L. C. *Análise multiobjetivo aplicada ao planejamento de sistemas de recursos hídricos*. 1993. 132 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1993.

GOODWIN, P.; WRIGHT, G. *Decision analysis for management judgement*. Chichester: Wiley, 1991.

GRANZIERA, M. L. M. Outorgas de direito de uso da água e a política de recursos hídricos do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 1995, Recife; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. *Anais...* Recife: ABRH, 1995.

GRASSI, L. A. *Algumas idéias sobre o gerenciamento dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica*. Porto Alegre: CORSAN, 1993. 8 p. Digitado.

HAIMES, Y. Y.; HALL, W. A. Multiobjectives in water resources systems analysis: the surrogate worth trade-off method. *Water Resources Research*, Washington, v. 10, n. 4, p. 615-624, Aug. 1974.

HALL, W. A.; DRACUP, J. A. *Water resources systems engineering*. New York: McGraw-Hill, 1970.

HAMMOND, J. S.; KEENEY, R.; RAIFFA, H. *Decisões inteligentes*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

HARBOE, R. Multiobjective decision making techniques for reservoir operation. *Water Resources Bulletin*, Herndon, v. 28, n. 1, p. 103-110, Jan./Feb. 1992.

HIPEL, K. W. Multiple objective decision making. *Water Resources Bulletin*, Herndon, v. 28, n. 1, p. 3-12, Jan./Feb. 1992.

HIPEL, K. W. et. al. (Ed.). *Multiple objective decision making in water resources*. Cape Town: South Africa, 1992.

HIPEL, K. W.; MCLEOD, A. I. *Time series modelling of water resources and environmental systems*. Amsterdam: Elsevier, 1992.

HOLZ, H. *Estratégia de equilíbrio entre a busca de benefícios privados e os custos sociais gerados pelas sociedades agrícolas familiares: um método multicritérios de avaliação e planejamento de microbacias hidrográficas*. 1999. 2 v. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Centro Tecnológico, UFSC, Florianópolis, 1999.

HUBER, G. P.; SAHNEY, V.; FORD, D. A study of subjective evaluation models. *Behavioral Science*, Baltimore, v. 14, n. 6, p. 483-489, Nov./Dec. 1969.

HUFF, A. *Mapping strategic thought*. New York: Wiley, 1990.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. *Características da lavoura irrigada-safra 1999/2000*. Porto Alegre: IRGA, 2000.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. *Custo da irrigação do arroz*. Porto Alegre: IRGA, 2002. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2003.

KEEFER, D. L.; KIRKWOOD, C. W. A multiobjective decision analysis: budget planning for product engineering. *Journal of Operational Research Society*, Birmingham, v. 29, n. 5, p. 435-442, 1978.

KEENEY, R. L. *Value-focused thinking: a path creative decision making*. Cambridge: Harvard University, 1992.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. *Decision with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. New York: John Wiley & Sons, 1976.



KEENEY, R. L.; WOOD, E. F. An illustrative example of the use of multiattribute utility theory of water resources planning. *Water Resources Research*, Washington, v. 13, n. 4, p. 705-712, Aug. 1977.

KELLY, G. *The psychology of personal constructs*. New York: Norton, 1955.

KELMAN, J. Outorga e cobrança de recursos hídricos: bases conceituais. In: THAME, A. C. M. (Org.). *A cobrança pelo uso da água no Brasil*. São Paulo: IQUAL, 2000. p. 93-113.

KIRKWOOD, C. W. *Strategic decision making: multiobjective decision analysis with spreadsheets*. Belmont: Duxbury, 1997.

KNEESE, A.; BOWER, B. T. *Managing water quality, economics, technology, institutions*. London: Johns Hopkins, 1968.

LACORTE, A. C.; DAMÁZIO, J. M. Gestão dos recursos hídricos e planejamento territorial: as experiências no gerenciamento de bacias hidrográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 1995, Recife; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. *Anais...* Recife: ABRH, 1995. p. 91-95.

LANNA, A. E. L. *Cobrança pelo uso da água: reflexões a respeito de sua aplicação no Brasil*. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1995.

LANNA, A. E. L. *Estudos para cobrança pelo uso da água bruta no Estado do Ceará: simulação tarifária para a bacia do rio Curu: relatório nº 1*. Governo do Estado do Ceará/Secretaria dos Recursos Hídricos/Projeto de Desenvolvimento Urbano (PROURB)/Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH). Fortaleza: COGERH, 1994.

LANNA, A. E. L. *Gestão das águas*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1996a. (no prelo).

LANNA, A. E. L. Gestão dos recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: UFRGS, 1993. p. 734-743.

LANNA, A. E. L. *Instrumentos econômicos de gestão ambiental*. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1996b. Notas do autor.

LANNA, A. E. L. Introdução. In: PORTO, R. L. (Org.). *Técnicas quantitativas para o gerenciamento dos recursos hídricos*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1997. p. 16-20.

LANNA, A. E. L. Sistemas de gestão de recursos hídricos: análise de alguns arranjos institucionais. In: *Ciência e Ambiente*. Santa Maria: UFSM, n. 21, p. 21-56, jul./dez. 2000.

LANNA, A. E. L.; BELTRAME, L.; GIASSON, F. *Análise econômica preliminar da viabilidade de irrigação da região de Barra do Garças-MT*. [Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1990]. Trabalho apresentado no Symposium on Hydrology and Water Management of the Amazon Basin, Manaus.

LANNA, A. E. L.; CÂNEPA, E. M.; PEREIRA, J. S. O princípio usuário-pagador e a legislação de recursos hídricos do estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 2., 1997, São Paulo. *Anais...*São Paulo: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 1997. p. 1-22.

LOUCKS, D. P.; SPEDINGER, J. R.; HATH, D. A. *Water resource systems planning and analysis*. New Jersey: Prentice-Hall, 1981.

LYPSEI, R. G.; LANCASTER, K. J. The general theory of the second best. *Review of Economic studies*, Oxford, v. 24, n. 63, p. 11-32, Jan. 1957.

MAASS, A. et al. *Design of water-resources systems*. Cambridge: Harvard University, 1962.

MACEDO, H. P. Experiência do estado do Ceará. In: THAME, A. C. M. (Org.). *A cobrança pelo uso da água no Brasil*. São Paulo: IQUAL, 2000. p. 29-32.

MADEIRA, M. M.; LANNA, A. E. L. A autoavaliação de um comitê de gerenciamento de bacia hidrográfica: o caso Santa Maria (RS) *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre: ABRH, v. 5, n. 4, p. 25-39, out./dez. 2000.

MAGALHÃES, P. *Regulamentação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil: Projeto de Lei nº 6979*. Brasília: Câmara dos Deputados, 2002.

MARTINEZ JÚNIOR, F. Princípio usuário-pagador e desenvolvimento sustentável: bases conceituais. In: THAME, A. C. M. (Org.). *A cobrança pelo uso da água no Brasil*. São Paulo: IQUAL, 2000. p. 115-124.

MARTINEZ JÚNIOR, F.; BRAGA, B. P. F. O princípio usuário-pagador e o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 1995, Recife; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. *Anais...* Recife: ABRH, 1995. v. 3, p. 85-90.

MATURANA, H. *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Belo Horizonte: UFMG, 2001.

MENEGHETTI NETO, A. Considerações sobre precificação da água. In: BALARINE, O. F. (Org.). *Projeto Santa Maria: a cobrança como instrumento de gestão das águas*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000. p. 63-67.

MESTRE, J. F.; CARVALHO, J. M.; SERRALHEIRO, R. P. Engenharia dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 1995, Recife; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. *Anais...* Recife: ABRH, 1995. v. 3.

MONTIBELLER NETO, G. N. *Mapas cognitivos: uma ferramenta de apoio à estruturação de problemas*. 1996. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, UFSC, Santa Catarina, 1996.

NECK, C. P.; MANZ, C. C. From groupthinking to teamthinking: toward the creation of constructive thought pattern in self-managing work teams. *Human Relations*, New York, v. 47, n. 8, p. 929-951, Aug. 1994.

PEARCE, D. W. *Cost-benefit analysis*. London: Macmillan: 1986.

PEREIRA, J. S.; LANNA, A. E. L. Análise de critério de outorga dos direitos de uso da água. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 3., 1996, Salvador. *Anais ...* Salvador: ABRH, 1996. p. 343-348.

PEREIRA, J. S.; LANNA, A. E. L.; CÁNEPA, E. M. Desenvolvimento de um sistema de apoio à cobrança da água: aplicação à bacia do rio dos Sinos, RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre: ABRH, v. 4, n. 1, p. 77-101, jan./mar. 1999.

PIGOU, A. *The economic welfare*. Londres: Macmillan, 1960.

PORTO, R. L.; AZEVEDO, L. G. T. *Técnicas quantitativas para o gerenciamento dos recursos hídricos*. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

REBOUÇAS, A. País distribui mal a água. *Correio do Povo*, Porto Alegre, 22 jul. 2001.

RIBEIRO, M. M. R. *Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água: simulação de um caso*. 2000. Tese (Doutorado Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 39.641, de 28 de julho de 1999. Altera a composição do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria-RS. *Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 29 jul. 1999.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. *Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 31 dez. 1994.

ROSENHEAD, J. *Rational analysis for a problematic world*. New York: John Wiley & Sons, 1989.

ROY, B. Decision aid and decision making. In: BANA E COSTA, C. A. (Ed.). *Reading in multiple criteria decision aid*. Berlim: Springer, 1990. p. 17-35.

ROY, B. Decision science or decision-aid science? *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 184-203, Apr. 1993.

ROY, B. *Méthodologie d'aide à la decision*. Paris: Economica, 1985.

ROY, B. Problems and methods with multiple objective functions. *Mathematical Programming*, Amsterdam, v. 1, n. 2, p. 234-281, Nov. 1971.

ROY, B.; BOUYSSOU, D. Decision-aid: an elementary introduction with emphasis on multiple criteria. *Investigación Operativa*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2-3, p. 175-179, ago./dec. 1993.

ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. The European school of MCDA: emergence, basic features and current works. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Chichester, v. 5, n. 1, p. 22-38, Mar. 1996.

SEROA DA MOTA, R. *Utilização de critérios econômicos para a valorização da água no Brasil*. Rio de Janeiro: SEMA/GTZ, 1998.

SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, 1980.

SHAFIKE, N. G.; DUCSKSTEIN, L.; MADOCK III, T. Multicriterion analysis of groundwater contamination management. *Water Resources Bulletin*, Herndon, v. 28, n. 1, p. 33-44, Jan./Fev. 1992.

SILVA, J. A. Uso da água nos sistemas de cultivo de arroz irrigado convencional, pré-germinado e mix. *Seminário da Qualidade da Água na Lavoura do Arroz Irrigado*. Porto Alegre: FARSUL, maio/2003. Disponível em: <<http://www.farsul.org.br>>. Acesso em 11 maio 2003.

SILVEIRA, G. L. et al. Outorga para uso de recursos hídricos: aspectos políticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre: ABRH, v. 3, n. 3, p. 5-16, jul./set. 1998.

SIMONOVIC, S. P. *A systems approach to creative water resources engineering*. São Paulo: 1998. Digitado.

SOPS. (Secretaria de Obras Públicas e Saneamento do Rio Grande do Sul). *Definição de critérios para a estruturação dos valores das contribuições financeiras a serem pagas pelo uso da água para a irrigação, para a bacia hidrográfica do rio Santa Maria-RS*. Porto Alegre: SOPS-FRH/RS-PUCRS, 1998.

SOPS. (Secretaria de Obras Públicas e Saneamento do Rio Grande do Sul). *Plano de utilização dos recursos hídricos da bacia do rio Santa Maria-RS*. Porto Alegre: Secretaria de Obras, Saneamento e Habitação, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 1996.

SOPS. (Secretaria de Obras Públicas e Saneamento do Rio Grande do Sul). *Programa de recuperação e desenvolvimento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria - RS*. Porto Alegre: Secretaria de Obras Públicas, Saneamento e Habitação, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 1997.

SOUZA, M. P. A cobrança e a água com bem comum. *Revista Brasileira de Engenharia – Caderno de Recursos Hídricos*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 25-55, jun. 1995.

SOUZA FILHO, F. A. Gerenciar a água é gerenciar conflito. *ABRH Notícias*, n. 8, julho. Porto Alegre: ABRH, 2002.

TECLE, A. Selecting a multicriteria decision making technique for watershed resources management. *Water Resources Bulletin*, Herndon, v. 28, n. 1, p. 129-140, Jan./Fev. 1992.

TIETENBERG, T. H. *Environmental and natural resources economics*. New York: Harper Collins, 1992.

TURNER, K.; PEARCE, D.; BATEMAN, I. *Environmental economics*. New York: Harvester Wheatsheaf, 1994.

UNITED NATIONS. The demand of water. New York: UN, 1976. (Natural Resources, Water series, n. 3).

VAINER, C. B.; ARAÚJO, F. G. B. *Grandes projetos hidrelétricos e desenvolvimento regional*. Rio de Janeiro: Centro Ecumênico de Documentação e Informação, 1992.

WEIK, K. E. Management thought in the context of action. In: SRIVASTVA, S. (Ed.). *The executive mind*. San Francisco: Jossey-Bass, 1983. p. 221-242.

WINCKE, P. *Multicriteria decision aid*. London: John Wiley & Sons, 1993.

ZELNY, M. *Multiple criteria decision making*. Columbia: University of South Carolina, 1973.

ZIONTS, S. Bringing MCDM to the forefront of management practice. In: STEWART, T. J.; VAN DEN HONERT, R. C. (Eds.). *Trends in multicriteria decision making*. Cape Town: África do Sul. 1998.

**APÊNDICE A – MAPAS COGNITIVOS INDIVIDUAIS. ESTUDO DE CASO**

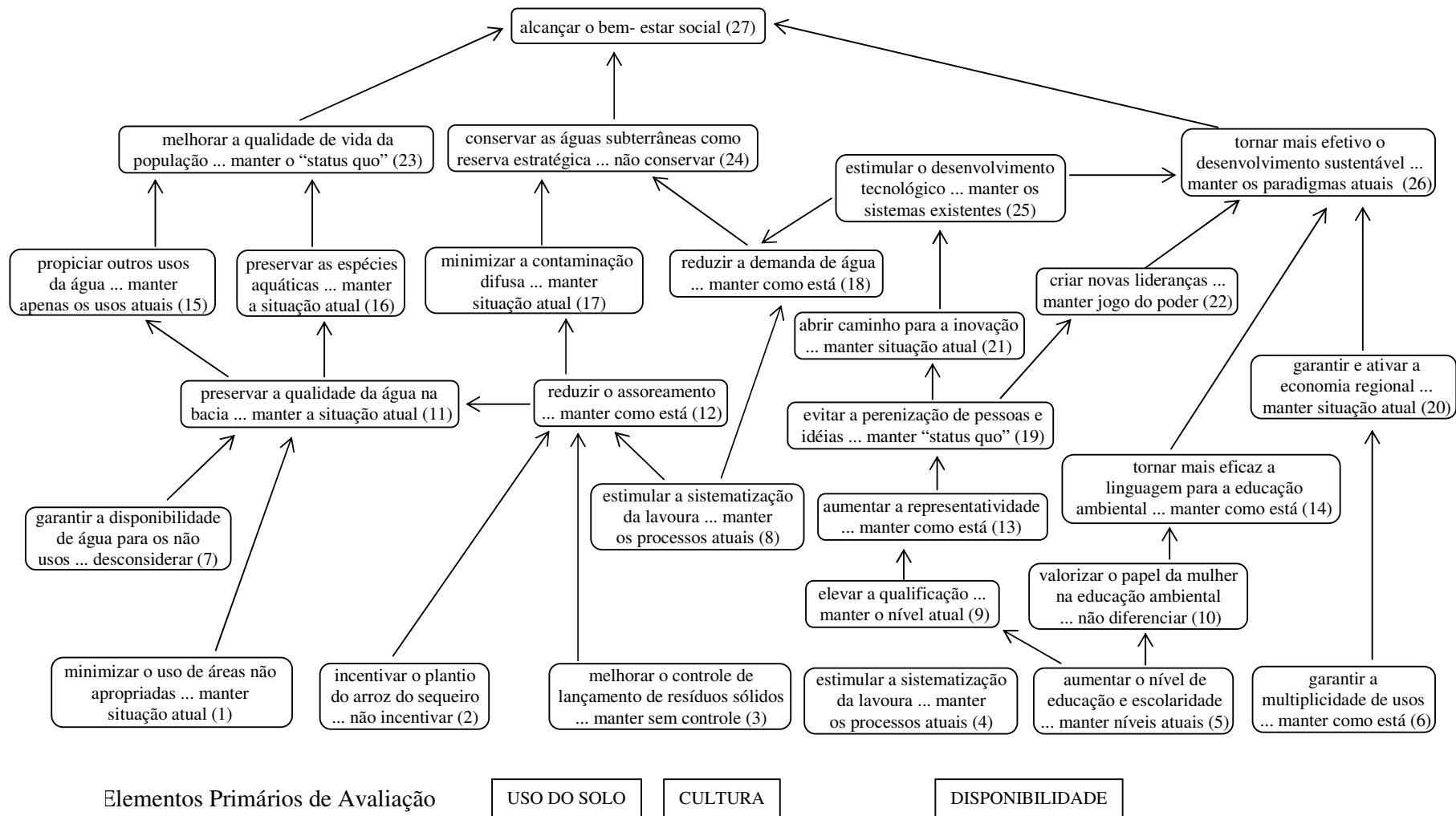


Figura A.1: Mapa cognitivo individual do Estudo de Caso. Decisor 1: Usuário - Autarquia de Saneamento: esgotamento sanitário (Grupo I)  
 Fonte: elaborada pelo autor



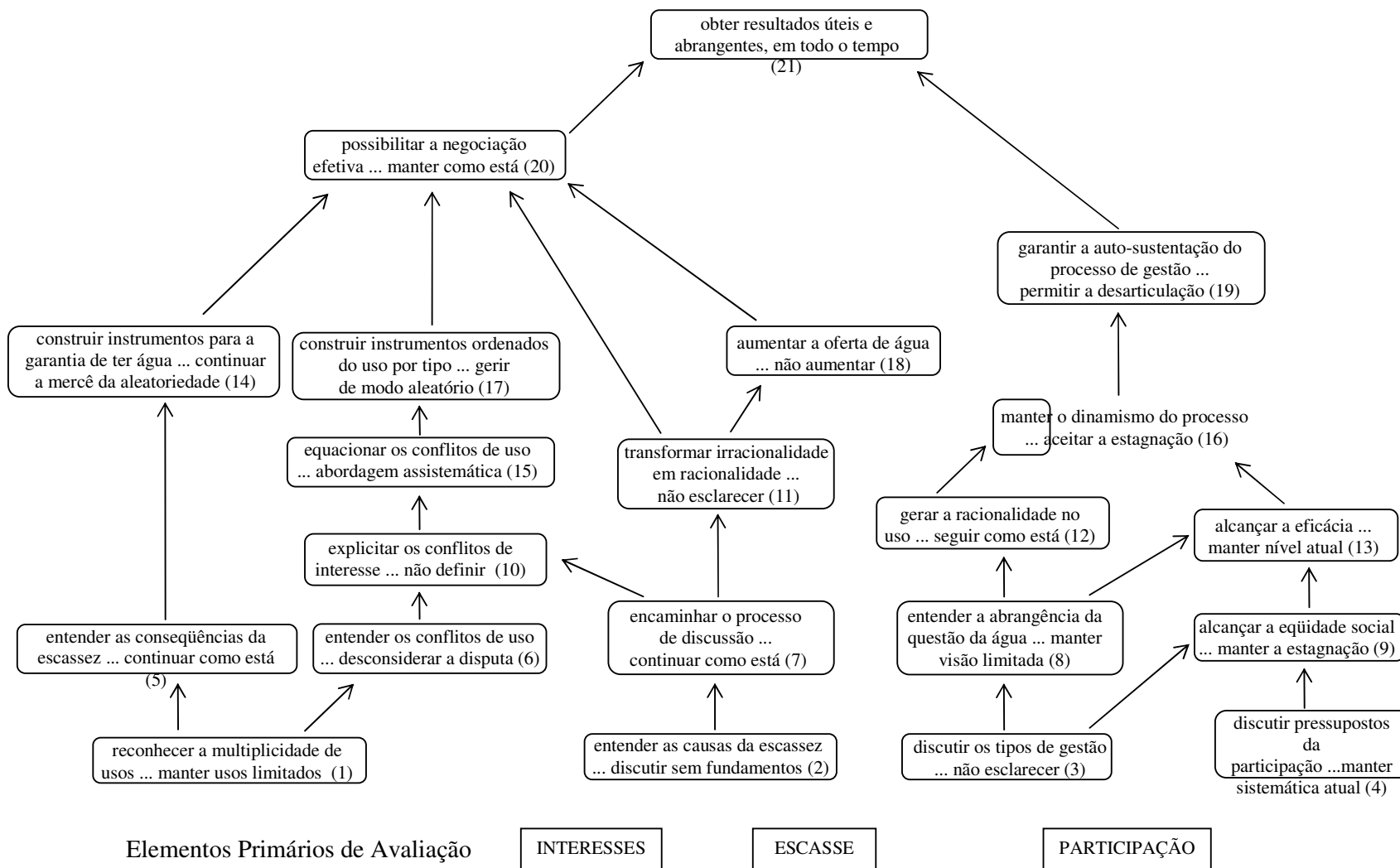


Figura A.2: Mapa cognitivo individual do Estudo de Caso. Decisor 3: Usuário - Autarquia de Saneamento: Abastecimento de Água (Grupo I)  
 Fonte: elaborada pelo autor

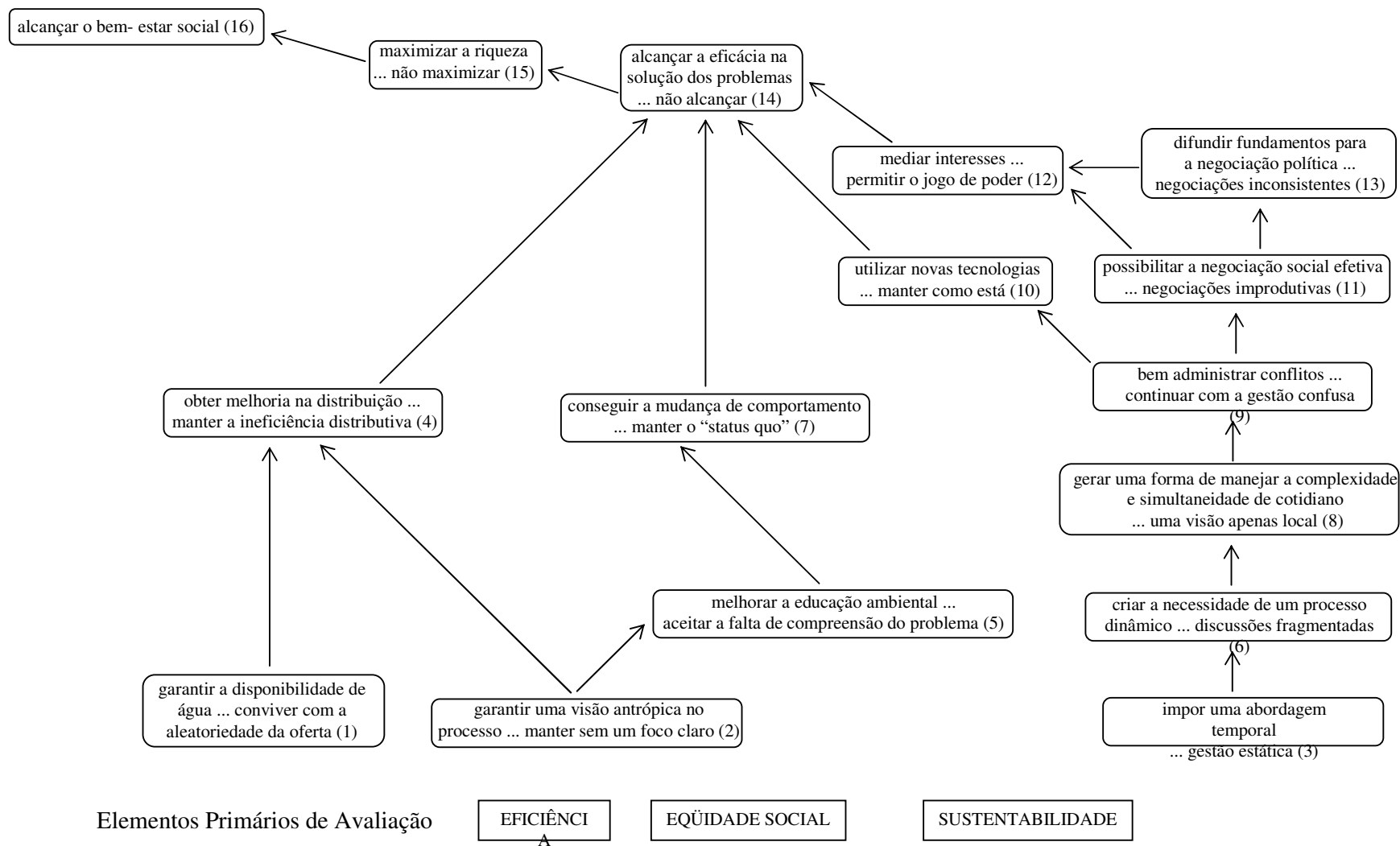


Figura A.3: Mapa cognitivo individual do Estudo de Caso. Decisor 4: Organização Não-Governamental (Grupo II)  
 Fonte: elaborada pelo autor

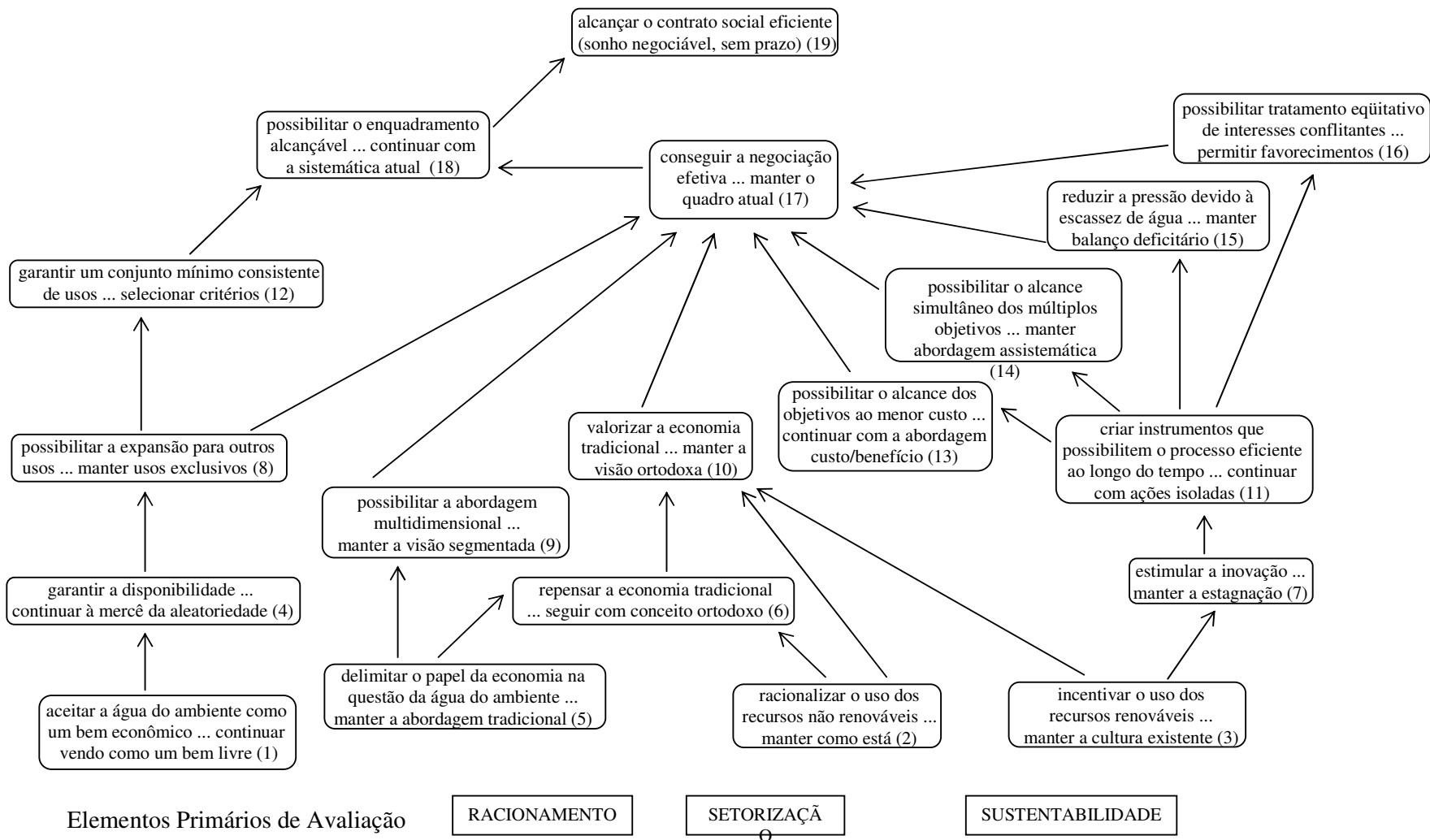
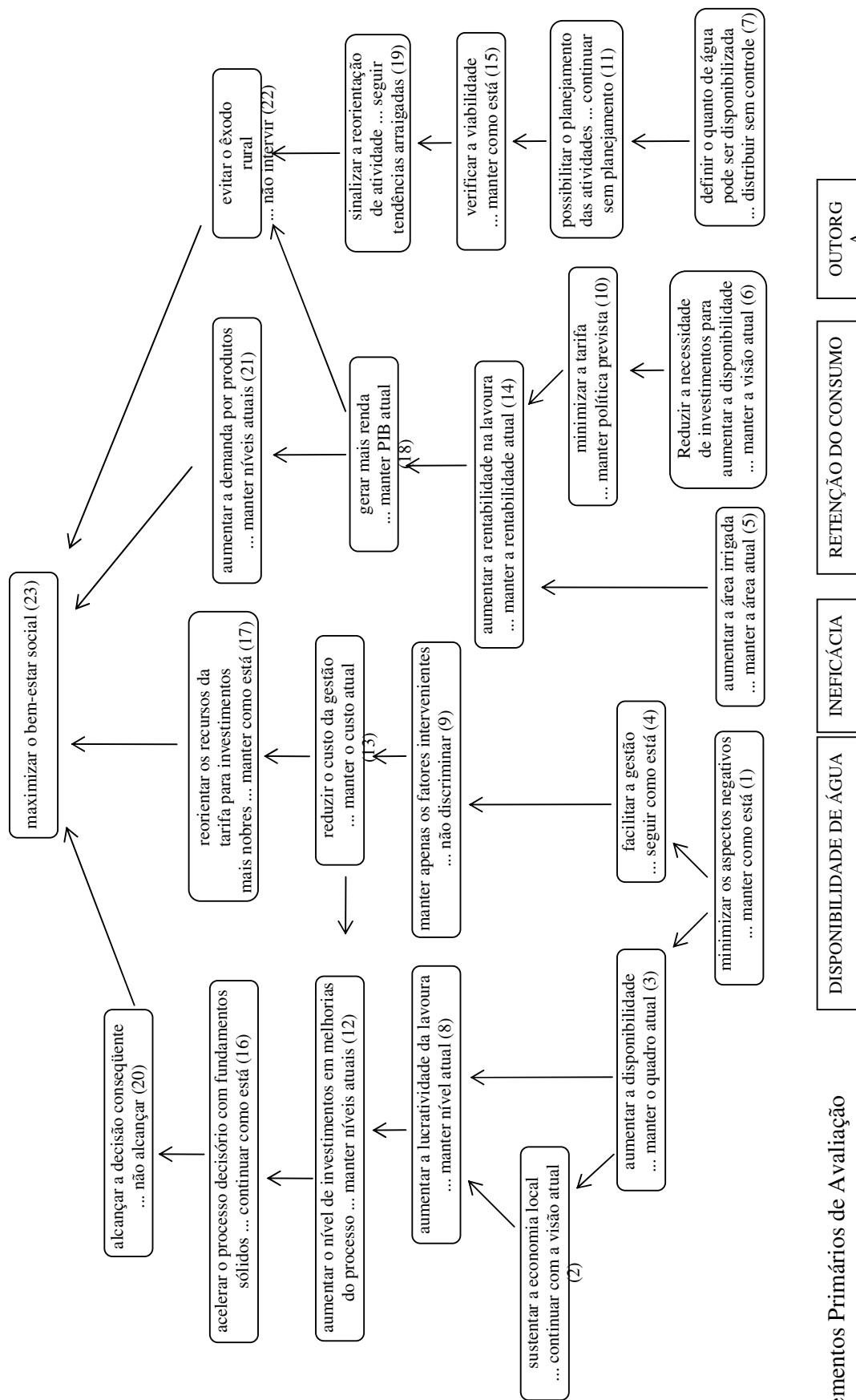


Figura A.4: Mapa cognitivo individual do Estudo de Caso. Decisor 5: Associações Técnico-Científicas (Grupo II)

Fonte: elaborada pelo autor



Elementos Primários de Avaliação

Figura A.5: Mapa cognitivo individual do Estudo de Caso. Decisor 6: Instituições de Ensino Superior (Grupo II)

Fonte: elaborada pelo autor

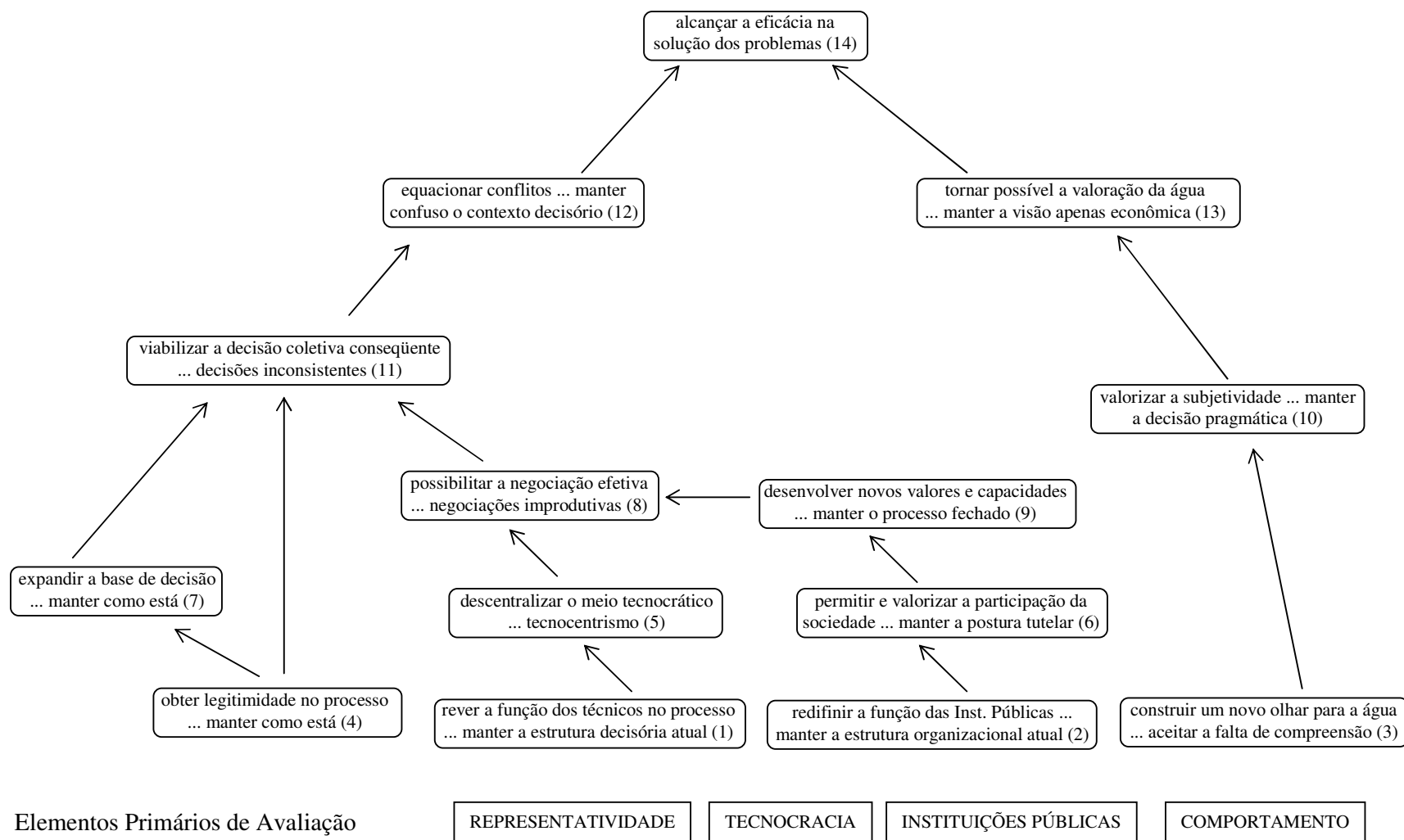


Figura A.6: Mapa cognitivo individual do Estudo de Caso. Decisor 7: Administração Direta Estadual (Grupo III)  
 Fonte: elaborada pelo autor

## APÊNDICE B - FUNÇÕES DE VALOR. ESTUDO DE CASO

Tabela B.1: Critério de avaliação C<sub>3</sub>-*taxa de irrigação*. Função de valor. Níveis *bom* e *neutro*

escalas de medidas		níveis de referência
original (m <sup>3</sup> /ha.safra)	função de valor	
0	0	<i>bom</i>
7000	20	
10000	50	
12000	70	<i>neutro</i>
15000	100	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela B.2: Critério de avaliação C<sub>4</sub>-*vazão disponibilizada*. Função de valor. Níveis *bom* e *neutro*

escalas de medidas			níveis de referência
original (m <sup>3</sup> /s)	função de valor	Ordem inversa*	
0,300	100	0	<i>bom</i>
0,200	80	20	
0,100	70	30	
0,060	50	50	
0,040	30	70	
0,030	20	80	<i>neutro</i>
0	0	100	

(\*) Para esse critério de avaliação, que opera no modelo como um *reduzidor* de tarifa, o maior é o melhor.

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela B.3: Critério de avaliação C<sub>5</sub>-*área de cultivo com arroz do sequeiro, relativo à área total cultivada*. Função de valor. Níveis *bom* e *neutro*

escalas de medidas			níveis de referência
original (%)	função de valor	ordem inversa*	
50	100	0	<i>bom</i>
40	80	20	
20	50	50	
10	25	75	<i>neutro</i>
0	0	100	

(\*) Para esse critério de avaliação, que também opera no modelo como um redutor de tarifa, o maior é o melhor.

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela B.4: Critério de avaliação C<sub>6</sub>-*carga orgânica média lançada nos mananciais*. Função de valor. Níveis *bom* e *neutro*

escalas de medidas		níveis de referência
original (kg DBO <sub>5</sub> /dia)	função de valor	
0	0	<i>bom</i>
200	10	
500	30	
1000	50	<i>neutro</i>
3000	70	
6000	80	
7000	100	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela B.5: Critério de avaliação  $C_7$ -taxa de defensivos aplicada na lavoura Função de valor. Níveis *bom* e *neutro*

escalas de medidas		níveis de referência
original (litros.safra)	função de valor	
0	0	<i>bom</i>
6,00	15	
6,50	30	
7,00	50	
7,20	70	<i>neutro</i>
7,50	100	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela B.6: Critério de avaliação  $C_8$ -vazão captada de águas subterrâneas. Função de valor. Níveis *bom* e *neutro*

escalas de medidas		níveis de referência
original ( $m^3/s$ )	função de valor	
0	0	<i>bom</i>
0,010	20	
0,025	30	
0,030	50	
0,040	80	<i>neutro</i>
0,049	100	

Fonte: elaborada pelo autor



## APÊNDICE C - FUNÇÕES DE VALOR. ESCALA TRANSFORMADA.

### ESTUDO DE CASO

Tabela C.1: Transformação de escala (*bom* e *neutro*). Critério de avaliação C<sub>3</sub>-taxa de irrigação

escala original (m <sup>3</sup> /ha.safra)	função de valor	escala transformada
0	0	-55,55
7000	25	0 ( <i>bom</i> )
10000	50	55,45
12000	70	100 ( <i>neutro</i> )
15000	100	166,45

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela C.2: Transformação de escala (*bom* e *neutro*). Critério de avaliação C<sub>4</sub>-vazão disponibilizada

escala original (m <sup>3</sup> /s)	função de valor (ordem inversa)*	escala transformada
0,300	0	-33,33
0,200	20	0 ( <i>bom</i> )
0,100	30	16,47
0,060	50	49,67
0,040	70	82,87
0,030	80	100 ( <i>neutro</i> )
0	100	132,67

\*Neste critério de avaliação, o melhor é o maior.

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela C.3: Transformação de escala (*bom e neutro*). Critério de avaliação C<sub>5</sub>-área de plantio com arroz de sequeiro, relativa à area total cultivada

<b>Escala original (%)</b>	<b>função de valor (na ordem inversa)*</b>	<b>escala transformada</b>
50	0	-36,40
40	20	0 ( <i>bom</i> )
20	50	54,60
10	70	100 ( <i>neutro</i> )
0	100	145,60

\*Neste critério de avaliação, o melhor é o maior.

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela C.4: Transformação de escala (*bom e neutro*). Critério de avaliação C<sub>6</sub>-carga orgânica média lançada nos mananciais

<b>escala original (kg/DBO<sub>5</sub>.dia)</b>	<b>função de valor</b>	<b>escala transformada</b>
0	0	-16,66
200	10	0 ( <i>bom</i> )
500	30	33,14
1000	50	66,34
3000	70	100 ( <i>neutro</i> )
6000	80	116,14
7000	100	149,34

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela C.5: Transformação de escala (*bom* e *neutro*). Critério de avaliação  $C_7$ -taxa de aplicação de defensivos na lavoura

<b>escala original (litros/ ha)</b>	<b>função de valor</b>	<b>escala transformada</b>
0	0	0 ( <i>bom</i> )
6,00	15	21,45
6,50	30	42,90
7,00	50	71,50
7,20	70	100 ( <i>neutro</i> )
7,50	100	143,00

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela C.6: Transformação de escala (*bom* e *neutro*). Critério de avaliação  $C_8$ -vazão de captação de águas subterrâneas

<b>escala original (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>função de valor</b>	<b>escala transformada</b>
0	0	0 ( <i>bom</i> )
0,010	20	40
0,025	30	60
0,030	50	100 ( <i>neutro</i> )
0,040	80	160
0,049	100	200

Fonte: elaborada pelo autor

## APÊNDICE D – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES. ESTUDO DE CASO

Tabela D.1: Simulação 1 – Resultados. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria - RS. Estudo de Caso

Custo total	Usuário	Cota de Participação	Contribuição Financeira R\$/ano
<b>R\$ 2.103.910,00</b>	Usr01	0,000957	2012,80
	Usr02	0,000947	1993,06
Prazo de execução	Usr03	0,000951	2000,08
6 meses	Usr04	0,000836	1758,08
	Usr05	0,000959	2018,52
	Usr06	0,000948	1994,48
	Usr07	0,000766	1611,91
	⋮		
	Usr447	0,000837	1761,64
	Usr448	0,001095	2303,61
	Usr449	0,000757	1591,78
	Usr450	0,001109	2333,07
	Usr451	0,001037	2182,34
	Usr452	0,001037	2182,34
	⋮		
	Usr1218	0,000951	2000,08
	Usr1219	0,000952	2003,55
	Usr1220	0,000955	2009,34
	Usr1221	0,000959	2018,03
	Usr1222	0,000949	1996,59
	Usr1223	0,000745	1568,26
	Usr1224	0,000959	2017,04
	Usr1225	0,000839	1765,64
	<b>max</b>	<b>max</b>	
		0,001196	2516,37
	<b>Min</b>	<b>min</b>	
		0,000139	290,72
	<b>Soma</b>	<b>Soma</b>	
		1,000000	2103910,00
	<b>Média</b>	<b>Média</b>	
		0,000822	1728,77

ESTRATIFICAÇÃO		
Faixas	Usuários	Percentuais
<R\$1500	325	26,5%
>R\$1500 e		
<R\$2000	383	31,3%
>R\$2000 e		
<R\$2517	517	42,2%
<b>Total</b>	<b>1225</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.2: Simulação 2 – Resultados – Construção de Represas – 251 usuários. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

Usuários	Pareto Ótimos	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (138,89 hm <sup>3</sup> -85% de Cap_Cur_Est)			
			Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )
Usr19		0,004317	32.975,40	0,32	13.132,27	0,13
Usr125		0,004151	31.709,47	0,08	12.628,12	0,03
Usr169		0,002785	21.274,25	0,06	8.472,35	0,02
Usr207	1	0,004117	31.452,41	0,13	12.525,74	0,05
Usr208		0,004121	31.477,02	0,12	12.535,54	0,05
Usr214		0,004327	33.057,53	0,45	13.164,97	0,18
Usr284		0,004329	33.070,65	0,38	13.170,20	0,15
Usr325		0,004316	32.968,68	0,43	13.129,59	0,17
Usr401	1	0,003025	23.104,66	0,10	9.201,30	0,04
Usr434	1	0,004117	31.452,41	0,13	12.525,74	0,05
Usr447		0,003822	29.199,78	0,09	11.628,65	0,04
Usr448	1	0,004744	36.235,62	0,03	14.430,63	0,01
Usr449	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr450	1	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr451	1	0,004396	33.577,13	0,04	13.371,90	0,01
Usr452	1	0,004396	33.577,13	0,04	13.371,90	0,01
Usr453		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr454	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr455	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr456		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr457	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr459		0,004334	33.105,25	0,27	13.183,98	0,11
Usr460		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr461		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr462	1	0,004346	33.202,52	0,16	13.222,72	0,06
Usr463	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr464	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr465	1	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr466		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr467		0,004333	33.097,42	0,29	13.180,86	0,11
Usr468		0,004357	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr493	1	0,004344	33.183,83	0,17	13.215,27	0,07
Usr494		0,004097	31.299,49	0,25	12.464,85	0,10
Usr495	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr496		0,004332	33.089,77	0,31	13.177,82	0,12
Usr497		0,004097	31.299,49	0,25	12.464,85	0,10
Usr498		0,004357	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr499		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr501	1	0,004556	34.800,19	0,03	13.858,98	0,01

continua

Usuários	Pareto Ótimos	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (138,89 hm3-85% de Cap_Cur_Est)			
			Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)
Usr502	1	0,004556	34.800,19	0,03	13.858,98	0,01
Usr503		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr504	1	0,004345	33.193,46	0,16	13.219,11	0,07
Usr505		0,004374	33.411,71	0,10	13.306,02	0,04
Usr506	1	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr507		0,003055	23.340,56	0,42	9.295,25	0,17
Usr508		0,004357	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr509		0,004374	33.411,71	0,10	13.306,02	0,04
Usr510		0,002822	21.558,85	0,28	8.585,69	0,11
Usr511		0,003053	23.321,99	0,60	9.287,85	0,24
Usr512	1	0,003224	24.625,87	0,04	9.807,11	0,02
Usr513	1	0,004327	33.054,40	0,04	13.163,73	0,02
Usr514	1	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr515	1	0,004556	34.800,19	0,03	13.858,98	0,01
Usr516	1	0,004024	30.740,97	0,02	12.242,42	0,01
Usr517	1	0,004597	35.116,78	0,03	13.985,06	0,01
Usr518	1	0,004405	33.651,44	0,04	13.401,50	0,01
Usr519		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr520		0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr521	1	0,004678	35.734,75	0,03	14.231,16	0,01
Usr522	1	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr523		0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr524	1	0,004323	33.021,77	0,04	13.150,73	0,02
Usr525		0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr526	1	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr536	1	0,004405	33.651,44	0,04	13.401,50	0,01
Usr537	1	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr538	1	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr539		0,004371	33.390,91	0,10	13.297,74	0,04
Usr540	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr541	1	0,004327	33.054,40	0,04	13.163,73	0,02
Usr542		0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr543	1	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02
Usr544	1	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr545		0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr546		0,004360	33.307,83	0,12	13.264,65	0,05
Usr547	1	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr651		0,004330	33.075,02	0,36	13.171,94	0,14
Usr652		0,004326	33.046,77	0,54	13.160,69	0,22
Usr747	1	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr748	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02

continua

Usuários	Pareto Ótimos	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (138,89 hm3-85% de Cap_Cur_Est)			
			Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)
Usr749	1	0,002616	19.987,15	0,01	7.959,77	0,00
Usr750		0,003149	24.053,03	0,06	9.578,98	0,02
Usr751		0,003023	23.092,71	0,09	9.196,54	0,03
Usr752	1	0,004327	33.054,40	0,04	13.163,73	0,02
Usr753		0,003158	24.124,11	0,05	9.607,29	0,02
Usr754		0,003056	23.347,01	0,38	9.297,82	0,15
Usr755		0,003171	24.224,55	0,05	9.647,29	0,02
Usr756		0,003178	24.277,17	0,05	9.668,24	0,02
Usr757	1	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02
Usr758	1	0,003185	24.331,37	0,05	9.689,83	0,02
Usr759		0,004333	33.097,42	0,29	13.180,86	0,11
Usr760		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr761	1	0,004033	30.811,43	0,16	12.270,48	0,06
Usr762		0,004380	33.455,13	0,09	13.323,32	0,04
Usr763		0,004357	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr764	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr765		0,004327	33.057,53	0,45	13.164,97	0,18
Usr766		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr767		0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr768	1	0,004344	33.183,83	0,17	13.215,27	0,07
Usr769		0,004330	33.079,76	0,34	13.173,83	0,13
Usr785	1	0,003185	24.331,37	0,05	9.689,83	0,02
Usr787		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr788	1	0,004416	33.735,31	0,07	13.434,90	0,03
Usr789	1	0,003185	24.331,37	0,05	9.689,83	0,02
Usr790		0,004357	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr791	1	0,004556	34.800,19	0,03	13.858,98	0,01
Usr792	1	0,003023	23.090,68	0,04	9.195,73	0,01
Usr793	1	0,004446	33.959,27	0,03	13.524,09	0,01
Usr794		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr795		0,003058	23.360,30	0,33	9.303,11	0,13
Usr796	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr797	1	0,004933	37.684,23	0,02	15.007,53	0,01
Usr798		0,003161	24.148,64	0,06	9.617,06	0,02
Usr799	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr800	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr801		0,004357	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr802	1	0,003042	23.236,62	0,04	9.253,85	0,01
Usr803	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr804	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr805	1	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02

continua

Usuários	Pareto Ótimos	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (138,89 hm3-85% de Cap_Cur_Est)			
			2 Amortização (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)	3 Custeio (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)
Usr806		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr807		0,003171	24.224,55	0,05	9.647,29	0,02
Usr808	1	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr809	1	0,004451	33.998,92	0,03	13.539,88	0,01
Usr810	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr811		0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr812	1	0,004646	35.492,54	0,03	14.134,70	0,01
Usr813	1	0,004527	34.580,75	0,03	13.771,59	0,01
Usr814	1	0,003015	23.030,55	0,04	9.171,79	0,02
Usr815	1	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr816	1	0,004026	30.752,84	0,01	12.247,14	0,01
Usr817	1	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr818	1	0,003023	23.090,68	0,04	9.195,73	0,01
Usr819	1	0,003047	23.274,08	0,04	9.268,77	0,01
Usr820		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr821		0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr822		0,004330	33.079,76	0,34	13.173,83	0,13
Usr823		0,004333	33.097,42	0,29	13.180,86	0,11
Usr824	1	0,003047	23.274,08	0,04	9.268,77	0,01
Usr825		0,004327	33.057,53	0,45	13.164,97	0,18
Usr826	1	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr827		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr828		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr829		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr830	1	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr831		0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr832		0,004330	33.075,02	0,36	13.171,94	0,14
Usr833		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr919	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr920		0,004330	33.079,76	0,34	13.173,83	0,13
Usr921		0,004331	33.084,42	0,32	13.175,68	0,13
Usr922	1	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr923	1	0,004344	33.183,83	0,17	13.215,27	0,07
Usr924	1	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr925	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr926		0,004333	33.097,42	0,29	13.180,86	0,11
Usr927		0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr933	1	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02
Usr934		0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr935	1	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02
Usr936		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03

continua



Usuários	Pareto Ótimos	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (138,89 hm3-85% de Cap_Cur_Est)			
			2 Amortização (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)	3 Custeio (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)
Usr937		0,004357	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr938		0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr939		0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr940		0,004370	33.384,11	0,10	13.295,03	0,04
Usr941		0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr942		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr943		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr944	1	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr945		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr946	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr947		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr948	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr949	1	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr950		0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr951		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr952	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr953		0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr954	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr955	1	0,004343	33.174,38	0,18	13.211,51	0,07
Usr956	1	0,004345	33.193,46	0,16	13.219,11	0,07
Usr957	1	0,004488	34.283,67	0,03	13.653,28	0,01
Usr958	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr959		0,004356	33.273,36	0,13	13.250,93	0,05
Usr960	1	0,004340	33.153,99	0,04	13.203,39	0,02
Usr961	1	0,004493	34.325,36	0,03	13.669,88	0,01
Usr962		0,003152	24.076,32	0,06	9.588,26	0,02
Usr963		0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr964		0,004356	33.273,36	0,13	13.250,93	0,05
Usr965		0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr966	1	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr967		0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr968	1	0,003104	23.711,02	0,03	9.442,78	0,01
Usr969	1	0,004344	33.183,83	0,17	13.215,27	0,07
Usr970		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr971		0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr972	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr973	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr974		0,004337	33.129,65	0,23	13.193,70	0,09
Usr975	1	0,004678	35.734,75	0,03	14.231,16	0,01
Usr976		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr977		0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02

continua

Usuários	Pareto Ótimos	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (138,89 hm3-85% de Cap_Cur_Est)			
			2 Amortização (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)	3 Custeio (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)
Usr978	1	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr979		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr980		0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr981		0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr982		0,003059	23.367,14	0,30	9.305,83	0,12
Usr983		0,003055	23.340,56	0,42	9.295,25	0,17
Usr984	1	0,004405	33.651,44	0,04	13.401,50	0,01
Usr985		0,005397	41.229,73	0,01	16.419,51	0,00
Usr986		0,005397	41.229,73	0,01	16.419,51	0,00
Usr987	1	0,003023	23.090,68	0,04	9.195,73	0,01
Usr988	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr989		0,004337	33.129,65	0,23	13.193,70	0,09
Usr990	1	0,004420	33.764,90	0,03	13.446,68	0,01
Usr991	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr992	1	0,004744	36.235,62	0,03	14.430,63	0,01
Usr993	1	0,004327	33.054,40	0,04	13.163,73	0,02
Usr994	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr995	1	0,004918	37.567,08	0,02	14.960,88	0,01
Usr996	1	0,004446	33.959,27	0,03	13.524,09	0,01
Usr997		0,004329	33.067,92	0,39	13.169,11	0,15
Usr998		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr999		0,003052	23.316,07	0,70	9.285,49	0,28
Usr1000		0,003853	29.434,40	0,07	11.722,08	0,03
Usr1002		0,004357	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr1003		0,004330	33.075,02	0,36	13.171,94	0,14
Usr1004		0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr1005		0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr1006		0,004096	31.287,60	0,27	12.460,11	0,11
Usr1007	1	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr1008		0,002824	21.574,10	0,24	8.591,76	0,10
Usr1009	1	0,004446	33.959,27	0,03	13.524,09	0,01
Usr1010	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr1011	1	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr1013	1	0,004343	33.174,38	0,18	13.211,51	0,07
Usr1014	1	0,004323	33.021,77	0,04	13.150,73	0,02
Usr1015	1	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr1016		0,004365	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr1017		0,004336	33.120,27	0,24	13.189,96	0,10
Usr1018	1	0,004405	33.651,44	0,04	13.401,50	0,01
Usr1019	1	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr1020	1	0,004895	37.392,74	0,02	14.891,45	0,01

continua

Usuários	Pareto Ótimos	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (138,89 hm <sup>3</sup> -85% de Cap_Cur_Est)			
			Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )
Usr1021	1	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr1022	1	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr1023	1	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr1026	1	0,004544	34.711,77	0,03	13.823,76	0,01
Usr1052	1	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr1064	1	0,003068	23.434,54	0,18	9.332,67	0,07
Usr1154		0,004352	33.247,91	0,14	13.240,79	0,05

Total	Max	Max	Max	Max	Max
251	0,005397	41.229,73	0,70	16.419,51	0,28

Min	Min	Min	Min	Min
0,002616	19.987,15	0,01	7.959,77	0,003

Média	Média	Média	Média	Média
0,003984	30.434,06	0,12	12.120,19	0,05

Soma	Soma	Soma
1,000000	R\$ 7.638.950,00	R\$ 3.042.168,56

## Base de Cálculo

## Contribuição Financeira Anual

Amortização 5 anos	Custeio
R\$ 38.194.750,00	
R\$ 7.638.950,00	R\$ 3.042.168,56

1. Volume Armazenado = vazão armazenada (24,113m <sup>3</sup> /s) x 100 dias x 16h/dia x 3600s/h ÷ 1000000 hm <sup>3</sup>
2. Amortização = R\$ 275000/hm <sup>3</sup> armazenado, pagamento em 5 anos (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2002; SOPS, 1996)
3. Custeio = operação, manutenção e reposição para irrigação das lavouras 16h/dia – R\$ 11,35/h (Diesel 27,1%, Elétrico 15,2%, Natural 57,7%) (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2002) para 100ha irrigados x 0,85 (100 dias)
4. $\frac{\text{Receita Bruta}}{\text{Volume d'água/safra}} = \frac{\text{área de cultivo} \times 106,6 \text{ sacas/ha (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2002)} \times \text{R\$ 35,00/saca (EMATER/RS, 2003)}}{\text{vazão (m}^3\text{/s)} \times 100 \text{ dias} \times 57600 \text{ s/dia}}$

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.2.1: Simulação 2 – Impacto da Cobrança – 251 usuários. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>Usuários</b>	<b>4</b>	<b>Impacto da</b>	<b>Impacto da</b>
<b>Sigla</b>	<b>Receita Bruta/m3</b>	<b>Cobrança</b>	<b>Cobrança</b>
		<b>(Custeio)</b>	<b>(Amortização)</b>
Usr19	0,96	0,13	0,33
Usr125	1,81	0,02	0,04
Usr169	0,96	0,03	0,06
Usr207	1,81	0,03	0,07
Usr208	1,83	0,03	0,06
Usr214	0,20	0,88	2,22
Usr284	0,76	0,20	0,49
Usr325	0,96	0,18	0,44
Usr401	0,96	0,04	0,10
Usr434	1,81	0,03	0,07
Usr447	FALSO	FALSO	FALSO
Usr448	0,48	0,02	0,05
Usr449	0,48	0,04	0,09
Usr450	0,48	0,02	0,05
Usr451	0,48	0,03	0,08
Usr452	0,48	0,03	0,08
Usr453	0,48	0,09	0,22
Usr454	0,48	0,03	0,06
Usr455	0,48	0,04	0,09
Usr456	0,48	0,09	0,22
Usr457	0,48	0,18	0,44
Usr459	0,48	0,22	0,55
Usr460	0,48	0,09	0,22
Usr461	0,48	0,09	0,22
Usr462	0,48	0,13	0,33
Usr463	0,48	0,03	0,06
Usr464	0,48	0,03	0,06
Usr465	0,48	0,02	0,05
Usr466	0,48	0,09	0,22
Usr467	0,48	0,24	0,59
Usr468	0,48	0,10	0,25
Usr493	0,48	0,14	0,36
Usr494	3,67	0,03	0,07
Usr495	0,48	0,18	0,44
Usr496	0,48	0,25	0,63
Usr497	4,40	0,02	0,06
Usr498	0,48	0,10	0,25
Usr499	0,48	0,09	0,22
Usr501	0,48	0,02	0,06

continua

<b>Usuários</b>	<b>4</b>	<b>Impacto da</b>	<b>Impacto da</b>
<b>Sigla</b>	<b>Receita Bruta/m3</b>	<b>Cobrança</b>	<b>Cobrança</b>
		<b>(Custeio)</b>	<b>(Amortização)</b>
Usr502	0,48	0,02	0,06
Usr503	0,48	0,07	0,18
Usr504	0,48	0,14	0,34
Usr505	0,48	0,08	0,20
Usr506	0,48	0,12	0,30
Usr507	4,72	0,04	0,09
Usr508	0,48	0,10	0,25
Usr509	0,48	0,08	0,20
Usr510	4,34	0,03	0,06
Usr511	5,79	0,04	0,10
Usr512	0,48	0,04	0,09
Usr513	0,48	0,03	0,08
Usr514	0,48	0,02	0,05
Usr515	0,48	0,02	0,06
Usr516	0,48	0,01	0,04
Usr517	0,48	0,02	0,06
Usr518	0,48	0,03	0,07
Usr519	0,48	0,07	0,18
Usr520	0,48	0,35	0,89
Usr521	0,48	0,02	0,06
Usr522	0,48	0,03	0,07
Usr523	0,48	0,05	0,12
Usr524	0,48	0,03	0,09
Usr525	0,48	0,05	0,12
Usr526	0,48	0,02	0,06
Usr536	0,48	0,03	0,07
Usr537	0,48	0,03	0,07
Usr538	0,48	0,02	0,05
Usr539	0,48	0,08	0,21
Usr540	0,48	0,03	0,06
Usr541	0,48	0,03	0,08
Usr542	0,48	0,21	0,52
Usr543	0,48	0,03	0,08
Usr544	0,48	0,03	0,07
Usr545	0,48	0,21	0,52
Usr546	0,48	0,10	0,24
Usr547	0,48	0,02	0,06
Usr651	0,48	0,29	0,74
Usr652	1,84	0,12	0,30
Usr747	0,48	0,02	0,06
Usr748	0,48	0,04	0,09

continua

<b>Usuários</b>	<b>4</b>	<b>Impacto da</b>	<b>Impacto da</b>
<b>Sigla</b>	<b>Receita Bruta/m3</b>	<b>Cobrança</b>	<b>Cobrança</b>
		<b>(Custeio)</b>	<b>(Amortização)</b>
Usr749	0,48	0,01	0,02
Usr750	0,48	0,05	0,12
Usr751	0,96	0,04	0,09
Usr752	0,48	0,03	0,08
Usr753	0,48	0,05	0,11
Usr754	4,30	0,04	0,09
Usr755	0,48	0,04	0,11
Usr756	0,48	0,04	0,10
Usr757	0,48	0,03	0,08
Usr758	0,48	0,04	0,10
Usr759	0,48	0,24	0,59
Usr760	0,48	0,07	0,18
Usr761	5,79	0,01	0,03
Usr762	0,48	0,07	0,19
Usr763	0,48	0,10	0,25
Usr764	0,48	0,18	0,44
Usr765	0,76	0,24	0,59
Usr766	0,48	0,07	0,18
Usr767	0,48	0,35	0,89
Usr768	0,48	0,14	0,36
Usr769	0,76	0,18	0,44
Usr785	0,48	0,04	0,10
Usr787	0,48	0,07	0,18
Usr788	0,26	0,10	0,26
Usr789	0,48	0,04	0,10
Usr790	0,48	0,10	0,25
Usr791	0,48	0,02	0,06
Usr792	0,48	0,03	0,08
Usr793	0,48	0,03	0,07
Usr794	0,48	0,07	0,18
Usr795	3,63	0,04	0,09
Usr796	0,48	0,04	0,09
Usr797	0,48	0,02	0,05
Usr798	0,48	0,05	0,12
Usr799	0,48	0,18	0,44
Usr800	0,48	0,04	0,09
Usr801	0,48	0,10	0,25
Usr802	0,48	0,03	0,07
Usr803	0,48	0,03	0,06
Usr804	0,48	0,04	0,09
Usr805	0,48	0,03	0,08

continua

<b>Usuários</b>	<b>4</b>	<b>Impacto da</b>	<b>Impacto da</b>
<b>Sigla</b>	<b>Receita Bruta/m3</b>	<b>Cobrança</b>	<b>Cobrança</b>
		<b>(Custeio)</b>	<b>(Amortização)</b>
Usr806	0,48	0,09	0,22
Usr807	0,48	0,04	0,11
Usr808	0,48	0,03	0,07
Usr809	0,48	0,03	0,07
Usr810	0,48	0,03	0,06
Usr811	0,48	0,04	0,11
Usr812	0,48	0,02	0,06
Usr813	0,48	0,03	0,06
Usr814	0,48	0,03	0,08
Usr815	0,48	0,02	0,06
Usr816	0,48	0,01	0,03
Usr817	0,48	0,03	0,07
Usr818	0,48	0,03	0,08
Usr819	0,48	0,03	0,07
Usr820	0,48	0,07	0,18
Usr821	0,48	0,04	0,11
Usr822	0,76	0,18	0,44
Usr823	0,48	0,24	0,59
Usr824	0,48	0,03	0,07
Usr825	0,76	0,24	0,59
Usr826	0,48	0,12	0,30
Usr827	0,48	0,09	0,22
Usr828	0,48	0,09	0,22
Usr829	0,48	0,09	0,22
Usr830	0,48	0,12	0,30
Usr831	0,48	0,35	0,89
Usr832	0,48	0,29	0,74
Usr833	0,48	0,07	0,18
Usr919	0,48	0,18	0,44
Usr920	0,76	0,18	0,44
Usr921	0,73	0,18	0,44
Usr922	0,48	0,12	0,30
Usr923	0,48	0,14	0,36
Usr924	0,48	0,12	0,30
Usr925	0,48	0,03	0,06
Usr926	0,48	0,24	0,59
Usr927	0,48	0,35	0,89
Usr933	0,48	0,03	0,08
Usr934	0,48	0,05	0,12
Usr935	0,48	0,03	0,08
Usr936	0,48	0,07	0,18

continua

<b>Usuários</b>	<b>4</b>	<b>Impacto da</b>	<b>Impacto da</b>
<b>Sigla</b>	<b>Receita Bruta/m3</b>	<b>Cobrança</b>	<b>Cobrança</b>
		<b>(Custeio)</b>	<b>(Amortização)</b>
Usr937	0,48	0,10	0,25
Usr938	0,48	0,04	0,11
Usr939	0,48	0,21	0,52
Usr940	0,48	0,08	0,21
Usr941	0,48	0,04	0,11
Usr942	0,48	0,07	0,18
Usr943	0,48	0,07	0,18
Usr944	0,48	0,03	0,07
Usr945	0,48	0,09	0,22
Usr946	0,48	0,03	0,06
Usr947	0,48	0,07	0,18
Usr948	0,48	0,03	0,06
Usr949	0,48	0,03	0,07
Usr950	0,48	0,05	0,12
Usr951	0,48	0,07	0,18
Usr952	0,48	0,18	0,44
Usr953	0,48	0,35	0,89
Usr954	0,48	0,18	0,44
Usr955	0,48	0,15	0,37
Usr956	0,48	0,14	0,34
Usr957	0,48	0,03	0,07
Usr958	0,48	0,04	0,09
Usr959	0,48	0,10	0,26
Usr960	0,48	0,03	0,08
Usr961	0,48	0,03	0,07
Usr962	0,48	0,05	0,12
Usr963	0,48	0,07	0,18
Usr964	0,48	0,10	0,26
Usr965	0,48	0,21	0,52
Usr966	0,48	0,03	0,07
Usr967	0,48	0,05	0,12
Usr968	0,48	0,03	0,07
Usr969	0,48	0,14	0,36
Usr970	0,48	0,09	0,22
Usr971	0,48	0,04	0,11
Usr972	0,48	0,18	0,44
Usr973	0,48	0,18	0,44
Usr974	0,76	0,12	0,30
Usr975	0,48	0,02	0,06
Usr976	0,48	0,09	0,22
Usr977	0,48	0,04	0,11

continua



<b>Usuários</b>	<b>4</b>	<b>Impacto da</b>	<b>Impacto da</b>
<b>Sigla</b>	<b>Receita Bruta/m3</b>	<b>Cobrança</b>	<b>Cobrança</b>
		<b>(Custeio)</b>	<b>(Amortização)</b>
Usr978	0,48	0,18	0,44
Usr979	0,48	0,09	0,22
Usr980	0,48	0,05	0,12
Usr981	0,48	0,05	0,12
Usr982	3,37	0,04	0,09
Usr983	3,51	0,05	0,12
Usr984	0,48	0,03	0,07
Usr985	0,48	0,01	0,02
Usr986	0,48	0,01	0,02
Usr987	0,48	0,03	0,08
Usr988	0,48	0,03	0,06
Usr989	0,76	0,12	0,30
Usr990	0,48	0,03	0,07
Usr991	0,48	0,04	0,09
Usr992	0,48	0,02	0,05
Usr993	0,48	0,03	0,08
Usr994	0,48	0,03	0,06
Usr995	0,48	0,02	0,05
Usr996	0,48	0,03	0,07
Usr997	0,48	0,32	0,81
Usr998	0,48	0,09	0,22
Usr999	7,87	0,04	0,09
Usr1000	FALSO	FALSO	FALSO
Usr1002	0,48	0,10	0,25
Usr1003	0,48	0,29	0,74
Usr1004	0,48	0,05	0,12
Usr1005	0,48	0,21	0,52
Usr1006	3,89	0,03	0,07
Usr1007	0,48	0,03	0,07
Usr1008	3,29	0,03	0,07
Usr1009	0,48	0,03	0,07
Usr1010	0,48	0,04	0,09
Usr1011	0,48	0,02	0,05
Usr1013	0,48	0,15	0,37
Usr1014	0,48	0,03	0,09
Usr1015	0,48	0,03	0,07
Usr1016	0,48	0,09	0,22
Usr1017	0,81	0,12	0,30
Usr1018	0,48	0,03	0,07
Usr1019	0,48	0,02	0,06
Usr1020	0,48	0,02	0,05

continua

Usuários	4 Receita Bruta/m3	Impacto da Cobrança	Impacto da Cobrança
Sigla		(Custeio)	(Amortização)
Usr1021	0,48	0,03	0,06
Usr1022	0,48	0,03	0,07
Usr1023	0,48	0,04	0,09
Usr1026	0,48	0,03	0,06
Usr1052	0,48	0,03	0,07
Usr1064	1,79	0,04	0,10
Usr1154	0,76	0,07	0,18

**Receita Bruta/m3      Impacto (custeio)      Impacto Amortização**

Média	Média	Média
0,74	0,08	0,21

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.2.2: Simulação 2 – Estratificação do Custeio de Operação, Manutenção e Reposição – 251 Usuários. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>ESTRATIFICAÇÃO (Custeio R\$/m<sup>3</sup>)</b>		
<b>Faixas (Média R\$ 0,05/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Usuários</b>	<b>Percentuais</b>
<0,01	13	5,2%
>0,01 e <0,02	89	35,5%
>0,02 e <0,03	23	9,2%
>0,03 e <0,04	23	9,2%
>0,04 e 0,075	47	18,6%
>0,075	56	22,3%
<b>Total</b>	<b>251</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.2.3: Simulação 2 – Estratificação do Impacto do Custeio de Operação, Manutenção e Reposição – 251 Usuários. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>ESTRATIFICAÇÃO (Impacto do Custeio)</b>		
<b>Faixas (Média 0,08)</b>	<b>Usuários</b>	<b>Percentual</b>
<0,05	143	57,0%
>0,05 e <0,08	18	7,0%
>0,08 e <0,10	19	8,0%
>0,10	71	28,0%
<b>Total</b>	<b>251</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.3: Simulação 2 – Resultados – Construção de Represas. 129 Usuários Pareto – Ótimos. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

Usuários Pareto	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (100,25 hm <sup>3</sup> -85% de Cap_Cur_Est)			
		Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )
Ótimos	Rateio				
Usr207	0,004117	31.452,41	0,13	12.525,74	0,05
Usr401	0,003025	23.104,66	0,10	9.201,30	0,04
Usr434	0,004117	31.452,41	0,13	12.525,74	0,05
Usr448	0,004744	36.235,62	0,03	14.430,63	0,01
Usr449	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr450	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr451	0,004396	33.577,13	0,04	13.371,90	0,01
Usr452	0,004396	33.577,13	0,04	13.371,90	0,01
Usr454	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr455	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr457	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr462	0,004346	33.202,52	0,16	13.222,72	0,06
Usr463	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr464	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr465	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr493	0,004344	33.183,83	0,17	13.215,27	0,07
Usr495	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr501	0,004556	34.800,19	0,03	13.858,98	0,01
Usr502	0,004556	34.800,19	0,03	13.858,98	0,01
Usr504	0,004345	33.193,46	0,16	13.219,11	0,07
Usr506	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr512	0,003224	24.625,87	0,04	9.807,11	0,02
Usr513	0,004327	33.054,40	0,04	13.163,73	0,02
Usr514	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr515	0,004556	34.800,19	0,03	13.858,98	0,01
Usr516	0,004024	30.740,97	0,02	12.242,42	0,01
Usr517	0,004597	35.116,78	0,03	13.985,06	0,01
Usr518	0,004405	33.651,44	0,04	13.401,50	0,01
Usr521	0,004678	35.734,75	0,03	14.231,16	0,01
Usr522	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr524	0,004323	33.021,77	0,04	13.150,73	0,02
Usr526	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr536	0,004405	33.651,44	0,04	13.401,50	0,01
Usr537	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr538	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr540	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr541	0,004327	33.054,40	0,04	13.163,73	0,02
Usr543	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02

continua

Usuários Pareto	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (100,25 hm <sup>3</sup> -85% de Cap_Cur_Est)			
		Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )
Ótimos	Rateio				
Usr544	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr547	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr747	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr748	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr752	0,004327	33.054,40	0,04	13.163,73	0,02
Usr757	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02
Usr758	0,003185	24.331,37	0,05	9.689,83	0,02
Usr761	0,004033	30.811,43	0,16	12.270,48	0,06
Usr764	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr768	0,004344	33.183,83	0,17	13.215,27	0,07
Usr785	0,003185	24.331,37	0,05	9.689,83	0,02
Usr788	0,004416	33.735,31	0,07	13.434,90	0,03
Usr789	0,003185	24.331,37	0,05	9.689,83	0,02
Usr791	0,004556	34.800,19	0,03	13.858,98	0,01
Usr792	0,003023	23.090,68	0,04	9.195,73	0,01
Usr793	0,004446	33.959,27	0,03	13.524,09	0,01
Usr796	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr797	0,004933	37.684,23	0,02	15.007,53	0,01
Usr799	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr800	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr802	0,003042	23.236,62	0,04	9.253,85	0,01
Usr803	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr804	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr805	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02
Usr808	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr809	0,004451	33.998,92	0,03	13.539,88	0,01
Usr810	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr812	0,004646	35.492,54	0,03	14.134,70	0,01
Usr813	0,004527	34.580,75	0,03	13.771,59	0,01
Usr814	0,003015	23.030,55	0,04	9.171,79	0,02
Usr815	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr816	0,004026	30.752,84	0,01	12.247,14	0,01
Usr817	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr818	0,003023	23.090,68	0,04	9.195,73	0,01
Usr819	0,003047	23.274,08	0,04	9.268,77	0,01
Usr824	0,003047	23.274,08	0,04	9.268,77	0,01
Usr826	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr830	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr919	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr922	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr923	0,004344	33.183,83	0,17	13.215,27	0,07

continua

Usuários Pareto	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (100,25 hm <sup>3</sup> -85% de Cap_Cur_Est)			
		Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )
Ótimos	Rateio				
Usr924	0,004350	33.231,23	0,14	13.234,15	0,06
Usr925	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr933	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02
Usr935	0,003014	23.020,06	0,04	9.167,61	0,02
Usr944	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr946	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr948	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr949	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr952	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr954	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr955	0,004343	33.174,38	0,18	13.211,51	0,07
Usr956	0,004345	33.193,46	0,16	13.219,11	0,07
Usr957	0,004488	34.283,67	0,03	13.653,28	0,01
Usr958	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr960	0,004340	33.153,99	0,04	13.203,39	0,02
Usr961	0,004493	34.325,36	0,03	13.669,88	0,01
Usr966	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr968	0,003104	23.711,02	0,03	9.442,78	0,01
Usr969	0,004344	33.183,83	0,17	13.215,27	0,07
Usr972	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr973	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr975	0,004678	35.734,75	0,03	14.231,16	0,01
Usr978	0,004338	33.138,37	0,21	13.197,17	0,09
Usr984	0,004405	33.651,44	0,04	13.401,50	0,01
Usr987	0,003023	23.090,68	0,04	9.195,73	0,01
Usr988	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr990	0,004420	33.764,90	0,03	13.446,68	0,01
Usr991	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr992	0,004744	36.235,62	0,03	14.430,63	0,01
Usr993	0,004327	33.054,40	0,04	13.163,73	0,02
Usr994	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr995	0,004918	37.567,08	0,02	14.960,88	0,01
Usr996	0,004446	33.959,27	0,03	13.524,09	0,01
Usr1007	0,003057	23.350,14	0,03	9.299,06	0,01
Usr1009	0,004446	33.959,27	0,03	13.524,09	0,01
Usr1010	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr1011	0,004883	37.300,01	0,02	14.854,52	0,01
Usr1013	0,004343	33.174,38	0,18	13.211,51	0,07
Usr1014	0,004323	33.021,77	0,04	13.150,73	0,02
Usr1015	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr1018	0,004405	33.651,44	0,04	13.401,50	0,01

continua

Usuários Pareto	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (100,25 hm <sup>3</sup> -85% de Cap_Cur_Est)			
		Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )
Ótimos	Rateio				
Usr1019	0,004704	35.932,50	0,03	14.309,91	0,01
Usr1020	0,004895	37.392,74	0,02	14.891,45	0,01
Usr1021	0,003126	23.880,94	0,03	9.510,45	0,01
Usr1022	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr1023	0,003204	24.473,78	0,05	9.746,54	0,02
Usr1026	0,004544	34.711,77	0,03	13.823,76	0,01
Usr1052	0,004499	34.367,31	0,03	13.686,59	0,01
Usr1064	0,003068	23.434,54	0,18	9.332,67	0,07

Max	Max	Max	Max	Max
0,004933	37684,23	0,214110	15007,53	0,09

Min	Min	Min	Min	Min
0,002616	19987,15	0,01	7959,77	0,003

Média	Média	Média	Média	Média
0,003948	30155,63	<b>0,07</b>	12009,31	<b>0,03</b>

Soma	Soma	Soma
0,509242	R\$ 3.809.076,03	R\$ 1.549.200,74

1. Volume Armazenado = vazão armazenada (17,405m <sup>3</sup> /s) x 100 dias x 16h/dia x 3600s/h ÷ 1000000 hm <sup>3</sup>
2. Amortização = R\$ 275000/hm <sup>3</sup> armazenado, pagamento em 5 anos (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2002; SOPs, 1996)
3. Custeio = operação, manutenção e reposição para irrigação das lavouras 16h/dia – R\$ 11,35/h (Diesel 27,1%, Elétrico 15,2%, Natural 57,7%) (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2002) para 100 ha irrigados x 0,85 (100 dias)
4. $\frac{\text{Receita Bruta}}{\text{Volume d'água/safra}} = \frac{\text{área de cultivo} \times 106,6 \text{ sacas/ha (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2002)} \times \text{R\$ } 35,00/\text{saca (EMATER/RS, 2003)}}{\text{vazão (m}^3/\text{s)} \times 100 \text{ dias} \times 57600 \text{ s/dia}}$

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.3.1: Simulação 2 – Impacto da Cobrança – 129 Usuários Pareto Ótimos.  
Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>Usuários Sigla</b>	<b>4 Receita Bruta/m3</b>	<b>Impacto da Cobrança (Custeio)</b>	<b>Impacto da Cobrança (Amortização)</b>
Usr207	1,81	0,03	0,07
Usr401	0,96	0,04	0,10
Usr434	1,81	0,03	0,07
Usr448	0,48	0,02	0,05
Usr449	0,48	0,04	0,09
Usr450	0,48	0,02	0,05
Usr451	0,48	0,03	0,08
Usr452	0,48	0,03	0,08
Usr454	0,48	0,03	0,06
Usr455	0,48	0,04	0,09
Usr457	0,48	0,18	0,44
Usr462	0,48	0,13	0,33
Usr463	0,48	0,03	0,06
Usr464	0,48	0,03	0,06
Usr465	0,48	0,02	0,05
Usr493	0,48	0,14	0,36
Usr495	0,48	0,18	0,44
Usr501	0,48	0,02	0,06
Usr502	0,48	0,02	0,06
Usr504	0,48	0,14	0,34
Usr506	0,48	0,12	0,30
Usr512	0,48	0,04	0,09
Usr513	0,48	0,03	0,08
Usr514	0,48	0,02	0,05
Usr515	0,48	0,02	0,06
Usr516	0,48	0,01	0,04
Usr517	0,48	0,02	0,06
Usr518	0,48	0,03	0,07
Usr521	0,48	0,02	0,06
Usr522	0,48	0,03	0,07
Usr524	0,48	0,03	0,09
Usr526	0,48	0,02	0,06
Usr536	0,48	0,03	0,07
Usr537	0,48	0,03	0,07
Usr538	0,48	0,02	0,05
Usr540	0,48	0,03	0,06
Usr541	0,48	0,03	0,08
Usr543	0,48	0,03	0,08
Usr544	0,48	0,03	0,07

continua

<b>Usuários Sigla</b>	<b>4 Receita Bruta/m3</b>	<b>Impacto da Cobrança (Custeio)</b>	<b>Impacto da Cobrança (Amortização)</b>
Usr547	0,48	0,02	0,06
Usr747	0,48	0,02	0,06
Usr748	0,48	0,04	0,09
Usr752	0,48	0,03	0,08
Usr757	0,48	0,03	0,08
Usr758	0,48	0,04	0,10
Usr761	5,79	0,01	0,03
Usr764	0,48	0,18	0,44
Usr768	0,48	0,14	0,36
Usr785	0,48	0,04	0,10
Usr788	0,26	0,10	0,26
Usr789	0,48	0,04	0,10
Usr791	0,48	0,02	0,06
Usr792	0,48	0,03	0,08
Usr793	0,48	0,03	0,07
Usr796	0,48	0,04	0,09
Usr797	0,48	0,02	0,05
Usr799	0,48	0,18	0,44
Usr800	0,48	0,04	0,09
Usr802	0,48	0,03	0,07
Usr803	0,48	0,03	0,06
Usr804	0,48	0,04	0,09
Usr805	0,48	0,03	0,08
Usr808	0,48	0,03	0,07
Usr809	0,48	0,03	0,07
Usr810	0,48	0,03	0,06
Usr812	0,48	0,02	0,06
Usr813	0,48	0,03	0,06
Usr814	0,48	0,03	0,08
Usr815	0,48	0,02	0,06
Usr816	0,48	0,01	0,03
Usr817	0,48	0,03	0,07
Usr818	0,48	0,03	0,08
Usr819	0,48	0,03	0,07
Usr824	0,48	0,03	0,07
Usr826	0,48	0,12	0,30
Usr830	0,48	0,12	0,30
Usr919	0,48	0,18	0,44
Usr922	0,48	0,12	0,30
Usr923	0,48	0,14	0,36
Usr924	0,48	0,12	0,30
Usr925	0,48	0,03	0,06

continua



<b>Usuários Sigla</b>	<b>4 Receita Bruta/m3</b>	<b>Impacto da Cobrança (Custeio)</b>	<b>Impacto da Cobrança (Amortização)</b>
Usr933	0,48	0,03	0,08
Usr935	0,48	0,03	0,08
Usr944	0,48	0,03	0,07
Usr946	0,48	0,03	0,06
Usr948	0,48	0,03	0,06
Usr949	0,48	0,03	0,07
Usr952	0,48	0,18	0,44
Usr954	0,48	0,18	0,44
Usr955	0,48	0,15	0,37
Usr956	0,48	0,14	0,34
Usr957	0,48	0,03	0,07
Usr958	0,48	0,04	0,09
Usr960	0,48	0,03	0,08
Usr961	0,48	0,03	0,07
Usr966	0,48	0,03	0,07
Usr968	0,48	0,03	0,07
Usr969	0,48	0,14	0,36
Usr972	0,48	0,18	0,44
Usr973	0,48	0,18	0,44
Usr975	0,48	0,02	0,06
Usr978	0,48	0,18	0,44
Usr984	0,48	0,03	0,07
Usr987	0,48	0,03	0,08
Usr988	0,48	0,03	0,06
Usr990	0,48	0,03	0,07
Usr991	0,48	0,04	0,09
Usr992	0,48	0,02	0,05
Usr993	0,48	0,03	0,08
Usr994	0,48	0,03	0,06
Usr995	0,48	0,02	0,05
Usr996	0,48	0,03	0,07
Usr1007	0,48	0,03	0,07
Usr1009	0,48	0,03	0,07
Usr1010	0,48	0,04	0,09
Usr1011	0,48	0,02	0,05
Usr1013	0,48	0,15	0,37
Usr1014	0,48	0,03	0,09
Usr1015	0,48	0,03	0,07
Usr1018	0,48	0,03	0,07
Usr1019	0,48	0,02	0,06
Usr1020	0,48	0,02	0,05
Usr1021	0,48	0,03	0,06

continua

<b>Usuários Sigla</b>	<b>4 Receita Bruta/m3</b>	<b>Impacto da Cobrança (Custeio)</b>	<b>Impacto da Cobrança (Amortização)</b>
Usr1022	0,48	0,03	0,07
Usr1023	0,48	0,04	0,09
Usr1026	0,48	0,03	0,06
Usr1052	0,48	0,03	0,07
Usr1064	1,79	0,04	0,10
<hr/>			
<b>Média</b>		<b>Média</b>	<b>Média</b>
<b>0,74</b>		<b>0,08</b>	<b>0,21</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.3.2: Simulação 2 – Estratificação do Custeio de Operação, Manutenção e Reposição – 129 Usuários Pareto Ótimos. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>ESTRATIFICAÇÃO (Custeio R\$/m3)</b>		
<b>Faixas (média = R\$ 0,03/m3)</b>	<b>Usuários</b>	<b>Percentuais</b>
<0,01	11	9,0%
>0,01 e <0,02	88	68,0%
>0,02	30	23,0%
<b>Total</b>	<b>129</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.3.3: Simulação 2 – Estratificação do Impacto do Custeio de Operação, Manutenção e Reposição – 129 Usuários Pareto Ótimos. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>ESTRATIFICAÇÃO (Impacto do Custeio)</b>		
<b>Faixas (média = 0,08)</b>	<b>Usuários</b>	<b>Percentuais</b>
<0,05	104	80,0%
>0,05 e <0,10	1	0,8%
>0,10 e <0,12	6	5,0
>0,12 e <0,15	9	7,0%
>0,15	10	7,2%
<b>Total</b>	<b>129</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.4: Simulação 2 – Resultados – Construção de Represas. 122 Usuários Não Eficientes. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

Usuários Não- Eficientes	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (38,64 hm <sup>3</sup> -85% de Cap_Cur_Est)			
		Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )
Usr19	0,004317	32.975,40	0,32	13.132,27	0,13
Usr125	0,004151	31.709,47	0,08	12.628,12	0,03
Usr169	0,002785	21.274,25	0,06	8.472,35	0,02
Usr208	0,004121	31.477,02	0,12	12.535,54	0,05
Usr214	0,004322	33.057,53	0,45	13.164,97	0,18
Usr284	0,004324	33.070,65	0,38	13.170,20	0,15
Usr325	0,004316	32.968,68	0,43	13.129,59	0,17
Usr447	0,003823	29.199,78	0,09	11.628,65	0,04
Usr453	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr456	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr459	0,004334	33.105,25	0,27	13.183,98	0,11
Usr460	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr461	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr466	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr467	0,004333	33.097,42	0,29	13.180,86	0,11
Usr468	0,004358	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr494	0,004098	31.299,49	0,25	12.464,85	0,10
Usr496	0,004332	33.089,77	0,31	13.177,82	0,12
Usr497	0,004098	31.299,49	0,25	12.464,85	0,10
Usr498	0,004358	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr499	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr503	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr505	0,004374	33.411,71	0,10	13.306,02	0,04
Usr507	0,003056	23.340,56	0,42	9.295,25	0,17
Usr508	0,004358	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr509	0,004374	33.411,71	0,10	13.306,02	0,04
Usr510	0,002823	21.558,85	0,28	8.585,69	0,11
Usr511	0,003053	23.321,99	0,60	9.287,85	0,24
Usr519	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr520	0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr523	0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr525	0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr539	0,004372	33.390,91	0,10	13.297,74	0,04
Usr542	0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr545	0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr651	0,004330	33.307,83	0,12	13.264,65	0,05
Usr652	0,004327	33.075,02	0,36	13.171,94	0,14
Usr750	0,003149	33.046,77	0,54	13.160,69	0,22

continua

Usuários Não- Eficientes	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (38,64 hm3-85% de Cap_Cur_Est)			
		Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m3)
Usr751	0,003023	24.053,03	0,06	9.578,98	0,02
Usr753	0,003158	23.092,71	0,09	9.196,54	0,03
Usr754	0,003057	24.124,11	0,05	9.607,29	0,02
Usr755	0,003172	23.347,01	0,38	9.297,82	0,15
Usr756	0,003178	24.277,17	0,05	9.668,24	0,02
Usr759	0,004333	33.097,42	0,29	13.180,86	0,11
Usr760	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr762	0,004380	33.455,13	0,09	13.323,32	0,04
Usr763	0,004358	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr765	0,004323	33.057,53	0,45	13.164,97	0,18
Usr766	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr767	0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr769	0,004323	33.079,76	0,34	13.173,83	0,13
Usr787	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr790	0,004358	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr794	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr795	0,003058	23.360,30	0,33	9.303,11	0,13
Usr798	0,003162	24.148,64	0,06	9.617,06	0,02
Usr801	0,004358	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr806	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr807	0,003172	24.224,55	0,05	9.647,29	0,02
Usr811	0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr820	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr821	0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr822	0,004322	33.079,76	0,34	13.173,83	0,13
Usr823	0,004333	33.097,42	0,29	13.180,86	0,11
Usr825	0,004323	33.057,53	0,45	13.164,97	0,18
Usr827	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr828	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr829	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr831	0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr832	0,004330	33.075,02	0,36	13.171,94	0,14
Usr833	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr920	0,004323	33.079,76	0,34	13.173,83	0,13
Usr921	0,004323	33.084,42	0,32	13.175,68	0,13
Usr926	0,004333	33.097,42	0,29	13.180,86	0,11
Usr927	0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr934	0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr936	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr937	0,004358	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr938	0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02

continua

Usuários Não- Eficientes	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (38,64 hm <sup>3</sup> -85% de Cap_Cur_Est)			
		Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )
Usr939	0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr940	0,004371	33.384,11	0,10	13.295,03	0,04
Usr941	0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr942	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr943	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr945	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr947	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr950	0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr951	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr953	0,004328	33.060,99	0,43	13.166,35	0,17
Usr959	0,004356	33.273,36	0,13	13.250,93	0,05
Usr962	0,003152	24.076,32	0,06	9.588,26	0,02
Usr963	0,004384	33.485,42	0,09	13.335,38	0,03
Usr964	0,004356	33.273,36	0,13	13.250,93	0,05
Usr965	0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr967	0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr970	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr971	0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr974	0,004324	33.129,65	0,23	13.193,70	0,09
Usr976	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr977	0,003168	24.198,84	0,05	9.637,05	0,02
Usr979	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr980	0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr981	0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr982	0,003059	23.367,14	0,30	9.305,83	0,12
Usr983	0,003056	23.340,56	0,42	9.295,25	0,17
Usr985	0,005398	41.229,73	0,01	16.419,51	0,00
Usr986	0,005398	41.229,73	0,01	16.419,51	0,00
Usr989	0,004323	33.129,65	0,23	13.193,70	0,09
Usr997	0,004329	33.067,92	0,39	13.169,11	0,15
Usr998	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04
Usr999	0,003053	23.316,07	0,70	9.285,49	0,28
Usr1000	0,003854	29.434,40	0,07	11.722,08	0,03
Usr1002	0,004358	33.284,58	0,12	13.255,39	0,05
Usr1003	0,004330	33.075,02	0,36	13.171,94	0,14
Usr1004	0,003143	24.007,69	0,06	9.560,93	0,02
Usr1005	0,004335	33.113,26	0,25	13.187,17	0,10
Usr1006	0,004096	31.287,60	0,27	12.460,11	0,11
Usr1008	0,002825	21.574,10	0,24	8.591,76	0,10
Usr1016	0,004366	33.344,75	0,11	13.279,36	0,04

continua

Usuários Não- Eficientes	Cotas de Participação	1 ARMAZENAMENTO ÓTIMO (38,64 hm <sup>3</sup> -85% de Cap_Cur_Est)			
		Amortização <sup>2</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )	Custeio <sup>3</sup> (R\$/ano)	C. F. Marginal (R\$/m <sup>3</sup> )
Usr1017	0,004336	33.120,27	0,24	13.189,96	0,10
Usr1154	0,004324	33.247,91	0,14	13.240,79	0,05
		<b>Max</b>	<b>Max</b>	<b>Max</b>	<b>Max</b>
		R\$ 41.229,73	0,70	R\$ 16.419,51	0,28
		<b>Min</b>	<b>Min</b>	<b>Min</b>	<b>Min</b>
		R\$ 21.274,25	0,01	R\$ 8.472,35	0,004
		<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>
		R\$ 30.728,48	<b>0,19</b>	R\$ 12.237,44	<b>0,07</b>
		<b>Soma</b>	<b>Soma</b>	<b>Soma</b>	
		0,490758	R\$ 3.748.873,97	R\$ 1.492.967,82	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.4.1: Simulação 2 – Impacto da Cobrança- 122 Usuários Não Eficientes.  
Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

Usuários Sigla	4 Receita Bruta/m <sup>3</sup>	Impacto da Cobrança (Custeio)	Impacto da Cobrança (Amortização)
Usr19	0,96	0,13	0,33
Usr125	1,81	0,02	0,04
Usr169	0,96	0,03	0,06
Usr208	1,83	0,03	0,06
Usr214	0,20	0,88	2,22
Usr284	0,76	0,20	0,49
Usr325	0,96	0,18	0,44
Usr447	FALSO	FALSO	FALSO
Usr453	0,48	0,09	0,22
Usr456	0,48	0,09	0,22
Usr459	0,48	0,22	0,55
Usr460	0,48	0,09	0,22
Usr461	0,48	0,09	0,22
Usr466	0,48	0,09	0,22
Usr467	0,48	0,24	0,59
Usr468	0,48	0,10	0,25
Usr494	3,67	0,03	0,07
Usr496	0,48	0,25	0,63
Usr497	4,40	0,02	0,06
Usr498	0,48	0,10	0,25

continua

<b>Usuários</b>	<b>4</b>	<b>Impacto da</b>	<b>Impacto da</b>
<b>Sigla</b>	<b>Receita Bruta/m3</b>	<b>Cobrança</b>	<b>Cobrança</b>
		<b>(Custeio)</b>	<b>(Amortização)</b>
Usr499	0,48	0,09	0,22
Usr503	0,48	0,07	0,18
Usr505	0,48	0,08	0,20
Usr507	4,72	0,04	0,09
Usr508	0,48	0,10	0,25
Usr509	0,48	0,08	0,20
Usr510	4,34	0,03	0,06
Usr511	5,79	0,04	0,10
Usr519	0,48	0,07	0,18
Usr520	0,48	0,35	0,89
Usr523	0,48	0,05	0,12
Usr525	0,48	0,05	0,12
Usr539	0,48	0,08	0,21
Usr542	0,48	0,21	0,52
Usr545	0,48	0,21	0,52
Usr546	0,48	0,10	0,24
Usr651	0,48	0,29	0,74
Usr652	1,84	0,12	0,30
Usr750	0,48	0,05	0,12
Usr751	0,96	0,04	0,09
Usr753	0,48	0,05	0,11
Usr754	4,30	0,04	0,09
Usr755	0,48	0,04	0,11
Usr756	0,48	0,04	0,10
Usr759	0,48	0,24	0,59
Usr760	0,48	0,07	0,18
Usr762	0,48	0,07	0,19
Usr763	0,48	0,10	0,25
Usr765	0,76	0,24	0,59
Usr766	0,48	0,07	0,18
Usr767	0,48	0,35	0,89
Usr769	0,76	0,18	0,44
Usr787	0,48	0,07	0,18
Usr790	0,48	0,10	0,25
Usr794	0,48	0,07	0,18
Usr795	3,63	0,04	0,09
Usr798	0,48	0,05	0,12
Usr801	0,48	0,10	0,25
Usr806	0,48	0,09	0,22
Usr807	0,48	0,04	0,11
Usr811	0,48	0,04	0,11
Usr820	0,48	0,07	0,18
Usr821	0,48	0,04	0,11
Usr822	0,76	0,18	0,44
Usr823	0,48	0,24	0,59

continua

<b>Usuários</b>	<b>4</b>	<b>Impacto da</b>	<b>Impacto da</b>
<b>Sigla</b>	<b>Receita Bruta/m3</b>	<b>Cobrança</b>	<b>Cobrança</b>
		<b>(Custeio)</b>	<b>(Amortização)</b>
Usr825	0,76	0,24	0,59
Usr827	0,48	0,09	0,22
Usr828	0,48	0,09	0,22
Usr829	0,48	0,09	0,22
Usr831	0,48	0,35	0,89
Usr832	0,48	0,29	0,74
Usr833	0,48	0,07	0,18
Usr920	0,76	0,18	0,44
Usr921	0,73	0,18	0,44
Usr926	0,48	0,24	0,59
Usr927	0,48	0,35	0,89
Usr934	0,48	0,05	0,12
Usr936	0,48	0,07	0,18
Usr937	0,48	0,10	0,25
Usr938	0,48	0,04	0,11
Usr939	0,48	0,21	0,52
Usr940	0,48	0,08	0,21
Usr941	0,48	0,04	0,11
Usr942	0,48	0,07	0,18
Usr943	0,48	0,07	0,18
Usr945	0,48	0,09	0,22
Usr947	0,48	0,07	0,18
Usr950	0,48	0,05	0,12
Usr951	0,48	0,07	0,18
Usr953	0,48	0,35	0,89
Usr959	0,48	0,10	0,26
Usr962	0,48	0,05	0,12
Usr963	0,48	0,07	0,18
Usr964	0,48	0,10	0,26
Usr965	0,48	0,21	0,52
Usr967	0,48	0,05	0,12
Usr970	0,48	0,09	0,22
Usr971	0,48	0,04	0,11
Usr974	0,76	0,12	0,30
Usr976	0,48	0,09	0,22
Usr977	0,48	0,04	0,11
Usr979	0,48	0,09	0,22
Usr980	0,48	0,05	0,12
Usr981	0,48	0,05	0,12
Usr982	3,37	0,04	0,09
Usr983	3,51	0,05	0,12
Usr985	0,48	0,01	0,02
Usr986	0,48	0,01	0,02
Usr989	0,76	0,12	0,30
Usr997	0,48	0,32	0,81

continua



<b>Usuários</b> <b>Sigla</b>	<b>4</b> <b>Receita Bruta/m3</b>	<b>Impacto da</b> <b>Cobrança</b> <b>(Custeio)</b>	<b>Impacto da</b> <b>Cobrança</b> <b>(Amortização)</b>
Usr998	0,48	0,09	0,22
Usr999	7,87	0,04	0,09
Usr1000	FALSO	FALSO	FALSO
Usr1002	0,48	0,10	0,25
Usr1003	0,48	0,29	0,74
Usr1004	0,48	0,05	0,12
Usr1005	0,48	0,21	0,52
Usr1006	3,89	0,03	0,07
Usr1008	3,29	0,03	0,07
Usr1016	0,48	0,09	0,22
Usr1017	0,81	0,12	0,30
Usr1154	0,76	0,07	0,18
	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>
	<b>0,95</b>	<b>0,12</b>	<b>0,30</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.4.2: Simulação 2 – Estratificação do Custeio de Operação, Manutenção e Reposição – 122 Usuários Não Eficientes. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>ESTRATIFICAÇÃO (Custeio R\$/m3)</b>		
<b>Faixas</b> <b>(Média = R\$ 0,07/m3)</b>	<b>Usuários</b>	<b>Percentuais</b>
<0,01	2	1,6%
>0,01 e <0,02	1	0,8%
>0,02 e <0,03	22	18,1%
>0,03	97	79,5%
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.4.3: Simulação 2 – Estratificação do Impacto do Custeio de Operação, Manutenção e Reposição – 122 Usuários Não Eficientes. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>ESTRATIFICAÇÃO (Impacto do Custeio)</b>		
<b>Faixas</b> <b>(Média = 0,12)</b>	<b>Usuários</b>	<b>Percentuais</b>
<0,05	39	32,0%
>0,05 e <0,10	37	30,0%
>0,10 e <0,13	14	12,0%
>0,13	32	26,0%
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.5: Resultados da Simulação 3 – Inclusão de novos usuários. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

Usuários Sigla	Distâncias	Cotas de Participação	Cota anterior (85%)	Varição da Cota
Usr01	30,472402	0,000812	0,000962	-15,51
Usr02	30,173534	0,000804	0,000952	-15,51
Usr03	30,279806	0,000807	0,000956	-15,51
Usr04	26,615979	0,000710	0,000840	-15,51
Usr05	30,558871	0,000815	0,000964	-15,51
Usr06	30,194934	0,000805	0,000953	-15,51
Usr07	24,403193	0,000651	0,000770	-15,51
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Usr78	25,850023	0,000689	0,000816	-15,51
Usr79	20,600373	0,000549	0,000650	-15,51
Usr80	24,367080	0,000650	0,000769	-15,51
Usr81	17,115744	0,000456	0,000540	-15,51
Usr82	26,730441	0,000713	0,000844	-15,51
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Usr1222	30,226897	0,000806	0,000954	-15,51
Usr1223	23,742248	0,000633	0,000749	-15,51
Usr1224	30,536517	0,000814	0,000964	-15,51
Usr1225	26,730441	0,000713	0,000844	-15,51
<b>NOVOS USUÁRIOS</b>				
Usr1226	60,242297	0,001606	-	-
Usr1227	60,242297	0,001606	-	-
Usr1228	60,242297	0,001606	-	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Usr1247	60,435001	0,001611	-	-
Usr1248	60,435001	0,001611	-	-
Usr1249	60,435001	0,001611	-	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Usr1267	55,724128	0,001486	-	-
Usr1268	55,724128	0,001486	-	-
Usr1269	55,724128	0,001486	-	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Usr1324	55,716167	0,001486	-	-
Usr1325	55,716167	0,001486	-	-
Usr1326	55,716167	0,001486	-	-
<b>Max</b>	60,4350	0,0016		
<b>Min</b>	4,4013	0,0001		
<b>Soma</b>	37506,20949	1,00000		
<b>Média</b>	28,45691	0,00076		

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.6: Resultados da Simulação 4 - Custeio de operação, manutenção e reposição em barragens.  
Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

Custo total	Usuários	Cotas de Participação	Contribuição financeira R\$/ano	Contribuição financeira Marginal R\$/m3
<b>R\$ 14.724.968,81*</b>	Usr01	0,001273	18744,85	0,11
	Usr02	0,001261	18561,00	0,04
	Usr03	0,001265	18626,37	0,05
	Usr04	0,001112	16372,60	0,01
	⋮	⋮	⋮	⋮
	⋮	⋮	⋮	⋮
	Usr23	0,001080	15901,43	0,01
	Usr24	0,001264	18606,88	0,04
	Usr25	0,001116	16431,19	0,01
	Usr26	0,001263	18593,83	0,04
	Usr27	0,001117	16443,01	0,01
	Usr28	0,001268	18671,47	0,06
	Usr29	0,000715	10528,61	0,01
	Usr30	0,000861	12681,66	0,02
	Usr31	0,000870	12815,65	0,02
	Usr32	0,001267	18658,64	0,05
	Usr33	0,001265	18626,37	0,05
	⋮	⋮	⋮	⋮
	⋮	⋮	⋮	⋮
	Usr1220	0,001271	18712,61	0,08
	Usr1221	0,001276	18793,52	0,33
	Usr1222	0,001263	18593,83	0,04
	Usr1223	0,000992	14604,85	0,01
	Usr1224	0,001276	18784,29	0,24
	Usr1225	0,001117	16443,01	0,01
		<b>max</b>	<b>max</b>	<b>max</b>
		0,001281	R\$ 18.866,58	R\$ 0,33
		<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>
		0,000184	R\$ 2.707,40	R\$ 0,0002
		<b>Soma</b>	<b>Soma</b>	
		1,000000	R\$ 14.724.968,81	
		<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>
		0,001063	R\$ 15.648,21	<b>R\$ 0,05</b>

\* Fundo para custeio de operação, manutenção e reposição dos sistemas de irrigação = R\$ 0,1135/h.ha (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2002) x 16h/dia x 100 dias/safra x área total irrigada

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.6.1: Resultados da Simulação 4 – Impacto da Cobrança 941  
 Usuários. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

Usuários	Receita Bruta/m3	Impacto da Cobrança (Custeio)
Usr01	0,49	0,22
Usr02	0,49	0,07
Usr03	0,49	0,10
Usr04	0,49	0,03
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
Usr23	0,49	0,02
Usr24	0,49	0,09
Usr25	0,49	0,03
Usr26	0,49	0,08
Usr27	0,49	0,03
Usr28	0,49	0,12
Usr29	0,49	0,02
Usr30	0,49	0,03
Usr31	0,49	0,04
Usr32	0,49	0,11
Usr33	0,49	0,10
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
Usr1220	0,49	0,16
Usr1221	0,49	0,67
Usr1222	0,49	0,08
Usr1223	0,49	0,02
Usr1224	0,49	0,48
Usr1225	0,49	0,03
	Média	Média
	<b>0,52</b>	<b>0,12</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.6.2: Simulação 4 – Estratificação do Custeio de Operação, Manutenção e Reposição – 941 Usuários. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>ESTRATIFICAÇÃO (Custeio R\$/m<sup>3</sup>)</b>		
<b>Faixas (Média = R\$ 0,05/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Usuários</b>	<b>Percentuais</b>
<0,01	221	23,5%
>0,01 e <0,02	226	24,0%
>0,02 e <0,03	46	4,9%
>0,03 e <0,05	156	16,6%
>0,05	292	31,0%
<b>Total</b>	<b>941</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: elaborada do autor

Tabela D.6.3: Simulação 4 – Estratificação do Impacto do Custeio de Operação, Manutenção e Reposição – 941 Usuários. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

<b>ESTRATIFICAÇÃO (Impacto do Custeio)</b>		
<b>Faixas (Média = 0,12)</b>	<b>Usuários</b>	<b>Percentuais</b>
<0,05	499	53,0%
>0,05 e <0,07	34	3,6%
>0,07 e <0,10	111	11,8%
>0,10	297	31,6%
<b>Total</b>	<b>941</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela D.7: Resultados da Simulação 5 - Implantação e custeio do comitê de gerenciamento. Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. Estudo de Caso

Custo total		Usuários	Cotas de Participação	Contribuição financeira R\$/ano
<b>R\$</b>	<b>151.800,00</b>	Usr01	0,000957	145,23
		Usr02	0,000947	143,80
		Usr03	0,000951	144,31
		Usr04	0,000836	126,85
		Usr05	0,000959	145,64
		Usr06	0,000948	143,90
		Usr07	0,000766	116,30
		⋮	⋮	⋮
		Usr306	0,000951	144,31
		Usr307	0,000656	99,51
		Usr308	0,000253	38,40
		Usr309	0,000839	127,39
		Usr310	0,000959	145,57
		Usr311	0,000253	38,34
		Usr312	0,000958	145,42
		⋮	⋮	⋮
		Usr934	0,000678	102,85
		Usr935	0,000723	109,69
		Usr936	0,000960	145,77
		Usr937	0,000960	145,77
		Usr938	0,000678	102,85
		⋮	⋮	⋮
		Usr1219	0,000952	144,56
		Usr1220	0,000955	144,98
		Usr1221	0,000959	145,60
		Usr1222	0,000949	144,06
		Usr1223	0,000745	113,15
		Usr1224	0,000959	145,53
		Usr1225	0,000839	127,39
			<b>max</b>	<b>max</b>
			0,001196	181,56
			<b>min</b>	<b>min</b>
			0,000138	20,98
			<b>Soma</b>	<b>Soma</b>
			1,000000	151.800,00
			<b>Média</b>	<b>Média</b>
			0,000822	124,73

Fonte: elaborado pelo autor