

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS**

**UM MÉTODO DE MODELAGEM DE UM SISTEMA DE  
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GESTÃO  
DOS RECURSOS HÍDRICOS-MISGERH:  
O CASO DA BACIA DOS SINOS**

**AQUILES ARCE LAURA**

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

**Orientador** Prof. Dr. Carlos André Bulhões Mendes

**Co- Orientador** Prof. Dr. Francisco Carlos Bragança de Souza

**Banca examinadora**

Prof. Dr. Antônio Eduardo Leão Lanna

Prof. Dr. David M. L. da Motta Marques

Profa. Dra. Ellen Regina Mayhé Nunes

Prof. Dr. Paulo Maurício Selig

IPH/UFRGS

IPH/UFRGS

FACED/PUCRGS

EPS/UFSC

Porto Alegre, julho de 2004

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no 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, sob a orientação do Prof. Carlos André Bulhões Mendes e co-orientado pelo Prof. Prof. Francisco Carlos Bragança de Souza da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

### **Meu especial agradecimento:**

A Deus pelas benzas de saúde e paz.

À CAPES, pelo apoio financeiro durante todo o transcorrer do Curso.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em especial ao Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pela contribuição acadêmica.

Ao Fundo Mundial para a Natureza (WWF) pelo apoio financeiro para realizar o presente trabalho de pesquisa.

Ao Prof. Nelson O. Luna Caicedo, por me haver acolhido e orientado no início do curso e pelo seu constante apoio e cordialidade.

Ao Prof. Carlos André Bulhões Mendes, pela iniciativa aceita como orientador num momento crítico e por seu apoio permanente.

Ao Prof. Francisco Bragança de Souza, orientador firme e eficaz, pela sua motivação, seu interesse, seus significativos conselhos e cordialidade.

Ao Prof. Antônio Eduardo Leão Lanna, Prof. Joel Avruch Goldenfum, Profa. Ellen Regina Mayhé Nunes, Prof. Paulo Maurício Selig, Prof. David M. L. da Motta Marques pelas significativas sugestões e participação eficaz na avaliação do trabalho.

Ao Presidente do Comitesinos, Eng<sup>o</sup>. Paulo Renato Paim e ao Comitesinos, pelo interesse, paciência e colaboração ao longo do trabalho.

Aos demais professores do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFRGS, pela atenção e contribuição acadêmica, despertando novas idéias durante todo o transcorrer do Curso.

Ao Prof. Zander S. de Navarro, Prof. Jalcione Almeida e Prof. Sergio Schneider do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural; Prof. Flavio Comim e Profa. Maria Alice Lahorgue do Curso de Pós-Graduação em Economia; e ao Prof. João Felipe G. L Costa do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, pela aceitação nas respectivas disciplinas complementares que contribuíram ao desenvolvimento da tese.

À Nadir Solari e demais colaboradoras da secretaria do Curso de Pós-Graduação pela simpatia, paciência e cooperação logística durante o período do Curso.

À Sandra e suas colaboradoras da biblioteca do IPH, pela simpatia, apoio nas consultas bibliográficas e acabamento da tese.

Aos amigos(as) Mario, Elba, Elenice e Maristela e Maria por ter apoiado na revisão do português e a Eugene e Leticia pelo apoio moral e logisticamente.

A todos os colegas do IPH pela solidariedade e criação de um ambiente de respeito, cortesia, amizade, ética, responsabilidade e disponibilidade de apoio.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento do curso e elaboração deste trabalho.

**Dedico esse trabalho aos meus pais,  
Rita e Elias (*in memoriam*)**

## RESUMO

Um dos debates dentro a temática ambiental concentra-se sobre o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para monitorar, mensurar e avaliar a sustentabilidade do desenvolvimento. Neste contexto, o presente trabalho objetivou desenvolver um método de modelagem de um sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos, propiciando a participação dos atores sociais e visando ter maior conhecimento do problema e legitimidade do processo da gestão dos recursos hídricos numa bacia hidrográfica. Para tal, adotou-se o paradigma construtivista e foram abordados três temas: gestão ambiental, sistemas de apoio à decisão e indicadores de sustentabilidade. Esta metodologia foi aplicada, através de um estudo de caso, na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos. A proposta do sistema de indicadores congrega duas áreas de interesse: a primeira, na perspectiva dos objetivos privados - a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços, que contempla 8 *Clusters*: abastecimento público, abastecimento industrial, irrigação, criação de animais, geração de energia elétrica, navegação, aquicultura, turismo e recreação; a segunda, na perspectiva dos interesses públicos - a sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos, que contempla 4 *Clusters*: regime hidrológico, qualidade da água, estrutura "habitat", resíduos sólidos. Em suma, foram definidos um total de 238 indicadores básicos, alguns deles (88 indicadores) são partilhados entre os *Clusters*, mostrando a interação dos indicadores e dependência entre os *Clusters* setoriais do sistema de recursos hídricos. Em termos gerais, recomenda-se empregar esse método se o interesse for, além do resultado, sendo a proposta de um sistema de indicadores de sustentabilidade, também do processo de participação dos atores envolvidos para compreender a problemática dos recursos hídricos. Assim, a modelagem de um sistema de indicadores será feita sob as inter-relações da ciência, política e os valores e objetivos dos atores sociais.

**Palavras Chaves:** Gestão dos recursos hídricos, indicadores de sustentabilidade, sistema de apoio à decisão.

## ABSTRACT

One of the debates concerning environmental themes, concentrates on the development of sustainability indicators, to monitor, measure and to evaluate the sustainability of development. In this context, objective of the work is to develop a system of indicators to evaluate the sustainability of the water resources system, involving participation of the stakeholder and seeking to expand his knowledge of the problem and legitimacy of the of the water resources management process in a watershed. For this purpose, the constructivist approach was adopted and three themes were identified: environmental management, decision support system and sustainability indicators. This methodology was applied, through a case study, the Sinos watershed. The proposed system of indicators covers two areas of interest: the first, with the perspective of private objectives - the sustainability of flows of goods and services, involves 8 *Clusters*: drinking water supplies, industrial supplies, irrigation, creation of animals, generation of electric energy, navigation, aquiculture, tourism and recreation; the second, the perspective of the social-environmental interests - the sustainability of stock of the water resources, involves 4 *Clusters*: hydrologic regime, water quality, structure and geomorphology, solid waste. In short, a total of 238 basic indicators was defined, some of with (88 indicators) are shared among *Clusters*, showing the interaction of the indicators and the dependence among sector *Clusters* of the water resources system. In general terms, this method is recommended if both interest and the result, being the proposal of a sustentabilidade indicators system, enable the participating stakeholder to understand the problem of the water resources. Thus, the model for system of a indicators utilize interrelations between science, politics and the values and objectives of the stakeholder.

**Key-words:** Water resources management, sustainability indicators, decision support system.

## CONTEUDO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	V
ABSTRACT .....	VI
LISTA DE QUADROS .....	X
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE SIGLAS .....	XIII
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.2 JUSTIFICATIVA.....	5
1.3 ORIGINALIDADE, NÃO TRIVIALIDADE E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS.....	9
1.4 CONCEPÇÃO E ESTRUTURA DA PESQUISA.....	12
1.5 RESUMO DO CAPÍTULO.....	14
<b>2 GESTÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....</b>	<b>15</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	15
2.2 A QUESTÃO AMBIENTAL.....	19
2.2.1 Concepção de natureza: Cosmologias.....	19
2.2.2 A ciência diante a natureza: As ciências ambientais.....	23
2.2.2.1 Configuração da ciência moderna.....	24
2.2.2.2 A emergência da ciência ambiental.....	27
2.2.3 Movimentos sociais ambientalistas.....	29
2.2.4 Política ambiental.....	31
2.2.5 Economia e meio ambiente.....	33
2.3 DESENVOLVIMENTO, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SUSTENTABILIDADE.....	39
2.3.1 A noção de desenvolvimento.....	39
2.3.2 A noção de desenvolvimento sustentável.....	42
2.3.3 As abordagens sobre sustentabilidade.....	52
2.4 GESTÃO AMBIENTAL.....	59
2.4.1 Caracterização do meio ambiente.....	60
2.4.2 Definições e conceitos metodológicos sobre gestão ambiental.....	61
2.4.3 Instrumentos de gestão ambiental.....	68
2.5 GESTÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	73
2.5.1 Modelos de gestão de bacias hidrográficas.....	74
2.5.2 Rumo à adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental.....	77
2.6 GESTÃO DAS ÁGUAS.....	79
2.6.1 Visões mundiais sobre a água.....	80
2.6.2 Fundamentos da gestão das águas.....	81
2.7 RESUMO DO CAPÍTULO.....	83
<b>3 SISTEMA DE APOIO À DECISÃO SOB A VISÃO CONSTRUTIVISTA.....</b>	<b>86</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	86
3.2 UMA SÍNTESE DA EVOLUÇÃO DA PRÁTICA DE APOIO À DECISÃO.....	86
3.3 DEFINIÇÕES E NATUREZA DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO.....	88
3.4 PARADIGMAS CIENTÍFICOS NA MODELAGEM DE UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO.....	91
3.5 METODOLOGIAS MULTICRITÉRIOS DE APOIO À DECISÃO.....	93



3.5.1	Fundamentos do processo de apoio à decisão .....	93
3.5.2	Principais formas de modelagem do processo de apoio à decisão .....	98
3.6	A VISÃO CONSTRUTIVISTA E ALGUMAS TEORIAS E CONCEITOS QUE O SUBSIDIAM.....	99
3.6.1	A perspectiva cognitiva, a representação mental e os mapas cognitivos .....	100
3.6.2	Teoria das representações sociais e a problemática ambiental.....	102
3.6.3	O diálogo como instrumento de negociação .....	104
3.6.4	As percepções ambientais .....	107
3.7	SISTEMA DE APOIO À DECISÃO E A GESTÃO DAS ÁGUAS .....	108
3.8	RESUMO DO CAPÍTULO.....	109
4	DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	111
4.1	INTRODUÇÃO.....	111
4.2	PARADIGMAS CIENTÍFICOS NA FORMULAÇÃO DE INDICADORES.....	111
4.3	RUMO AO DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	113
4.3.1	Indicadores e índices: Conceitos e definições .....	113
4.3.2	Objetivos e importância dos indicadores.....	115
4.3.3	Princípios e critérios de seleção de indicadores .....	118
4.4	CONSIDERAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES .....	122
4.4.1	O debate na modelagem de um sistema de indicadores .....	122
4.4.2	Os valores e objetivos na configuração de um sistema de indicadores .....	123
4.4.3	A construção da problemática ambiental .....	124
4.4.4	O enfoque sistêmico .....	125
4.4.5	A interdisciplinariedade .....	127
4.4.6	O problema de escala .....	130
4.4.7	Incomensurabilidade .....	131
4.5	ELEMENTOS METODOLÓGICOS PARA A FORMULAÇÃO DE INDICADORES.....	131
4.5.1	Estrutura para ordenação de indicadores e índices.....	132
4.5.2	Ferramentas para escolha de variáveis .....	133
4.5.3	Estruturas conceituais.....	135
4.6	PADRONIZAÇÃO OU FUNÇÕES DE VALOR DOS INDICADORES? .....	143
4.7	FUNÇÕES DE AGREGAÇÃO DE INDICADORES .....	146
4.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A FORMULAÇÃO DE INDICADORES.....	153
4.9	RELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE, SISTEMA DE APOIO A DECISÃO E GESTÃO AMBIENTAL.....	154
4.10	RESUMO DO CAPÍTULO .....	157
5	DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE MODELAGEM DE UM SISTEMA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - MISGERH .....	159
5.1	INTRODUÇÃO.....	159
5.2	CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	160
5.2.1	Que paradigma científico adota o método MISGERH? .....	161
5.2.2	Quais são as bases científicas do método MISGERH? .....	162
5.2.3	Que aspectos devem ser considerados na construção de indicadores?.....	162
5.2.4	Grandes questões em discussão com relação aos indicadores e o método proposto	164
5.3	ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES .....	168
5.3.1	Etapa 1 - Identificação do Contexto do Problema.....	169
5.3.2	Etapa 2 - Estruturação do Problema .....	169
5.3.3	Etapa 3 - Estruturação do Modelo Multicritério.....	171
5.3.4	Etapa 4 - Avaliação das Ações Potenciais.....	174
5.4	RESUMO DO CAPÍTULO .....	179
6	METODOLOGIA .....	180
6.1	INTRODUÇÃO.....	180

6.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	180
6.2.1	Classificação da pesquisa.....	180
6.2.2	Estratégia de pesquisa.....	182
6.2.3	Método de pesquisa.....	184
6.2.4	Componentes do desenho de pesquisa do Estudo de Caso:.....	186
6.3	PLANO OPERATIVO DA PESQUISA: DESCRIÇÃO DO ESTUDO.....	189
6.4	RESUMO DO CAPÍTULO.....	192
7	ESTUDO DE CASO: A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS.....	193
7.1	INTRODUÇÃO.....	193
7.2	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS.....	194
7.2.1	Breve descrição do contexto socioeconômico, dos usos da água e ambiental.....	198
7.2.2	O Comitê da Bacia dos Sinos.....	202
7.3	ESTRUTURAÇÃO DO MAPA COGNITIVO.....	205
7.4	ANÁLISE DO MAPA COGNITIVO.....	212
7.4.1	Análise tradicional de mapas cognitivos.....	212
7.4.2	Análise avançada de mapas cognitivos.....	215
7.4.3	A visão do Comitê de Bacias.....	218
7.5	IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE VISTA FUNDAMENTAIS.....	223
7.5.1	Arborescência dos pontos de vista fundamentais: sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.....	224
7.5.2	Sustentabilidade como fluxo de bens e serviços.....	225
7.5.3	Sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos.....	236
7.6	CONSTRUÇÃO DE DESCRITORES E DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS DE REFERÊNCIA.....	241
7.6.1	Teste de independência preferencial mútua.....	253
7.7	CONSTRUÇÃO DE FUNÇÕES DE VALOR E TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO.....	258
7.8	AGREGAÇÃO DE CRITÉRIOS OU INDICADORES.....	260
7.9	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	263
7.10	AVALIAÇÃO HIPOTÉTICA.....	267
7.10.1	Sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.....	267
7.10.2	Eco-eficiência.....	269
7.10.3	Sensibilidade e resiliência.....	269
7.11	CRÍTICA À PRESENTE PESQUISA.....	272
7.12	CRÍTICA AO MÉTODO MISGERH.....	274
7.13	RESUMO DO CAPÍTULO.....	276
8	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	279
8.1	CONCLUSÕES.....	279
8.2	RECOMENDAÇÕES.....	286
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	288
	Anexo A1 Guia para a aplicação do método MISGERH.....	313
	Anexo A2 Bases para a construção e análises de mapas cognitivos.....	326
	Anexo A3 Composição do Comitê da Bacia do Rio dos Sinos.....	336
	Anexo A4 Mapas cognitivo.....	340
	Anexo A5 Descritores.....	359
	Anexo A6 Pontos de vista e indicador.....	493

## LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 2.1 Visões do mundo da natureza nas épocas: grega, renascentista, moderno e contemporâneo .....	20
Quadro 2.2 Bases teóricas e premissas de três correntes da economia ambiental: a neoclássica, a ecológica e a ecomarxista .....	36
Quadro 2.3 Diferenças entre ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável .....	48
Quadro 2.4 Relação do ecodesenvolvimento com desenvolvimento sustentável.....	48
Quadro 2.5 Posicionamentos com relação ao desenvolvimento sustentável.....	49
Quadro 2.6 Algumas dimensões da sustentabilidade .....	59
Quadro 2.7 Evolução dos modelos de gestão de bacias hidrográficas, a partir de três perspectivas: administrativo–instrumental, finalidades e abrangência.....	75
Quadro 3.1 Comparação entre os paradigmas racionalista e construtivista na modelagem de um sistema de apoio à decisão.....	92
Quadro 4.1 Os 10 princípios de Bellagio.....	119
Quadro 4.2 Alguns critérios de seleção/características/atributos utilizados para definir indicadores.....	121
Quadro 4.3 Pressupostos básicos que deverão orientar o pensamento científico e sua relação com a ciência da decisão .....	126
Quadro 4.4 Fatores predominantes segundo os níveis de escala na sustentabilidade da agricultura.....	130
Quadro 4.5 Orientadores básicos do sistema.....	142
Quadro 5.1 Relação entre os passos metodológicos do estudo do comportamento dos sistemas complexos e do desenvolvimento de indicadores.....	169
Quadro 6.1 Relação dos objetivos com parâmetros de pesquisa, com os resultados e com a fonte de evidências .....	187
Quadro 6.2 Descrição resumida do plano operativo geral da pesquisa .....	190
Quadro 7.1 Lista de todos os conceitos <i>cabeça</i> .....	214
Quadro 7.2 Relação dos <i>Clusters</i> no âmbito do Comitesinos .....	219
Quadro 7.3 Classes de qualidade da água segundo seus usos preponderantes.....	222
Quadro 7.4 Matriz de indicadores: proposta de uma sistema de indicadores de sustentabilidade .....	249
Quadro 7.5 Estatísticas do índice de sustentabilidade como fluxo de bens e serviços.....	267
Quadro 7.6 Estatísticas do índice de sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos .....	268
Quadro 7.7 Estatísticas do índice de sustentabilidade do sistema de recursos hídricos ...	268
Quadro 7.8 Eco-eficiência dos sistemas setoriais na área de interesse privado .....	269
Quadro 7.9 Estatísticas da sensibilidade e resiliência em termos de índice e coeficiente	270

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Concepção da Tese .....	13
Figura 2.1 Produção máxima sustentável: o ótimo biológico .....	34
Figura 2.2 Equilíbrio de oferta e demanda ao se considerar ou não os custos ambientais.....	35
Figura 2.3 Matriz do Gerenciamento Ambiental .....	63
Figura 2.4 Sistema de gestão ambiental.....	65
Figura 3.1 O Ambiente decisional .....	94
Figura 3.2 Eixo funcional dos atores.....	95
Figura 4.1 Relação entre a condensação de dados e audiência .....	115
Figura 4.2 Vantagens contribuídas pelo uso dos indicadores .....	116
Figura 4.3 Indicadores de sustentabilidade no contexto do discurso ambiental.....	122
Figura 4.4 Ligação de preferência social, política e ciência .....	123
Figura 4.5 Pirâmide de informação .....	132
Figura 4.6 Fluxo de informações na construção do índice.....	132
Figura 4.7 Três níveis de indicadores.....	135
Figura 4.8 Estrutura arborescente de agregação hierárquica.....	136
Figura 4.9 Representação gráfica do esquema <i>andaime de sustentabilidade</i> .....	137
Figura 4.10 Estrutura Pressão - Estado - Resposta (P-E-R).....	138
Figura 4.11 Composição de um indicador sob duas dimensões.....	151
Figura 4.12 Ciclo de medida do desempenho e avaliação do progresso .....	155
Figura 4.13 Esquema do processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos.....	156
Figura 5.1 A hierarquia de níveis epistemológicos .....	160
Figura 5.2 Posicionamento da ciência ambiental com relação ao paradigma científico .....	161
Figura 5.3 O modelo Força impulsora - Pressão – Estado – Impacto – Resposta.....	171
Figura 5.4 Visualização gráfica da interação entre padrão, parâmetros e indicadores.....	174
Figura 5.5 Categorias do potencial de sustentabilidade do sistema .....	178
Figura 6.1 Estratégias de pesquisa .....	183
Figura 7.1 Localização da área de estudo: Bacia Hidrográfica dos Sinos.....	195
Figura 7.2 Uso do solo na Bacia dos Sinos .....	197
Figura 7.3 Províncias ambientais da Bacia dos Sinos .....	198
Figura 7.4 Atividades econômicas na Bacia dos Sinos.....	199
Figura 7.5 Versão inicial do mapa cognitivo global: Avaliação da sustentabilidade de uma bacia hidrográfica.....	209
Figura 7.6 Estrutura conceitual geral dos mapas cognitivos .....	210
Figura 7.7 Estrutura geral dos mapas cognitivos dos objetivos privados .....	211

Figura 7.8 Estrutura geral dos mapas cognitivos dos interesses socioambientais ou públicos .....	212
Figura 7.9 Exemplo de um laço de realimentação .....	215
Figura 7.10 Linhas de argumentação do <i>Cluster</i> 4 – Uso ‘de água para criação de animais .....	216
Figura 7.11 Ramos do <i>Cluster</i> 4 – Uso ‘de água para criação de animais .....	217
Figura 7.12 O enquadramento do ramo R1 para o candidato a PVF1 - Capital construído do <i>Cluster</i> 4 - Uso d'água para criação de animais .....	223
Figura 7.13 Árvore de Pontos de Vista: sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.....	224
Figura 7.14 Árvore do Sistema de Indicadores: sustentabilidade como fluxo de bens e serviços	226
Figura 7.15 Árvore de Pontos de Vista: Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário .....	228
Figura 7.16 Árvore de Pontos de Vista: Abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos .....	229
Figura 7.17 Árvore de Pontos de Vista: Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos .....	230
Figura 7.18 Árvore de Pontos de Vista: Uso d'água para criação de animais.....	231
Figura 7.19 Árvore de Pontos de Vista: Uso d'água para geração de energia elétrica .....	232
Figura 7.20 Árvore de Pontos de Vista: Navegação .....	233
Figura 7.21 Árvore de Pontos de Vista: Uso d'água para criação natural e/ou intensiva de espécies aquáticas para alimento humano.....	234
Figura 7.22 Árvore de Pontos de Vista: Turismo e lazer aquático: pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística .....	235
Figura 7.23 Árvore do Sistema de Indicadores: sustentabilidade como estoque de recursos hídricos .....	237
Figura 7.24 Árvore de Pontos de Vista: Regime hidrológico do rio.....	238
Figura 7.25 Árvore de Pontos de Vista: Qualidade da água do rio.....	239
Figura 7.26 Árvore de Pontos de Vista: Estrutura "habitat" e morfologia do rio.....	240
Figura 7.27 Árvore de Pontos de Vista: Aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares .....	242
Figura 7.28 Estados possíveis do PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano	244
Figura 7.29 Teste de independência preferencial ordinal entre PVE4.1.1 e PVE4.1.2.....	255
Figura 7.30 Teste de independência preferencial cardinal mútua entre PVF1 e PVF2.....	257
Figura 7.31 Análise de sensibilidade à variação dos Coef. de ponderação do critério Força- Impulsora (a), Pressão (b), Estado (c) e Resposta (d) da avaliação da sustentabilidade como fluxo de bens e serviços .....	264
Figura 7.32 Análise de sensibilidade à variação dos Coef. de ponderação do critério Força- Impulsora (a), Pressão (b), Estado (c) e Resposta (d) da avaliação da sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos.....	266
Figura 7.33 Categorias do potencial de sustentabilidade do sistema de recursos hídricos .....	270
Figura 7.34 Categorias do potencial de sustentabilidade do sistema de recursos hídricos .....	271

## LISTA DE SIGLAS

CIAT	- Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIDIAT	- Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras
CMMAD	- Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
Comitesinos	- Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPA	- Comissão Permanente de Assessoramento
Cs	- Coeficiente de Assimetria
DNPM -	- Departamento Nacional de Produção Mineral
DPCSD	- Department for Policy Coordination and Sustainable Development
EMATER	- Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural
EPA	- Environmental Protection Agency
EPAs	- Elementos Primários de Avaliação
FEE	- Fundação de Economia e Estatística
FEPAM	- Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler
GIS	- Sistema de Informação Geográfica
GUI	- Graphical User Interfaces
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPH	- Instituto de Pesquisas Hidráulicas
IWI	- Index of Watershed Indicators
K	- Curtose
LET	- Livestock and Environment Toolbox
MACBETH	- Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MAUT	- Multiattribute Utility Theory
MCDA	- Multicriteria Decision Aid (Metodologias Multicritério de Apoio à Decisão
MCDM	- Multicriteria Decision Making
METROPLAN	- Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional
NSF	- Nacional Sanitation Foundation
OECD	- Organisation for Economic Co-operation and Development
PNUMA	- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PO	- Pesquisa Operacional
PRÓ-GUAIBA	- Programa para o Desenvolvimento Ecologicamente Sustentável e Socialmente Justo da Região Hidrográfica do Guaíba
PVE's	- Pontos de vista elementares
PVFs	- Pontos de vista fundamentais
SDSS	- Spatial Decision Support Systems
SSD	- Sistema de Suporte a Decisão
UFRGS	- Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNEP	- United Nations Environment Program
UNESCO	- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WGP	- Associação Mundial da Água
WWC	- Conselho Mundial de Água
WWF	- Fundo Mundial para a Natureza

## 1 INTRODUÇÃO

Como produto de uma evolução complexa da inter-relação da sociedade com a natureza, ocorrem inúmeros problemas ambientais e conflitos sociais: poluição das águas e do ar, degradação dos solos e da biodiversidade, permanentes disputas sociais pelo acesso à riqueza, recursos naturais, a um ambiente saudável. Estas condições, não sendo contempladas nos modelos de desenvolvimento, ameaçam e colocam em risco a sustentabilidade do meio natural e da própria sociedade.

Atualmente ocorre uma crescente conscientização sobre os aspectos ambientais e a noção do desenvolvimento sustentável, uma vez que este conceito além de ser usado nos discursos políticos, incorporou-se gradualmente nas políticas públicas tanto no âmbito econômico quanto social. Assim, o tema da sustentabilidade é institucionalizado através do planejamento e da gestão ambiental, visando, compatibilizar e harmonizar as relações de ofertas e demandas de bens ambientais e/ou naturais.

Nessa perspectiva, diversos instrumentos são propostos e aplicados nas práticas públicas e privadas, os quais podem ser classificados em *jurídico-administrativos*, *econômicos*, *educativo-morais* (MARTINI, 2001) e de *auto-regulação* (PEREIRA, 2000). Cada um desses instrumentos, embora aplicados de maneira complementar e não excludentes, enfocam o problema a partir de diferentes perspectivas, de forma parcial, setorial ou até particular, enquanto seguem agravando-se os problemas socioambientais.

A multi-dimensionalidade da sustentabilidade do desenvolvimento demanda a totalidade do conhecimento das inter-relações dos aspectos econômicos, ambientais, sociais, culturais e institucionais. Historicamente, o pensamento cartesiano-newtoniano que tem fornecido as bases da metodologia científica (baseada na compartimentação do conhecimento), não tem respondido eficazmente para compreender a totalidade da problemática ambiental (PEREIRA, 1997; MARZALL, 1999; SETTI *et al.*, 2001; MORIN, 1997).

Assim, em termos gerais, a ciência tem sido conduzida isoladamente com a visão objetivista nas ciências físico-naturais e subjetivista nas ciências sociais-humanas, havendo um vazio entre estas grandes áreas do saber, onde se insere a temática da sustentabilidade do desenvolvimento.

Diante desses fatos, o tema da sustentabilidade tem merecido debates e discussões em espaços acadêmico-científicos e políticos, tanto em nível local, quanto nacional e internacional. Hoje, na opinião de estudiosos nessa área, há consenso de que o estudo da temática ambiental requer uma mudança de paradigma científico, metodológico e pedagógico. O novo enfoque seria sistêmico (CAPRA, 1982) e interdisciplinar (SETTI *et al.*, 2001).

Dentro da temática ambiental, a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (Rio-92), através da Agenda 21, é considerada como referência da idéia de desenvolver indicadores de sustentabilidade para monitorar, mensurar e avaliar a sustentabilidade do desenvolvimento. Uma das maiores utilidades do sistema de indicadores é que pode ser considerado como um instrumento multicritério de apoio à decisão, no âmbito da gestão ambiental. A partir daí, inúmeros estudiosos das mais diversas áreas do saber, tratam sobre o tema de formulação de indicadores. Eles têm proposto vários outros indicadores de caráter econômico, social e ambiental, mas são poucas as propostas de caráter metodológico e, menos ainda, aqueles com fundamentos epistemológicos.

A tarefa do desenvolvimento de indicadores é de grande complexidade; a questão central reside na compreensão do sistema (problemática ambiental) do que é sustentabilidade desse sistema e como medi-lo. Há grande quantidade de artigos sobre indicadores, mas carecem de uma sistemática para tornar operativo o conceito de sustentabilidade. Para que esta não seja tratada apenas como conjunto de necessidades e aspirações, os seus objetivos devem ser traduzidos em critérios operacionais (DEPONTI, 2001).

Na opinião do autor, o desenvolvimento desses indicadores e sua aplicação, ainda são dominados pelo pensamento cartesiano-newtoniano sendo, portanto, o estudo sobre indicadores de sustentabilidade conduzido de forma objetiva, reducionista, fragmentada, mecânica e pragmática, isto é, adotando-se o *paradigma racionalista* (ENSSLIN *et al.*, 2001) e/ou o *enfoque analítico* (MARZALL, 1999).



Por outro lado, também não há um respaldo e/ou base teórico analítico, um *modelo teórico*, que explique e represente, de forma transparente a globalidade da realidade complexa da problemática ambiental. É necessário construir essa problemática complexa para que o conjunto de indicadores capture e represente o mesmo. Nesta perspectiva, o que tem por colorário é o *paradigma construtivista* (ENSSLIN *et al.*, 2001), baseado na idéia de aprendizagem pela participação (entre os atores e especialistas) e considerando, os aspectos objetivos e subjetivos, vincula-se ao enfoque sistêmico e interdisciplinar. Defende-se este paradigma como o mais adequado para conduzir um estudo sobre formulação de indicadores de sustentabilidade, quando se deseja apoiar decisões e fazer gestão ambiental.

Em uma bacia hidrográfica é comum constatar a problemática dos recursos hídricos e ambientais, onde, de acordo com sua escala, há uma diversidade de situações, existindo conflitos intra-setoriais e inter-setoriais (mercado, estado e sociedade civil), e jogo de interesses pelos bens e serviços naturais e/ou ambientais e manufaturados. Nesse contexto, pode-se salientar as seguintes questões:

- Como é possível representar e compreender a problemática ambiental complexa, considerando todos os aspectos relevantes que envolve a idéia do desenvolvimento sustentável e os objetivos e valores dos atores sociais?
- Como é possível analisar o grau de intensidade de influência nas relações de meios e fins, ou seja, causas e efeitos, bem como sua interdependência e hierarquia, entre os referidos aspectos?
- Entre os mencionados aspectos que envolvem inúmeras informações, como sintetizar a diversidade de variáveis indicadoras? O que é mais importante e o que é menos importante?
- Como avaliar a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, no âmbito dos Comitês de Bacia, atendendo à Política Nacional de Recursos Hídricos?

Estes pontos serão focalizados com vistas à estruturação do problema, em que será modelado um elenco de conceitos, candidatos a serem indicadores.

Em síntese, a pesquisa defende que, para identificar e definir um sistema de indicadores de sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, é necessário materializar

as representações mentais que o Comitê de Bacias faz sobre a água e suas interfaces, numa bacia hidrográfica. Este tema, adotando o paradigma construtivista e referenciando-se nas temáticas gestão dos recursos hídricos e ambientais, metodologias multicritério de apoio à decisão e formulação de indicadores, será estudado a partir dos seguintes pressupostos:

- O Comitê de Bacias faz representações cognitivas sobre a problemática ambiental, as quais podem ser *materializados* e *modelados* através da construção dos mapas cognitivos;
- O processo de construção dos mapas cognitivos, além de permitir identificar, compreender, refletir, negociar e resolver um problema, como *modelo teórico*, permite enxergar e desenvolver indicadores chaves de sustentabilidade;
- Conforme a visão dos atores (Comitê de Bacias), no processo construtivista, isto é, na expansão do mapa cognitivo, haveria dois níveis temáticos de abrangência: a) dando ênfase na água e suas interfaces ou, b) contemplando de forma integrada todos os recursos naturais/ambientais de uma bacia hidrográfica;
- No âmbito global a sustentabilidade pode ser avaliada sob duas perspectivas: dos interesses públicos, como estoque dos recursos hídricos e dos interesses privados, como fluxo dos bens e serviços derivados do uso dos recursos hídricos.

Em suma, como um estudo de caso, a modelagem do sistema de indicadores será inspirada na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos e o âmbito desta pesquisa será delimitado: a) fisicamente a uma escala espacial razoável, como a bacia hidrográfica; b) com relação à problemática ambiental, se dará ênfase à água e suas interfaces; c) quanto às representações cognitivas e/ou sociais, serão estruturadas as representações cognitivas que faz o Comitê de Bacias.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um método que permita, simultaneamente, a modelagem de um sistema de indicadores substantivos (no sentido de possuir exaustividade e efetividade) para avaliar a sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos e a participação dos atores sociais, visando ter maior conhecimento do

problema e legitimidade do processo da gestão dos recursos hídricos numa bacia hidrográfica.

Considerando-se uma bacia hidrográfica como unidade de gestão, com escala espacial razoável, que possui diversas situações (ambientais e socioeconômicas) dos municípios, os objetivos específicos são:

- 1) Fundamentar teórica e praticamente um método de seleção de indicadores para avaliação da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos;
- 2) Estruturar e materializar as representações *cognitivas* e/ou *sociais* da problemática ambiental complexa, feitas pelo Comitê de Bacias, considerando todos os aspectos relevantes que envolvem a idéia do desenvolvimento sustentável;
- 3) Analisar, utilizando como ferramenta o mapa cognitivo, as relações de influência do elemento água e suas interfaces, bem como a hierarquia, interação e interdependência entre esses elementos, no âmbito da questão ambiental;
- 4) Identificar e construir um sistema de indicadores, incorporando novos conceitos de natureza subjetiva/qualitativa e objetiva/quantitativa que explique a *realidade* com consistência e transparência;
- 5) Mostrar a aplicação (hipoteticamente) de um método de avaliação da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos numa bacia hidrográfica.

## 1.2 Justificativa

A relevância desta pesquisa é dada por seus princípios condutores que permeiam e impactam, principalmente quatro questões centrais:

**A problemática do desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade** - Na literatura sobre indicadores de sustentabilidade, até onde o autor da presente pesquisa tem revisado, praticamente todos os demais autores adotam o paradigma racionalista (oriunda das ciências naturais) para construir indicadores de sustentabilidade. Assim, eles com base na sua experiência e conhecimento, sensatamente, racionalmente e objetivamente, constróem estes indicadores de sustentabilidade. Nesta tarefa, eles buscam ser o mais

neutro possível, tentando isentar-se de seus valores pessoais. Em consequência, o sistema de indicadores que constróem são alheios aos valores, percepções e outros aspectos subjetivos dos atores. As críticas, na perspectiva da questão ambiental, pela deficiência a esses tipos de indicadores (de natureza social, econômica e ambiental) são amplas e fartas na literatura (MONTIBELLER, 2001; MARZALL, 1999), principalmente, sob a ótica da ecologia econômica (MARTINEZ ALIER, 1995).

No processo de desenvolvimento de indicadores são confrontados sucessivamente, em seu turno, três aspectos cruciais: Como identificar indicadores? Que variáveis ou dados poderiam ser aprimorados para compor o indicador? (BOLLMANN e MARQUES, 2000; DEUS, 2000); Como tratar a incomensurabilidade? Como agrupar as informações de natureza diversa? Certamente, os métodos até hoje desenvolvidos para lidar com essas questões foram influenciados pelo paradigma racionalista. O resultado disso, em termos gerais, é que o estudo atual do desenvolvimento de indicadores ainda não é apropriado para consubstanciar decisões (BOLLMANN e MARQUES, 2000). Os métodos apenas auxiliam a formulação de indicadores, não guiam como construir uma fonte de geração de indicadores, isto é, um *estatuto teórico* que permita analisar as hierarquias, interações e interdependências entre os indicadores. A incomensurabilidade é tratada com bases predominantemente racionalista e objetivista, em detrimento da subjetividade e dos valores dos atores, aspectos que são fundamentais como propulsores das decisões e ações (BANA e COSTA, 1993b). Do mesmo modo, os indicadores são obtidos freqüentemente por agregação de dados (disponíveis) negligenciando o raciocínio sistemático, principalmente no que se refere às hierarquias, interações e dependências das variáveis do sistema. Os modelos matemáticos adotados para agregar informações, freqüentemente, não atendem essas características.

Diante desta situação, nesta pesquisa, adota-se o paradigma construtivista para desenvolver indicadores de sustentabilidade. Assim, neste processo, além de ter como base a experiência e o conhecimento, se reconhece a importância da subjetividade dos atores, tais como seus valores, seus objetivos, seus preconceitos, sua cultura e sua intuição, pois, esses aspectos influem sobre sua percepção e seu entendimento da realidade da problemática ambiental. Sobre o assunto, nas palavras de Bana e Costa (1993b) "Se é verdade que a procura da objetividade é uma preocupação importante, é crucial não

esquecer que a tomada de decisão é antes de tudo uma atividade humana, sustentada pela noção de valor e que, por tanto, a subjetividade está onipresente e é motor da decisão".

**A problemática da estruturação do problema ambiental complexo** - Dado que a problemática ambiental se encontra na inter-relação do *meio social* sobre o *meio físico-natural*, há uma tendência consensual entre os estudiosos de que tal problemática deve ser compreendida em sua globalidade. Para isso, destacam adotar tanto o enfoque sistêmico diante da ineficácia do enfoque analítico quanto a abordagem interdisciplinar ou transdisciplinar (MARZALL, 1999; SETTI *et al.*, 2001). Apesar de existirem essas duas abordagens não excludentes, também destacam a dificuldade a ser confrontada, questionando qual paradigma científico e que abordagem metodológica devem ser adotadas nessa tarefa.

Sendo assim, o paradigma construtivista, dotado nesta pesquisa, além de permitir a prática do enfoque sistêmico e da abordagem transdisciplinar propicia a participação dos atores envolvidos na problemática em foco. Assim, através da convicção da aprendizagem pela participação, proporciona-se gerar conhecimento no contexto da problemática ambiental. Neste processo, a modelagem possibilita sistematizar e organizar os conhecimentos, além de estimular a reflexão, sensibilização e conscientização entre os atores. Considera-se que esses aspectos são importantes para a construção e, em consequência, para a compreensão da problemática ambiental, uma vez que é complexa porque está interpenetrada por diferentes áreas de interesses e objetivos.

Mas, o que tem a ver a construção do problema com o sistema de indicadores? O ponto é que, na perspectiva construtivista, defende-se que para desenvolver indicadores de sustentabilidade é essencial, previamente, a construção da problemática ambiental. Acredita-se que a partir da compreensão do problema é possível construir indicadores que captam a complexidade do sistema.

**A problemática da participação dos atores, poder e legitimidade** - Um poder fundado apenas sobre a força não pode durar, pode ser efetivo, mas não pode ser legítimo (BOBBIO, 1987). De fato, esta idéia foi levada em conta na formulação da Política Ambiental e na Política dos Recursos Hídricos, nas quais pode ser evidenciado um dos elementos fundamentais relacionados com a gestão descentralizada e participativa, que, para tornar operacionalizável, foi instituída os Comitês de Bacia Hidrográfica como parte

integrante do sistema de gerenciamento de águas. Assim, os Comitês de Bacia formados pela participação do poder público, dos usuários e das comunidades, são considerados como um verdadeiro "parlamento das águas", pois serão esses comitês o fórum de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica (BRASIL, 1997).

Nessa perspectiva, por terem os atores diversas visões e relações de poder, gera-se uma situação crítica de envolvimento, coesão e dinamismo entre os atores, além da necessidade de uma metodologia que incorpora esses aspectos para compreender a problemática ambiental, isto é, para estruturar o problema.

Neste contexto, adotando o paradigma contrutivista, através do diálogo e da participação dos atores, permite-se construir as representações sociais, legítimas a serem consideradas diante do poder público.

O poder aparece numa relação de influência entre atores, na qual um ator induz outros atores a agirem de um modo que, em caso contrário, não agiriam (BOBBIO, 1997). Isto pode acontecer tanto de forma autoritária quanto de forma autônoma ou cooperativa. A perspectiva contrutivista enfatiza esta segunda forma através do diálogo entre os atores (PINHEIRO, 1995).

**A problemática da tomada de decisões por indicadores no âmbito da gestão ambiental e das águas** - Existem ou estão em desenvolvimento vários tipos de instrumentos de gestão das águas e ambiental, de caráter econômico, jurídico-administrativo e educativo-moral. Os mesmos, embora aplicados de maneira complementar, enfocam o problema a partir de uma perspectiva, de forma parcial, setorial ou até particular, enquanto continuam se agravando os problemas sócio-ambientais.

De maneira complementar e gerando sinergia com esses instrumentos, há necessidade de se desenvolver instrumentos que permitam identificar problemas e avaliar a sustentabilidade do desenvolvimento de uma bacia hidrográfica, de forma que apoiem às tomadas de decisões. Neste sentido, a partir da estruturação da problemática ambiental, materializada em um mapa cognitivo, é possível construir um sistema de indicadores fundamentais que irão servir como um instrumento multicritério de apoio à decisão, no âmbito da gestão das águas e ambiental.

### 1.3 Originalidade, não trivialidade e contribuições científicas

Diante do que foi exposto na Seção anterior, a seguir serão discutidos, brevemente, três aspectos da presente pesquisa:

**Com relação à originalidade do trabalho**, na revisão de literatura efetuada pelo autor deste, não foram encontrados trabalhos semelhantes, nem parecidos à presente pesquisa, porque este adota o paradigma construtivista e utiliza a estrutura de um mapa cognitivo para modelar e selecionar um sistema de indicadores de sustentabilidade. Provavelmente, a inexistência de estudos similares, deve-se a que este tema passa por uma mudança de paradigma científico no âmbito das ciências ambientais. Apesar de existirem inúmeros trabalhos sobre o referido tema, a maioria dos pesquisadores negligenciam os aspectos epistemológicos nas suas abordagens metodológicas. Alguns pesquisadores preocupados em considerar o enfoque sistêmico e a interdisciplinariedade, carecem de uma sistemática para operacionalizar a idéia da sustentabilidade do desenvolvimento. Assim, não têm integrado teorias e princípios vindos das ciências naturais e sociais, nem têm ferramentas adequadas para analisar as hierarquias, interações e interdependências entre os indicadores. Este estudo trata de um tema original, não apenas por preencher esses vazios, mas também por buscar as raízes desses aspectos e da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.

**Quanto à não trivialidade do tema**, o presente trabalho de pesquisa julga-se não trivial, pelas seguintes razões:

- a) Aborda sobre o tema dos indicadores de sustentabilidade, o qual por sua propriedade em resumir informações, em permitir o monitoramento do processo de sustentabilidade do desenvolvimento e por sua importância como uma ferramenta de apoio à decisão (BRASIL, 2001; *UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION* - UNESCO, 1999; BOLLMANN e MARQUES, 2000), tem sido e é foco de estudo entre vários pesquisadores de diversas áreas do saber (IORIS, 2001; *ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT* - OECD, 1993);
- b) Contempla a questão dos recursos hídricos e ambientais. Pretende-se estruturar (construir) a problemática ambiental, assunto com uma crescente demanda sobre

que metodologia deve ser abordada para a compreensão do problema ambiental em sua globalidade (SETTI *et al.*, 2001);

- c) Insere, em termos de conhecimento, participação, poder e legitimidade, outra dimensão à ciência, tema de bastante preocupação pelo estudiosos relacionados com a temática ambiental (GONÇALVES, 1993; PINHEIROS, 1995; DIEGUES, 1996);
- d) Contribui ao desenvolvimento de uma ferramenta metodológica, como uma alternativa para estipular o ponto de equilíbrio entre as demandas de crescimento econômico, equidade social e sustentabilidade ambiental, tema salientado por Lanna (2000b), no âmbito das negociações, para que o processo decisório fosse efetivo e exaustivo;
- e) Do ponto de vista de sua postura epistemológica, este trabalho adota o a visão construtivista como paradigma científico. Este paradigma é pouco utilizado nas metodologias de apoio à decisão (MONTIBELLER, 2001; ENSSLIN *et al.*, 2001), mas no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, não tem sido utilizada, apesar de ser mencionada a necessidade de mudar de paradigma científico no âmbito da questão ambiental (CAPRA, 1982);
- f) Para que a complexidade da realidade possa ser contemplada, este trabalho adota o paradigma construtivista junto ao enfoque sistêmico, interdisciplinar e participativo. Esses enfoques, embora sugerida sua aplicação no desenvolvimento de indicadores (MARZALL, 1999; DEPONTI, 2001; DOMINGUES, 2000), não têm uma aplicação efetiva dos mesmos, pela ausência de uma postura epistemológica adequada nesse assunto.

#### **Sobre as contribuições científicas e utilidade prática:**

No âmbito científico e tecnológico, o desenvolvimento de indicadores constitui um domínio de pesquisa ainda recente. Nessa perspectiva, dentre as principais contribuições podem ser destacadas as seguintes:

- a) Será disponibilizado um elenco estruturado de indicadores substantivos (no sentido de possuir exaustividade e efetividade) de caráter subjetivo/qualitativo e objetivo/quantitativo, que envolve a tomada de decisão, o qual na



perspectiva do paradigma construtivista poderá ser utilizado, por pesquisadores interessados, a fim de dar continuidade ao desenvolvimento ou mesmo no aperfeiçoamento do modelo de avaliação da sustentabilidade de uma bacia hidrográfica;

- b) Tanto a metodologia integrada (envolvendo um quadro teórico-conceitual e uma sistemática) quanto o sistema de indicadores como produto de sua aplicação, poderá servir como um instrumento multicritério de apoio à decisão para gestão dos recursos hídricos e ambiental em bacias hidrográficas;
- c) A metodologia poderá ser útil aos pesquisadores que, visando desenvolver indicadores, desejam utilizar uma estrutura rica, o mapa cognitivo, para construir e modelar um problema e, com base nisso, analisar as relações de influência entre os meios e fins, dos objetivos almejados pelos atores;
- d) Tanto a metodologia de desenvolvimento de indicadores quanto o sistema de indicadores, como produtos da presente pesquisa, deverão ser consideradas como uma ferramenta essencial para a sistematização e a organização de um sistema de informações sobre recursos hídricos;
- e) O Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) gera muito conhecimento, os quais, através deste estudo, no âmbito da gestão ambiental e dos recursos hídricos, serão potencializados, visando sua sistematização e integração para a propor um conjunto de indicadores capaz de avaliar a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.

No âmbito da sua utilidade prática, entre as principais contribuições temos os seguintes:

- a) A modelagem será inspirada na Bacia dos Sinos, por tanto, ela será beneficiada em termos de geração de informação, organização de conhecimentos entre os atores e estruturação da problemática ambiental, além de que a metodologia, no Comitê de Bacias, permitirá refletir sobre o problema, dinamizar a negociação, articulação e coordenação de ações, assuntos tão cruciais e complexos nos dias atuais;

- b) Adicionalmente, os resultados poderão constituir, principalmente, um instrumento reflexivo, orientador de ações e para sugerir um melhor planejamento e gestão; um instrumento ou base científica/tecnológica para integrar e compatibilizar ou harmonizar diferentes Planos *setoriais*, por exemplo, Planos de Desenvolvimento Regionais, Planos Diretores de Recursos Hídricos, de Bacias.

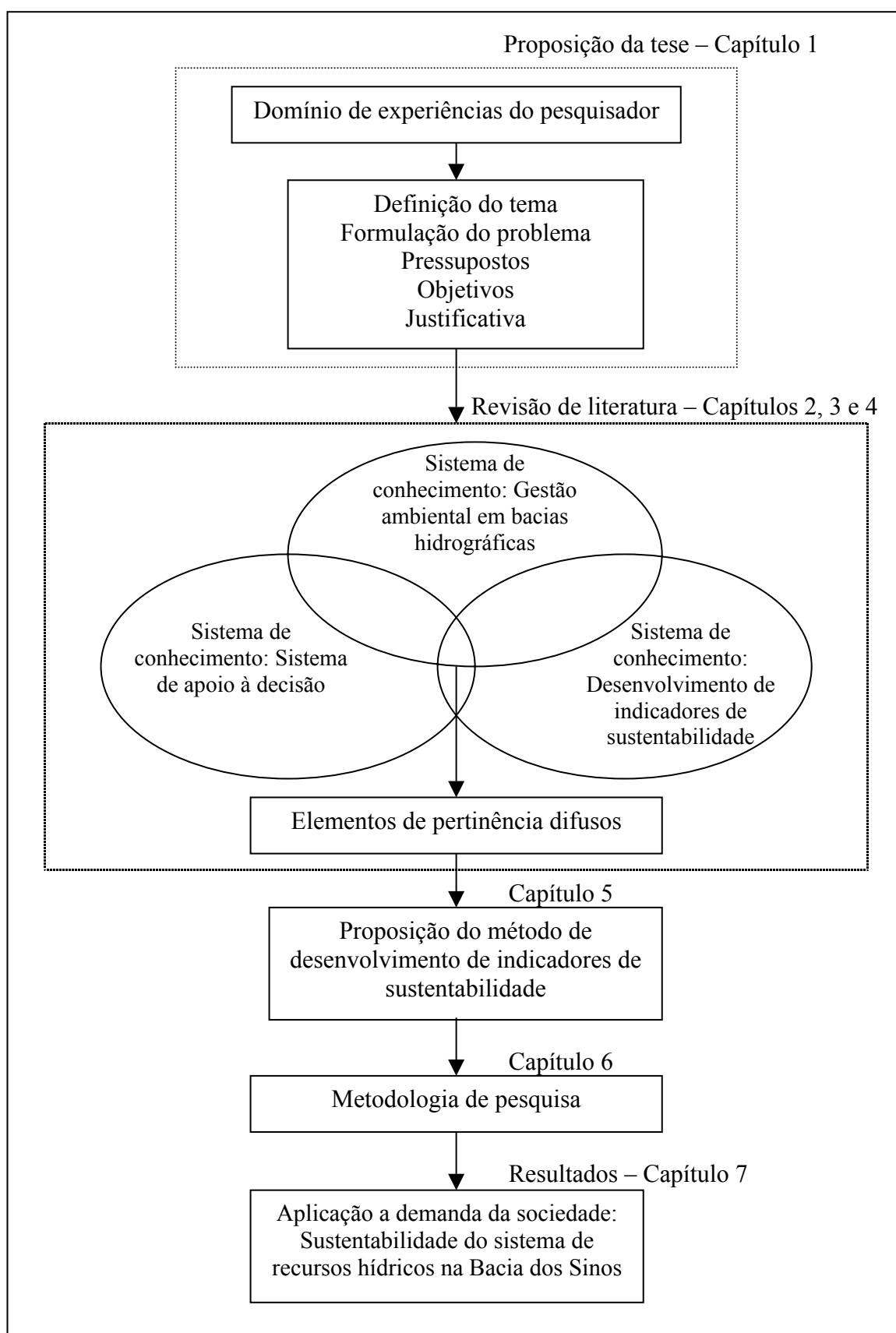
#### **1.4 Conceção e estrutura da pesquisa**

A presente pesquisa foi concebida e organizada sob a revisão de literatura de três sistemas de conhecimento: gestão ambiental em bacias hidrográficas, sistema de apoio à decisão e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade. Esses sistemas foram concebidos como conjuntos difusos, tendo elementos com pertinência comum. Dessa área de interseção emergiu o método de desenvolvimento de um sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.

A Figura 1.1 apresenta um esquema geral da concepção da pesquisa. Este serve como fluxograma que segue o desenvolvimento da tese. Aqui são destacados três momentos:

Na primeira etapa, o Capítulo 1 apresenta a introdução, onde, baseado no domínio de experiências do pesquisador, o leitor está sendo introduzido ao problema de pesquisa, bem como às proposições e aos objetivos da tese.

Na segunda etapa, a revisão de literatura dos três sistemas de conhecimento é apresentada em três capítulos: o Capítulo 2 descreve as bases teóricas e conceituais da gestão ambiental em bacias hidrográficas, com ênfase aos recursos hídricos; o Capítulo 3 nos dá os fundamentos teórico e conceituais sobre metodologias multicritério de apoio à decisão; o Capítulo 4 relata uma fundamentação teórica acerca das ferramentas para desenvolver indicadores de sustentabilidade e no Capítulo 5 é apresentada a proposta metodológica para desenvolver indicadores de sustentabilidade. Adicionalmente, no Capítulo 6 apresenta-se a metodologia da pesquisa, onde se discute a estratégia de pesquisa adotada.



**Figura 1.1 Concepção da Tese**

Fonte: Modificado de Silva (2000b)

Na terceira etapa, no Capítulo 7, como um produto do presente estudo, é relatada a aplicação prática dessa metodologia através de um Estudo de caso: a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Adicionalmente, no Capítulo 8 são apresentadas as considerações finais do trabalho. Nela são descritas as conclusões obtidas, bem como as sugestões ao prosseguimento da pesquisa.

Finalmente, no Capítulo 9, são listadas as referências bibliográficas, segundo as normas da ABNT.

### **1.5 Resumo do Capítulo**

O presente Capítulo apresenta a problemática da pesquisa, os pressupostos teóricos, o objetivo geral e específicos, a importância do tema, as contribuições ao estado-da-arte e a estrutura do trabalho. No texto, pode ser salientado o seguinte:

- Não existe um método de modelagem de um sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade dos recursos hídricos, através de um processo participativo dos atores envolvidos no problema, incorporando os seus objetivos e valores, visando ter maior conhecimento do problema e legitimidade do processo da gestão dos recursos hídricos.

## **2 GESTÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

### **2.1 Introdução**

Este Capítulo surge no intuito de relacionar a problemática ambiental (como processo) com as bacias hidrográficas (como condicionador natural-físico desse processo). Nessa perspectiva, o objetivo deste capítulo é identificar aspectos de cunho histórico e ideológico que estão relacionados com as raízes da questão ambiental; recuperar o significado das noções do desenvolvimento, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade no contexto do seu debate; e recuperar os conceitos de gestão ambiental, gestão dos recursos hídricos por bacias hidrográficas, de tal modo que possam ser esclarecidos.

A seguir, em termos gerais, será feita uma breve história da temática ambiental, logo nos próximos tópicos seguem conforme os objetivos mencionados anteriormente.

#### **Breve história da questão ambiental:**

Uma análise histórica da temática ambiental poderia começar a milhões de anos atrás, desde que houve alterações nos ecossistemas da terra por causa dos meteoritos, onde várias espécies de dinossauros desapareceram. Outros fenômenos naturais como terremotos, erupções vulcânicas, também tiveram impactos importantes. Normalmente, essas causas pela natureza, a humanidade não conseguiu controlar nem prever seus danos ao meio ambiente.

Nos tempos modernos surgiram preocupações pela poluição do meio ambiente, pelo esgotamento dos recursos naturais, conseqüentemente, pelas disparidades ou desequilíbrios sociais. A humanidade apesar de seu grande esforço desafiante de proteger o meio ambiente, ainda não conseguiu vencer.

A Primeira Conferência das Nações Unidas sobre problemas do meio ambiente, realizado em 1949, teve pouca repercussão do ponto de vista da temática ambiental,

devido a que era focalizado sobre os impactos da segunda guerra mundial, como a fome e a reconstrução das cidades.

Na **década de 60** começaram as preocupações com os problemas ambientais, perceberam sua complexidade, pois transcendiam a esfera local, ultrapassavam do visível e do imediato. Também perceberam sua gravidade, pois tinha efeito sobre a saúde humana, sobre o potencial produtivo dos ecossistemas e sobre a sobrevivência da espécie humana.

Com base em estudos feitos por cientistas conceituados, a proposta do Clube de Roma era o *crescimento zero*, o que significava uma suspensão do crescimento econômico e redução do crescimento populacional, pelo contrário o mundo estaria com vista a uma calamidade global. Assim, sendo esses temas objetos de debate, iniciou-se e expandiu-se o debate propriamente dito sobre o meio ambiente no mundo.

Na **década de 70**, os países começaram a estruturar seus órgãos ambientais e estabelecer suas regulamentações legais relativas ao tema ambiental. Têm-se intensificado os movimentos sociais na Europa, nos Estados Unidos, no Brasil, dentre outros.

Na Conferência de Estocolmo, realizado em 1972, foram tratados diversos assuntos relativos à temática ambiental, em decorrência deste evento, destacaram-se os seguintes pontos: um chamado de atenção à comunidade internacional sobre a degradação ambiental; estabelecimento das bases legais internacionais sobre o tema; posição contrária à proposta de crescimento econômico zero para o mundo, no qual o Brasil junto a outros países periféricos em desenvolvimento, "defendeu o direito de crescer e de ter acesso aos padrões de bem-estar alcançados pelas populações dos países ricos" (SOUZA, M., 2000); criou-se o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o Programa de Observação da Terra e a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD).

Para Diegues (1989), a Conferência de Estocolmo pode ser considerada como um marco não somente por dar forma à crescente consciência global sobre os problemas ambientais, mas, principalmente por introduzir uma discussão crítica em defesa mundial sobre os modelos de desenvolvimento.

Na **década de 80** entraram em vigor as respectivas legislações de caráter ambiental, executaram-se as EIA e RIMA para empreendimentos econômicos.

Foi publicado o Relatório Brundtland *Nosso futuro Comum* em 1987, o que apresentava uma proposta de buscar o desenvolvimento sustentável por meio de uma nova ordem econômica internacional, a partir do qual, difundiu-se a noção do desenvolvimento sustentável que significaria "atender as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades". Este documento apontava que as desigualdades são o maior problema ambiental. O relatório foi objeto de críticas a partir de diferentes óticas em vários momentos, entre elas destaca-se que o desenvolvimento sustentável pode ser interpretado no marco das relações capitalista de produção, por tanto não propõe padrões diferenciados de distribuição de renda. Sachs (1980) advertiu da falácia do binômio poluição/pobreza, argumentando justamente com os baixos índices de consumo das populações do Terceiro Mundo.

Deve-se sublinhar que o termo ecodesenvolvimento foi introduzido por Maurice Strong, na Conferência de Estocolmo, em 1972 (RAYNAUT e ZANONI, 1993 *apud* SOUZA, R. 2000). A partir da abordagem do ecodesenvolvimento evoluiu para o termo desenvolvimento sustentável, o qual, depois de sua publicação no Relatório de Brundtland *Nosso Futuro Comum* em 1987, foi amplamente difundido. Também deve ser esclarecido que em diversas fases dos debates, no âmbito acadêmico e institucional, houve contribuições na elaboração do conceito e/ou discurso do desenvolvimento sustentável. Alguns eventos mais relevantes são os seguintes: a) a apresentação do Clube de Roma, em 1972, sobre a Tese dos limites do crescimento; b) a proposta alternativa do Ecodesenvolvimento, em 1973, que coloca princípios básicos de caráter holístico e sistêmico, além de inserir o sistema econômico no ciclo ecológico geral; c) a Declaração de Cocoyok, em 1974, afirmando que "não existe somente um mínimo de recursos necessários para o bem estar do indivíduo; existe também um máximo. Os países industrializados têm que baixar seu consumo e sua participação desproporcional na poluição da biosfera" (BRÜSEKE, 1995); d) o Relatório Dag-Hammar skjöld, em 1975, que divide com a Declaração de Cocoyok, o "otimismo que se baseia na confiança de um desenvolvimento a partir da mobilização das próprias forças" (BRÜSEKE, 1995); e) o Relatório Brundtland, em 1987, na qual é proposta o conceito de desenvolvimento

sustentável, e f) a Conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992, na qual houve avanço na discussão sobre a consciência dos perigos, no mundo, que acarretariam com o atual modelo de desenvolvimento (REGIOTA, 2001), além da elaboração de um referencial de atividades, a Agenda 21, a ser seguida para a busca do desenvolvimento sustentável.

O Convênio Internacional de Basileia, em 1989, estabelece regras para os movimentos transfronteiriços de resíduos, dispõe sobre o controle da importação e exportação e proíbe o envio de resíduos para os países que não dispõem de capacidade técnica, legal e administrativa para recebê-los.

A **década de 90** foi marcada pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizado em Rio de Janeiro, em 1992. Realizou-se a convenção sobre mudanças climáticas e a convenção sobre biodiversidade, nas quais se estabeleceram acordos de ações internacionais a serem aplicados com base na exortação moral e política. Elaborou-se o Protocolo de florestas e a Agenda 21, sendo esta última, uma lista ou tipo de roteiro estratégico a ser seguido para alcançar o desenvolvimento sustentável. Reafirmou-se, o que estava presente no Relatório Brundtland, a importância da participação social na tomada de decisões em seus respectivos espaços comuns e a busca por um novo padrão de desenvolvimento (SOUZA, M., 2000). Cabe destacar também a elaboração da Carta da Terra, na qual se dão princípios de conduta básicos para as nações em suas relações recíprocas e com a Terra. Paralelo ao evento Rio -92 ocorreu também o Fórum Global da Sociedade Civil, encontro que foi considerado como um marco da organização da sociedade civil, significou um novo paradigma mundial sobre a questão ambiental e as relações do ser humano com a natureza.

Na presente década aconteceu em Johannesburgo a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável - Rio+10. Dentre os principais pontos incluídos no acordo final de Johannesburgo podem ser destacados os seguintes (RIO +10, 2003):

- a) Reduzir à metade o número de pessoas que vivem sem água e acesso a serviços sanitários para 2015;
- b) Aumentar o uso de fontes de energias renováveis e fazê-las mais acessíveis aos pobres, mas sem estabelecer prazos concretos;



- c) Estabelecer um fundo para ajudar a erradicar a pobreza com contribuições voluntárias. A França pediu um imposto de solidariedade internacional e a Itália se comprometeu em cancelar US\$ 2.500 milhões da dívida dos países pobres;
- d) Conseguir um acordo da Organização Mundial do Comércio para que os patentes não obstrua que os países pobres possam subministrar remédios para toda a população;
- e) O tratado de Kioto reviveu na conferência logo de que a Rússia anunciara que o irá ratificar;
- f) Reduzir a perda decursos naturais e biodiversidade para 2015;
- g) Conseguiu-se um acordo para que a Organização Mundial do Comércio não possa anular tratados ambientais globais.

## **2.2 A questão ambiental**

Atualmente existe uma ampla literatura sob a denominação questão ambiental, abordando problemas ambientais a partir de diferentes perspectivas. Para Souza, R., (2000) a questão ambiental "corresponde à emergência no cenário internacional desse conjunto de problemas ambientais que estariam associados ao processo de crescimento econômico e populacional, de concentração industrial e de urbanização".

Basicamente, de acordo com Almeida<sup>1</sup> a questão ambiental, está configurada, nas inter-relações da política - economia – ecologia (informação verbal). Entretanto, a conscientização, a ética, o conhecimento e a visão sobre o meio ambiente, têm conduzido para a institucionalização gradativa da dimensão ambiental. Historicamente, a questão ambiental tem sido influenciada pela concepção de natureza pelos seres humanos, movimentos ambientalistas e paradigmas da ciência. Hoje, as questões ambientais, são moldadas com bases teóricas ideológicas na política - economia - ecologia.

### **2.2.1 Concepção de natureza: Cosmologias**

No Quadro 2.1 é apresentada uma síntese comparativa de quatro mentalidades cosmológicas construtivas: grega, renascentista, moderna e contemporânea, nas quais

---

<sup>1</sup> ALMEIDA, Jalcione. Professor da disciplina Sociedade e Natureza do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural da UFRGS. Porto Alegre-RS, setembro de 2001.

coloca-se em foco a idéia de natureza e as relações da sociedade com a natureza. A seguir, este análise limita-se a complementar com as argumentações consideradas relevantes, segundo os objetivos deste capítulo.

Para os gregos, a concepção do mundo da natureza, baseava-se no princípio de que "os seres vivos têm uma identidade física, psíquica e intelectual, com corpo, alma e mente do mundo natural" (COLLINGWOOD, 1986), assim, o mundo da natureza estaria saturado ou penetrado pela mente e pelo entendimento. A presença da mente no mundo natural era com um elemento dominante e orientador, dando ordem ou regularidade em si própria e em seu entorno.

### Quadro 2.1 Visões do mundo da natureza nas épocas: grega, renascentista, moderno e contemporâneo

	Visão grega	Visão renascentista	Visão moderna	Visão contemporânea*
Surgimento	Aproximadamente, 5 anos antes de Cristo.	Aproximadamente, entre o século XVI a XVII. Resultou de uma familiaridade crescente com os processos de fabricação de máquinas.	Aproximadamente, fins do século XVIII. Resultou de uma ampla difusão dos estudos históricos.	Resultou da necessidade de compreender a complexidade do real.
Analogia	O mundo natural como um organismo em movimento: a natureza como um macro cosmo e o indivíduo como um microcosmo.	O mundo natural como máquina: a natureza como obra de Deus e as máquinas como obra do ser humano.	Os processos do mundo natural, são estudados pelos cientistas da natureza, e as vicissitudes dos problemas humanos, são estudadas por historiadores	O mundo natural como um sistema complexo de auto- organização.
Caracterização	O mundo da natureza é considerado como um mundo de corpos em movimento em si mesmo, devidos à vitalidade ou alma do mundo. Dado que o mundo natural é de movimento perpetuado, regular ou ordenado, por tanto, é vivo, inteligente racional e com mente própria.	O mundo natural é concebido como uma máquina, como uma coordenação de partes de corpos conjugados, impelidos e destinados para um fim definido por um espírito inteligente que lhe é exterior. Esta concepção baseai-se em dois aspectos: na idéia cristã de um Deus criador e onipotente; e na experiência humana do desenho e da construção de máquinas.	O pensamento moderno foi dominado pela idéia de progresso, ou evolução, que deriva do princípio de que a história nunca se repete. Assim, a concepção histórica da mudança, ou progresso, cognoscível cientificamente, era aplicada, sob a designação de evolução, ao mundo natural.	O mundo natural como sistema auto-organizativo, implica um sistema complexo e dinâmico, acoplado a seu ambiente externo, com uma estrutura auto-reflexiva, representada por seus entrelaçamentos da produção de seus componentes, e por sua vez, a interação de seus componentes produz seus entrelaçamentos.
Principais consequências	As mudanças naturais eram consideradas cíclicas, como uma rotação uniforme.	Surgimento da ruptura das relações entre a sociedade e natureza.	As mudanças naturais eram progressivas, como uma espiral. A natureza deixou de ser mecânica. Reaparecimento da teologia.	Responsabilidade e ética entre os agentes do sistema complexo.

Fonte: Elaborado a partir de Collingwood (1986)

\* Este pensamento encontra-se em construção

Collingwood (1986), assim escreveu sobre a visão grega da natureza:

a vida e a inteligência das criaturas que vivem à face da Terra e em regiões a ela adjacentes [...] representam uma organização local especializada dessa toda – poderosa vitalidade e racionalidade, de tal maneira que uma planta ou animal, de acordo com suas idéias, participa psiquicamente, em determinado grau, no processo vital da alma do mundo e intelectualmente na atividade da mente do mundo, não menos do que participa materialmente na organização física do corpo do mundo.

Para os renascentistas, o mundo natural não era uma organismo como foi concebido pelos gregos, o mundo natural era desprovido de inteligência e de vida, então, era incapaz de ordenar os seus próprios movimentos racionalmente. Os movimentos que a natureza manifestava e suas regularidades eram devidos às leis da natureza impostas pelo exterior.

Os pensadores da renascença assim como os gregos viam na ordenação do mundo natural uma manifestação de inteligência, mas para os gregos essa inteligência era própria da natureza, ao passo que para os renascentistas era algo para além da natureza, isto é, o criador divino e senhor da natureza. Esta idéia fez com que o debate sobre a teoria do espírito se tornasse predominante sobre a teoria da natureza. A questão era como pode o espírito relacionar-se com algo que lhe é totalmente alheio, algo que essencialmente é mecânico e não mental, como a natureza. Em todas as circunstâncias, as respostas dos filósofos do espírito tais como Berkeley, Hume, Kant e Hegel, sempre era a mesma: "o espírito faz a natureza; a natureza era assim apresentada como, digamos, um subproduto da autônoma e auto-existente atividade do espírito".

A concepção renascentista, afirmou dois aspectos que nunca pretendeu significar: primeiro, a natureza era radicalmente não mental, ou mecânica, e essencialmente alheia ao espírito; segundo, a natureza não era uma ilusão ou um sonho do espírito, mas uma criação realmente produzida e, porque produzida, realmente existente.

Para os gregos, de um lado, todo o que era cognoscível era imutável, de outro lado, o mundo da natureza era o mundo de contínua e profunda mudança, por tanto, uma ciência da natureza era impossível. Mas os pensadores renascentistas evitaram essa conclusão por um distinguo, consideraram que o mundo da natureza era incognoscível; porém, afirmou-se que por detrás desse mundo estão os verdadeiros objetos da ciência natural: primeiro, há a *substância*, ou *matéria*, em si mesma não sujeita a mudança; em segundo lugar, havia

as *leis* naturais segundo as quais as composições e as ordenações mudavam. Estes dois fatores, matéria e lei natural, eram objetos imutáveis e cognoscíveis da ciência natural. Estas concepções foram objeto de discussão até que na ciência moderna ou evolucionista, não eram mais colocadas. Nesta época, a história já tinha instituído como ciência, os historiadores já haviam elaborado um pensamento próprio, que conseguiam pensar cientificamente sobre o mundo dos problemas humanos em mutação constante, mundo no qual, achavam eles, "não havia nenhum substrato imutável para além das mudanças e nenhuma lei imutável que regesse essas mudanças". Assim, a experiência demonstrava que o conhecimento científico era possível em relação a objetos em constante mudança.

O pensamento contemporâneo sobre o mundo natural encontra-se em construção. Neste sentido, "atribuindo-se à teoria de auto-organização o caráter de um paradigma novo, podemos esperar não apenas respostas a problemas sem solução na tradição das ciências naturais, senão também a abertura de um horizonte temático até pouco tempo inacessível ou desconhecido" (FLICKINGER, 1993).

O maior paralelismo entre a visão grega e contemporânea, resulta de que ambas concordam que o mundo natural é dinâmico e organizado, mas os gregos admitem que isto acontece por ser o mundo natural vivo, inteligente, racional e possui mente própria, ao passo que o pensamento contemporâneo reconhece que a "auto-organização" de um sistema vivo acontece por ser a cognição uma função biológica interna ao sistema.

Entre as principais conseqüências das visões sobre o mundo natural podem-se destacar:

Os pensadores gregos, renascentistas e modernos concordavam em que tudo no mundo da natureza, encontrava-se num estado de mudança constante, mas para os gregos essa mudança era de caráter cíclico, como uma rotação uniforme. As mudanças aparentemente cíclicas (que foi sustentada pelos gregos), sendo na realidade progressivas (que foi sustentada pelo pensamento moderno), pode-se esclarecer assim: *subjetivamente*, aquilo que foi considerado idêntico era apenas similar e *objetivamente*, aquilo que foi considerado de movimento de rotação ou circular era um movimento em espiral.

Para o pensamento moderno a natureza deixou de ser mecânica. Segundo a teoria evolucionista, pode haver elementos mecânicos na natureza mas a natureza não pode ser em si mesma uma máquina e não pode ser descrita nem como um todo nem algumas das suas parte, em termos mecânicos.

No âmbito da cosmologia moderna, na ciência natural reapareceu a teologia como *causas finais*, quando se discutiram a relação da máquina com seu criador, argumentava-se que o esforço da natureza para a realização de uma coisa que ainda não existe - deve ser excluída da ciência natural, sendo que a essência desse esforço era apropriada na esfera da mente.

No pensamento renascentista tem ocorrido a ruptura entre a natureza e a sociedade, onde, de um lado, o ser humano considerava-se o centro do mundo ou antropocêntrico, de outro lado, a natureza era desvendada pela ciência, através da qual e junto com a tecnologia, o ser humano instrumentalizou-se para intervir com maior intensidade sobre a natureza.

A ciência em função das visões do mundo natural tem adotado paradigmas científicos que inegavelmente tem contribuído ao bem estar de uma parte da humanidade, mas, também, tem contribuído negativamente no contexto da questão ambiental. O paradigma científico tem recebido críticas, principalmente porque se tornou incapaz de conhecer, apreender, e, portanto, explicar a complexidade do real (MORIN, 1997).

No âmbito das ciências, atualmente há preocupações de rever as possibilidades de conciliação entre o sistema natural e social, nesta perspectiva, teorias e metodologias, estão sendo desenvolvidas, tanto na esfera das ciências sociais como das ciências naturais provavelmente, por exemplo, a teoria da auto-organização, o enfoque sistêmico, a hermenêutica como paradigma da compreensão (FLICKINGER, 1993; DILCEU 2000), a teoria da complexidade (MORIN, 1997), a abordagem transdisciplinar, a cognição como função biológica (SILVA, 1998), etc. Uma revisão das mesmas, não esta ao alcance deste trabalho.

### **2.2.2 A ciência diante a natureza: As ciências ambientais**

Já na época dos gregos, o ser humano diante a natureza era concebido no mesmo plano, ou seja, o indivíduo formando parte integrante de todas as outras espécies (do sistema natural), onde o ser humano como qualquer outro ser vivo, era exposto a inúmeros riscos e ameaças 'a sua sobrevivência. Porém, a diferença de outros seres vivos, o ser humano dotado de sensatez, razão e inteligência, desenvolveu seus instrumentos, como a ciência e a tecnologia.

Valendo-se deste instrumento, no processo de civilização, o ser humano, além de desenvolver seu meio social (cultural), teve em mente a idéia audaciosa de dominar a natureza (GONÇALVES, 1993; MORIN, 1997). O domínio sobre a natureza era vista como essencial para progresso e para a sobrevivência da raça humana (McCORMICK, 1992). O ser humano por sua conta e risco, havia-se distanciado da natureza, de modo que, hoje é possível observar a existência de dois grandes sub-sistemas complexos: o sistema natural -físico e o sistema social -humano. Historicamente, o primeiro tem sido estudado pelas ciências naturais, onde a racionalidade objetiva era o elemento orientador para os estudos da efetuação natural; o segundo pelas ciências sociais, na qual a subjetividade era outro elemento condutor aos estudos da efetuação social. Assim, a ciência tornou-se pouco eficaz de dar soluções à problemática ambiental, uma vez que esta se inscreve como produto da interação do sistema social com o sistema natural. Desta maneira, a configuração da ciência através dos seus paradigmas científicos tem influenciado na questão ambiental.

#### **2.2.2.1 Configuração da ciência moderna**

De acordo com Gonçalves (1993), a ciência moderna é instituída por uma sociedade, por uma cultura, num processo que começa a se configurar com o Renascimento no século XVI e se consolida nos séculos XVIII e XIX. O autor assinala que essa ciência foi configurada sob três eixos: a oposição ser humano natureza, a oposição sujeito e objeto e o paradigma atomístico - individualista.

**A oposição ser humano natureza** - Segundo Rohde (1996) as preocupações com a imersão ou ruptura dos seres humanos com a natureza, nasce já mediada pelo pensamento humano. O pensamento científico moderno funda-se na dessacralização completa da natureza e na autonomia da razão humana. Nos termos de Flickinger (1994) diz assim:

em primeira linha, a autonomia e a unidade da razão humana é considerada o verdadeiro fundamento, de nosso saber cientificamente legítimo, dando-se a este fundamento, o poder de fazer do mundo real o seu objeto disponível, ou melhor ainda, administrável e manejável.

A partir do surgimento da ciência da natureza, de um lado e das ciências humanas, do outro, ambas vivem radicalmente separadas. Descobertas realizadas em um ou em outro desses campos ficam neles isoladas, como se houvesse uma alfândega proibindo que

saíssem das fronteiras de cada área do conhecimento (GONÇALVES, 1993). Historicamente, os cientistas naturais, sob uma visão de racionalidade objetiva, estudam a efetuação natural, como se a ação humana sobre ela fosse não significativa ou não existisse e, de outro lado, os cientistas do campo humano-social, adotando a visão subjetivista, estudam a efetuação humana sobre (ou entre) seres humanos, menosprezando as influências da natureza sobre as organizações sociais (ROHDE, 1996). Assim, a tendência é cada vez maior o distanciamento entre ambas ciências, pois,

atualmente os cientistas perseguem o conhecimento dentro de campos tão especializados que um físico, um biólogo e um psicólogo chegam a ponto de não compreender os trabalhos realizados nas áreas em que os outros atuam (WEATHERALL, 1970).

Se a função da ciência é de "aperfeiçoar-se, através do acervo de conhecimentos, da sua relação com seu mundo" (LAKATOS e MARCONI, 1992), tal objetivo não está sendo atingido pela situação disjuntiva da ciência natural e social (ROHDE, 1996).

Diante da problemática da saída do ser humano da natureza, propõe-se tentativas de inserção dos efeitos do ser humano sobre a natureza, considerando-os, quase de forma analítica, como os impactos ambientais. Enfatiza-se a abordagem inter e transdisciplinar (como complemento à abordagem unidisciplinar) para integrar os conhecimentos diferenciados dos especialistas da ciência natural e social. Também é proposto o enfoque sistêmico, como complemento ao enfoque analítico (MARZALL, 1999), para compreender a totalidade do sistema complexo, considerando-se as interações, hierarquias e estruturas dos elementos que o compõem.

**A oposição sujeito e objeto** - A separação entre espírito e matéria, assumida pela filosofia medieval, assume feições modernas na separação entre sujeito e objeto. Nas palavras de Morin (1997) "René descartes formulou a disjunção - uma noção lógica, portanto, entre, de um lado, o que se pode chamar sujeito, eu pensante, espírito domínio da filosofia, e, de outro, o que se pode chamar objeto, coisa, matéria, denominada ciência".

Sob a lógica dessa disjunção, os desenvolvimentos da filosofia e da ciência tomaram rumos mais diferentes, e o ser humano - sujeito, debruçou-se sobre a natureza - objeto, tornada coisa. (GONÇALVES, 1993).

O problema central do pensamento científico moderno reside no problema da relação entre o sujeito e o objeto (ROHDE, 1996; GONÇALVES 1993; MORIN, 1997), visto que as verdadeiras formas ou estruturas de conhecimento são resultados de um processo de interação radical entre o mundo do sujeito e o mundo do objeto. Mas esta interação é ativada pela ação do sujeito (BECKER, 1993).

Este problema, segundo Rohde (1996), tem duas implicações de contradição em uma abordagem ambiental. A primeira é que

a separação entre objeto (através da objetificação) e o campo da realidade profunda é feita situando a coisa real (objeto) em um âmbito que se põe como fundo. Como então separar o meio ambiente (a ser objetificado) de um fundo, uma vez que o próprio ambiente constitui a temática a ser objetificada, causando uma superposição - total ou parcial - do objeto como o fundo? Como separar a realidade do ambiente?

A segunda,

deriva do próprio processo de objetificação, no momento em que o sujeito, observador da Realidade a ser objetificada, está, também, incluído no ambiente (a ser objetificado).

Diante a problemática da oposição sujeito-objeto, segundo Deheinzelin (1993), pela primeira vez na história da ciência, sujeito e objeto são vistos como mutuamente constitutivos. Seguindo a visão construtivista do conhecimento, o objeto de conhecimento é uma construção inteligente do sujeito, ao mesmo tempo em que o sujeito se constitui pelo objeto nessa mútua e inseparável interação. Ainda, numa perspectiva construtivista, as efetuações deste mundo são influenciadas (ou dependem) dos seres humanos, que, como sujeitos *ativos* não apenas respondem aos estímulos do seu entorno, mas também se engaja, luta e procura fazer sentido das coisas (HOLZ *et al.*, 1998).

**O paradigma atomístico - individualista** - O paradigma atomístico - individualista tem profundas raízes na realidade histórico-concreta dos homens. Este paradigma penetrou a imaginação do ser humano moderno, assim, sua ciência, sua filosofia, seu conceitos de natureza e de ser humano eram moldados com base reducionista, na unidade elementar. Gonçalves (1993) diz assim:

na física, o átomo; na biologia, o organismo, depois a célula e, finalmente a unidade elementar, a molécula; nas ciências do ser humano o indivíduo - enfim, por toda a parte a unidade elementar, indivisível, nuclear, o indivíduo reinava.



Segundo Gonçalves (1993), este paradigma tem sido problematizado em diversas áreas do conhecimento. No início do século XX, Rutherford confirmou que o átomo já não é uma unidade primeira, indivisível e irreduzível, é um sistema constituído por partículas em interações mútuas. Os psicossociólogos como Durkheim e antropólogos como Malinowski sustentam que o ser humano vive em sociedade e surge a idéia do sistema social. No âmbito econômico, "o capital é uma relação social que se instaura num contexto de luta e não porque é melhor, mais racional ou natural". A sociedade humana não é uma soma de indivíduos, além de haver sinergia, através de suas interações, no seu desenvolvimento, existem "comportamentos e papéis tradicionais transmitidos de uma geração a outra por iniciações de ordem individual e coletiva".

Diante do reducionismo atomístico-individualista até então dominante, propõe-se agora o enfoque sistêmico e holístico, que enfatiza as inter-relações e interdependências entre elementos constituintes de um sistema, assim, onde reinava o indivíduo, reina agora o todo, culminando com a teoria geral dos sistemas de Ludwig Von Bertalanffy.

#### **2.2.2.2 A emergência da ciência ambiental**

Como foi mencionado anteriormente, na interface do meio natural e meio social há uma situação omitida entre as ciências naturais e sociais: Aqui, "o estudo da efetuação humana sobre a efetuação natural e da efetuação natural sobre a efetuação humana configura o lugar epistemológico de um possível posicionamento da Ciência Ambiental" (ROHDE, 1996). Assim, a questão ambiental é o campo privilegiado das inter-relações sociedade-natureza, razão pela qual seu conhecimento exige um enfoque sistêmico - holístico e uma abordagem inter e transdisciplinar que permitam a integração das ciências da natureza e da sociedade, das esferas do ideal e do material, da economia, da tecnologia e da cultura (UNESCO, 1986 *apud* LEFF, 2000).

Nesta perspectiva, para Rohde (1996) a Ciência Ambiental é aquela ciência que leva em conta a processualidade entre a efetuação natural e a humana, a complexação artificial da complexidade natural, as relações interativas entre os sistemas naturais e sociais (ou culturais). Ainda, a ciência ambiental focaliza mais a processualidade do que os objetos, mais as interações do que os compartimentos; é mais conjuntiva do que parcelar; não se esgota na perspectiva do olhar analítico, mas instaura -em contrapartida -a leitura interpretativa.

Contudo, para Rohde (1996) as ciências ambientais "ainda não tem estatuto próprio, autonomia, um método de abordar a realidade e muito menos, pressupostos ou limites claros, exatos".

De acordo com Rohde (1996), na ciência ambiental pode-se identificar, pelo menos três diferentes níveis de estudo: a) nível teórico, no qual é abordada a efetuação humana como modificadora do Real e, em decorrência, do campo epistêmico; b) nível sistêmico, no qual se abordam as interações (artificiais) do ser humano com a Natureza, a mudança global, a retro-alimentação entre sistemas naturais e culturais, os efeitos e impactos antropúrgicos sobre o meio ambiente; c) nível empírico, no qual se abordam os resíduos, as emissões, os ruídos, os efluentes, etc.

Finalmente, Rodhe (1996) identifica quatro posicionamentos epistemológicos para o campo ambiental:

**O posicionamento anarquista** - se fixa na imposição da dissolução das fronteiras disciplinares, sendo consideradas arbitrárias, deformadas e incapazes de dar conta da situação atual. Além disso, se fixa no núcleo de qualquer disciplina, uma vez dada a ausência de delimitação científica. A postura anarquista busca atacar as bases da cientificidade colocando-a, em pé de igualdade, com a teologia, o senso comum, conhecimento tradicional e a metafísica, por exemplo.

**O posicionamento pós normal** - o seu pressuposto básico é que uma espécie de amplificação deslocada do conceito kunhniano de normalidade, que sai de uma disciplina científica e vai para a própria realidade. Em outros termos, o mundo é que está errado ou diferente, e não a forma de abordá-lo pelas ciências. Logo, é proposto uma nova ciência pós normal. A ciência pós normal é orientada por questões, ao passo que a ciência tradicional (ou pura) é motivada pela curiosidade.

**O posicionamento unificador sistêmico** - está baseado na aplicação da teoria geral de sistemas. As questões éticas, históricas-sociais e necessidades de uma nova empiria não foram resolvidas.

**O posicionamento proposto por Rohde** - Prevê a abordagem ambiental como multicêntrica, complexa com diversidade de escalas, através do enfoque sistêmico, da inter e transdisciplinariedade. Coloca a inter-relação entre natureza e sociedade em interfaces e

questões, visando superar o paradigma cartesiano disjuntivo. Inclui uma fundamentação metafísica da efetuação. Busca do estabelecimento da reprocessualidade ser humano-natureza através do princípio e do contexto da teoria de auto-organização.

### 2.2.3 Movimentos sociais ambientalistas

Os movimentos ambientalistas têm surgido em diferentes épocas e lugares, entre diferentes estratos sociais, e têm evoluído a partir da problemática local para o global. O surgimento se deve a diversas razões e motivações: interesses pela história natural, influências do romantismo e do darwinismo, na América do Norte e na Europa (McCORMICK, 1992), e permanentes denúncias aos impactos ambientais, aumento da consciência ambiental da população, no caso do Brasil (VIOLA, 1992).

De acordo com Viola (1992) o ambientalismo pode ser percebido sob três perspectivas: a) como um *'grupo interno de pressão ou interesse'* ao sistema político constituído, afim de atender uma demanda de proteção ambiental para problemas bem definidos, sem contestar ou desafiar aspectos normativos e gerais do funcionamento da sociedade; b) como um *'novo movimento social'* ao propor a questão ecológica como forma crítica e alternativa em relação à ordem existente, com conteúdo fortemente normativo (como acontece com questões relativas ao pacifismo e ecofeminismo); c) como *'movimento histórico'* admite que o atual modelo de desenvolvimento é insustentável a médio ou longo prazo (em consequência do crescimento populacional exponencial, depleção da base de recursos naturais, sistemas produtivos que utilizam tecnologias poluentes e de baixa eficiência energética e sistema de valores que propiciam a expansão ilimitada do consumo material) e que as transformações necessárias supõem a existência de um movimento multissetorial e global, capaz de mudar os principais eixos civilizatórios da sociedade contemporânea.

Viola (1992) no ambientalismo brasileiro identifica duas fases: a fase fundacional, no período 1971 a 1986, caracterizada pelas permanentes denúncias, muitas vezes radicais, da degradação ambiental, e dos impactos ambientais, como seu motor explícito ou implícito, na formação de associações (por exemplo, em julho de 1971, José Lutzenberger funda em Porto Alegre a Associação Gaúcha de Proteção ao Ambiente Natural –Agapan) e outros grupos ambientalistas em defesa pela preservação dos recursos naturais e da

qualidade de vida nas cidades. Tudo foi motivado por uma crescente conscientização da população com relação à problemática ambiental.

A fase de transição, no período 1987 a 1991, é caracterizada por um movimento generalizado de institucionalização sob duas dimensões: a) a emergência de novas organizações com perfil profissional e corpo técnico e administrativo pagos pela organização, captação sistemática de recursos financeiros, definição precisa da área de atuação da organização com metas concretas viáveis e avaliação do desempenho para atingir as metas; b) a profissionalização parcial de um setor das associações que tinham sido previamente amador. As entidades profissionais tiveram nítidas influências sobre as agências estatais do meio ambiente, o legislativo e o empresariado, além disso, constituíram um agente social de incorporação de um novo estilo administrativo no país.

Os movimentos sociais, embora não tenham como eixo de ação a questão ambiental, mas incorporaram a proteção ambiental em seu trabalho, denominou-se como movimentos socioambientalistas, entre os quais, segundo Viola (1992) destacam-se os seguintes: movimentos dos atingidos pelas barragens, movimentos dos seringueiros, movimentos indígenas, alguns setores dos movimentos dos trabalhadores rurais sem terra, setores do movimento de mulheres, setores do movimento de bairros (os que surgiram após a agressão ostensiva ao ambiente por parte de uma fábrica e, aqueles que se articulam a partir de mutirões e núcleos pró-melhoria da qualidade de vida, reciclagem de lixo, limpeza de rios, lagoas, etc.), movimento pacifista, movimento de defesa do consumidor, movimento pela saúde ocupacional, um setor reduzido do movimento estudantil que trataram de debater o problema ambiental na universidade, grupos para o desenvolvimento do potencial humano (homeopatia, acupuntura, yoga, etc.).

O pensamento ambiental brasileiro muda em torno à Eco 92, já não se fala da proteção ambiental sem separar do desenvolvimento econômico. O eixo de debate passa a ser, então, como atingir o desenvolvimento sustentável. A importância discursiva da questão ambiental traduz-se numa legislação relativamente avançada.

De acordo com Zinato (2000), a Política Nacional de Recursos Hídricos registra três aspectos de mudança: a) a água é um bem vulnerável, finito e, por isso mesmo, de valor econômico; b) a unidade de planejamento deve ser a bacia hidrográfica; e c) a mobilização social é fator primordial na proteção e recuperação dos recursos hídricos. O

primeiro aspecto refere-se à mudança do comportamento marcado pelo desperdiço. O segundo aspecto refere-se à adoção de um novo ponto de vista técnico para o planejamento. O terceiro refere-se com o avanço em democracia, exigindo uma mudança de comportamento, de hábitos arraigados, de participação nas inúmeras reuniões dos diversos conselho, comissões, associações e, agora dos comitês de bacia. No entanto, os atores têm suas próprias agendas específicas e estreitas e há dificuldade de falarem entre si com uma linguagem comum (WHIPPLE, 1998).

#### **2.2.4 Política ambiental**

Em termos gerais, pode ser entendida a política como arte relacionada com o exercício do poder e suas conseqüências desse exercício. O poder relaciona-se com as mudanças de situações, que para sua efetivação requer tomar decisões e ações (RIBEIRO, 1998; SOUZA, M., 2000). Nesse sentido, para Souza, M., (2000), "a política pode ser vista como um processo por meio do qual interesses levam à formulação de decisões e ações significativas que sejam levadas adiante, de modo a modificar situações dentro da sociedade".

Para Muller e Surel (2002) o conceito de política pública configura-se sob três rubricas elementares: "uma política pública constitui um quadro normativo de ação; ele combina elementos de força pública e elementos de competência; ela tende a constituir uma ordem social".

Com relação a uma política ambiental, para sua efetiva implementação, segundo Souza, M., (2000), deve apresentar os seguintes elementos: a) os objetivos e pressupostos que representam o que deve ser perseguido; b) os instrumentos que tratam como implementar a política; e c) a definição dos aspectos institucionais que define o quem implementa.

O processo de instituição e consolidação da política ambiental brasileira foi influenciada principalmente por três aspectos:

- a) a partir de dois grandes princípios na Constituição Federal em 1988, no primeiro diz: "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado"; num segundo diz: "o poder público e a coletividade tem o dever de preservar e proteger o meio ambiente";

- b) a efetividade do aparelho do Estado como gerente e reprodutor de correlação de forças políticas, sociais e econômicas (ANTUNES, 1992), isto, naturalmente, relaciona-se com o movimento bisetorial - Estado e sociedade civil, configurando-se propostas provenientes de ambos os setores, mantendo simultaneamente relações complementares e contraditórias, isto é, nas palavras de Montibeller (2001), "entidades ambientalistas a denunciar a degradação ambiental forçando a ação do Estado, este a aprimorar a legislação, mas sobretudo resistindo a reconhecer a importância da problemática ambiental" e;
- c) o ambientalismo brasileiro, caracterizado pelas denúncias, criação de uma consciência pública sobre as questões ambientais, iniciativas de articulação de ações multisetoriais com vista ao desenvolvimento sustentável (VIOLA, 1992). Mas certamente, ocorreu de forma diferente em relação aos outros países desenvolvidos, onde se abrem condições para que a luta histórica pela conquista dos direitos abrangesse, ao longo do tempo, parcela consideráveis da população (SANTOS, 1992; SOUZA, M., 2000).

No âmbito das questões ambientais, deve-se destacar o papel dominante do Estado e a constituição da política ambiental, além de ter formulado as estratégias a serem exercidas.

Com relação ao papel do estado diante às questões ambientais, Pádua (1989) indica que "há necessidade de um poder público capaz de impedir agentes privados de destruírem o espaço público, os bens comuns e, assim, se autodestruírem simultaneamente". Souza, M., (2000), salienta que:

o governo tem um papel muito importante nesse processo. Ao perseguir o bem-estar comum, ele deve fazer com que as demais políticas incorporem a perspectiva ambiental, buscando a consecução dos pressupostos do desenvolvimento sustentável em sua plenitude.

Quanto à implementação da política ambiental, para Souza, M., (2000),

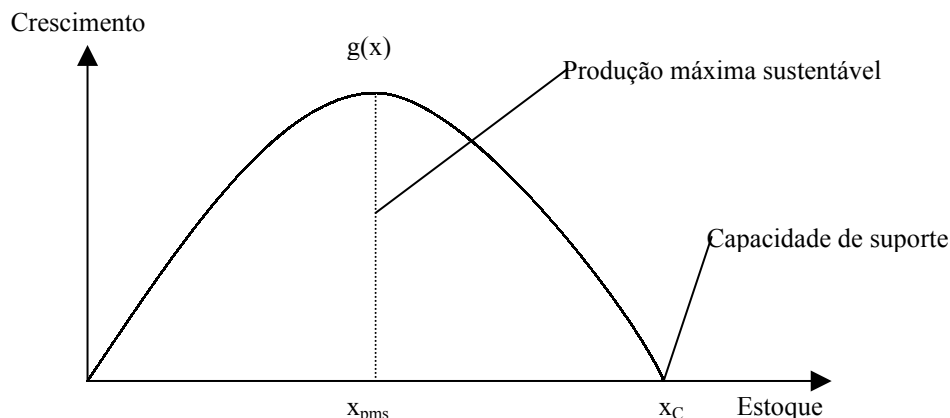
a realidade brasileira mostra que existem sérias dificuldades para a implementação da atual política de meio ambiente. Parte deste descompasso acontece devido ao marcante compromisso da sociedade brasileira com o poder dominante. O descaso, a protelação e a burocracia com que são tratadas questões essenciais, como saúde, educação, emprego e também as questões ambientais, refletem essa realidade. Naturalmente, tudo isso é fruto do processo histórico.

Ainda, o Brasil possui um Estado comprometido com interesses dominantes internos e interesses econômicos externos; é um país de grandes extensões e infinitos recursos e com uma sociedade desorganizada e desmobilizada no que se refere às questões ambientais e na respectiva necessidade de reivindicação por seus direitos, conseqüência do próprio processo de formação do Estado (SOUZA, M., 2000).

### **2.2.5 Economia e meio ambiente**

Na esfera econômica, admite-se dois conjuntos de bens e serviços geradores de utilidade e bem estar social: a) os bens e serviços produzidos pelos seres humanos que seriam consumidos em proporção de uma renda real; e b) os bens e serviços ambientais, que, por hipótese, seriam consumidos independentemente de uma renda real. Entre ambos conjuntos de bens e serviços, a sua relação é dada pela geração de poluição, pelo consumo de recursos, pela transformação de paisagem, etc. Assim, nessa relação haveriam questões centrais que são estudadas no âmbito da economia ambiental: "quanto se deve admitir de redução na qualidade ambiental em função do aumento na disponibilidade de bens e serviços produzidos pelos seres humanos?" "Como se poderia buscar a melhoria na qualidade ambiental ao menor sacrifício em termos de disponibilidade de bens e serviços?". "O objetivo da economia, por tanto, é determinar os níveis ótimos de poluição e de exploração dos recursos naturais bem como quais os instrumentos que nos levariam até eles" (SOUZA, M., 2000).

Basicamente, os recursos renováveis são as que se regeneram em fluxos (por exemplo, os recursos hídricos, pesqueiros e produtos agrícolas, dentre outros.) e os recursos não renováveis ou exauríveis são os que não se regeneram, existindo em quantidade limitada (por exemplo, o carvão, petróleo, gás natural e outros minerais). Na prática, considerar se um recurso é ou não renovável depende de diferentes fatores, tais como da escala de tempo, taxas de exploração, quantidade disponível, etc. (MARGULIS, 1990; LEAL, 1998; ELY, 1996).



**Figura 2.1 Produção máxima sustentável: o ótimo biológico**

Fonte: Margulis (1990)

De acordo com Margulis (1990), Leal (1990), Bellia (1996), na Figura 2.1 ilustra-se a evolução da produção de um recurso renovável, este tem uma capacidade de produção (ou crescimento populacional) dada por uma função  $g(x)$ , onde  $x$  é a quantidade de recurso existente (estoque). Inicialmente, o recurso (ou população) evolui com uma taxa de crescimento crescente, mas este processo não pode continuar indefinidamente por causa da competição pelos insumos entre seus membros. Desta maneira, haveria uma *capacidade máxima de suporte* ou *capacidade de suporte do ecossistema* ( $x_c$ ). O ponto máximo da curva, onde a taxa de crescimento é máximo, corresponde ao ponto de inflexão da curva, onde ocorre uma *produção máxima sustentável* ou *capacidade ótima de suporte* ( $x_{pms}$ ). A partir da ótica ecológica, o ponto ótimo de exploração de um recurso corresponde à manutenção da capacidade ótima de suporte que garante a máxima taxa de renovação do recurso (ou população). Porém, pela ótica econômica dependeria de diferentes fatores, tais como da taxa de juros, dos custos de exploração, do preço do produto, do tempo de planejamento do agente e se o recurso é um bem privado ou comum, etc.

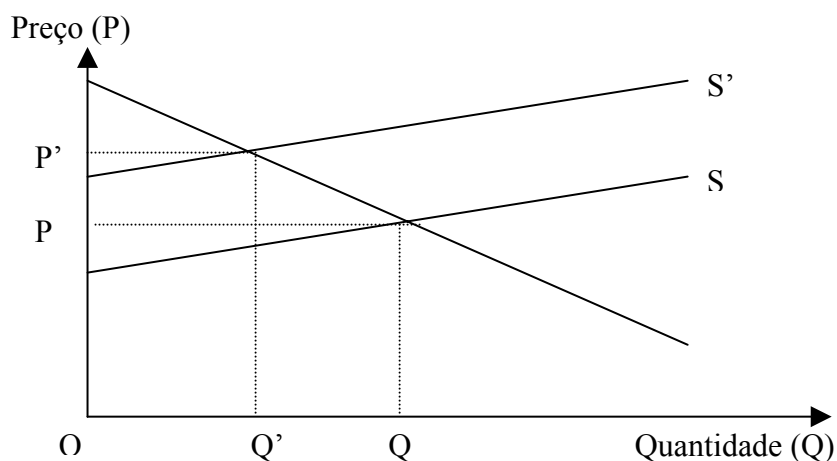
Para o caso de um bem privado, com juros nulos (uma situação inexistente na prática), o ótimo econômico coincide com o ótimo ecológico. Com juros altos, o ótimo econômico pode corresponder até a exaustão do recurso, pois para que a exploração seja ecologicamente sustentável, a taxa de crescimento da população tem que ser no mínimo, igual à taxa de juros (MARGULIS, 1990; LEAL, 1998).

Para o caso de um bem de propriedade comum, a idéia do problema é que cada usuário ignore o *royalty* e não ligue para o congestionamento (MARGULIS, 1990). Então,



se um usuário resolvesse reduzir o uso de um recurso, seu exemplo não seria seguido necessariamente, fazendo com que a soma das decisões individuais para maximizar os ganhos resultasse na utilização do recurso em quantidade maior do que a sua capacidade de suporte (BELLIA, 1996). O resultado será submetido à lei dos retornos decrescentes, ou seja, assim como se expande o esforço de uso do recurso, a produção aumenta numa taxa decrescente.

De acordo com Souza, R., (2000), na Figura 2.2 ilustra-se o equilíbrio de oferta e demanda ao se considerar ou não os custos ambientais. O custo privado da firma, que envolve o cômputo de todos os recursos pelos quais ela paga, é inferior ao custo social de sua produção que deveria acrescer a esses, todos os custos referentes aos recursos (ambientais) pelos quais ela não paga. O ponto ótimo de equilíbrio seria  $P'Q'$ , enquanto que o ponto real de equilíbrio de mercado é  $PQ$ . Nesta diferença se identifica as externalidades que se traduzem como custos ambientais ou sociais.



**Figura 2.2 Equilíbrio de oferta e demanda ao se considerar ou não os custos ambientais**

À luz das duas racionalidades (Figura 2.1 e Figura 2.2) surgem três questões centrais no âmbito da economia ambiental: a) dimensionar a taxa implica a necessidade de mensurar o valor das externalidades, este é um dos maiores problemas da economia, principalmente devido a que o meio ambiente é considerado como um bem público; b) o papel do estado através de instrumentos de política ambiental; c) o papel dos movimentos sociais ambientais para pressionar e, em consequência, efetivar justas e sensatas políticas ambientais.

De acordo com Montibeller (2001), a questão ambiental é tratada através de três correntes da economia ambiental: economia ambiental neoclássica, economia ecológica e economia ecomarxista. O Quadro 2.2 mostra uma síntese das bases teóricas e premissas das referidas correntes da economia ambiental.

**Quadro 2.2 Bases teóricas e premissas de três correntes da economia ambiental: a neoclássica, a ecológica e a ecomarxista**

<b>Economia ambiental neoclássica</b>	<b>Economia ecológica</b>	<b>Economia ecomarxista</b>
<p><b>Teorias clássicas do desenvolvimento econômico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoria ricardiana do desenvolvimento,</li> <li>• Teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter,</li> <li>• Teoria marxista clássica do desenvolvimento capitalista.</li> </ul> <p><b>Teorias e princípios da economia ambiental neoclássica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O princípio da valoração monetária dos bens e serviços ambientais,</li> <li>• Internalização das externalidades,</li> <li>• O princípio do polidor paga,</li> <li>• Os direitos de propriedade,</li> <li>• O valor econômico total dos bens e serviços ambientais,</li> <li>• O método de valoração contingencial,</li> <li>• Análise de benefício/custo.</li> </ul>	<p><b>Ecologia Geral:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoria geral dos sistemas,</li> <li>• Conceito de ecossistema,</li> <li>• Conceito de capacidade de suporte,</li> <li>• Três princípios da ecologia: tudo está ligado a tudo, tudo tem que ir para algum lugar e a natureza sabe tudo.</li> </ul> <p><b>Ecologia humana:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "O estudo do uso de energia e materiais em ecossistemas onde vivem homens e mulheres",</li> <li>• "Ciência de caráter interdisciplinar, voltada a compreender as dinâmicas, processos biológicos, físicos e sociais que se dão entre os homens e o ambiente em que vivem",</li> <li>• O conceito de ecossistema correlaciona o "triplo potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica,</li> <li>• "análise integradora do natural ao humano na síntese geográfica",</li> <li>• Conceito de espaço ambiental.</li> </ul> <p><b>Leis da termodinâmica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A matéria-energia não pode ser criada nem destruída e sim transformada,</li> <li>• "Matéria e energia entram no processo econômico no estado de baixa entropia e saem no estado de alta entropia" (GEORGESCU – RONGEN, 1980),</li> <li>• Reduzir a produção de entropia (o grau de desordem).</li> </ul>	<p><b>Primeira contradição do capitalismo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capital/trabalho,</li> <li>• Centro/periferia.</li> </ul> <p><b>Segunda contradição do capitalismo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Economia/natureza.</li> </ul> <p><b>Principais dialéticas da relação natureza e capital:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Natureza restringe capital porque o favorece,</li> <li>• Capital restringe natureza porque ele favorece a natureza,</li> <li>• Capital restringe natureza porque ele favorece a si próprio.</li> </ul>

Fonte: Elaborado a partir de Montibeller (2001)

**Economia ambiental neoclássica:**

De acordo com Montibeller (2001), as teorias clássicas de desenvolvimento concebidas até por volta do ano de 1970, apesar de serem antigos os problemas ambientais, não levaram em conta a dimensão ambiental tais como a degradação do meio ambiente urbano e rural, poluição e destruição dos ecossistemas naturais e a exaustão de recursos naturais. Na seqüência, o autor após ter feito uma análise de como o pensamento econômico neoclássico trata a questão ambiental, conclui que:

apesar de ser útil para finalidades práticas, não produziu pensamento novo a partir da problemática do meio ambiente: ela apenas incorpora o tema nos seus tradicionais esquemas analíticos (individualismo metodológico; modelo de comportamento otimizador dos agentes; mercado; equilíbrio; máxima eficiência), com o que não dá conta da questão do desenvolvimento sustentável.

### **Economia ecológica:**

A economia ecológica ou ecoeconomia, segundo Montibeller (2001) analisa "a estrutura e o processo econômico de geossistemas sob a ótica dos fluxos físicos de energia e de materiais". Segundo o autor, trata de "integrar na análise desses fluxos a crítica aos mecanismos e preços de mercado e à valoração econômica da economia ambiental neoclássica".

Assim, economia ecológica coloca a problemática da sua incompatibilidade com o capitalismo e a economia de mercado, na qual, enfatiza que o preço de mercado, para alocação de recursos, é fundamentado sobre a troca econômica e ecológica desigual e, em consequência, geram externalidades negativas (custos sociais e ambientais).

Sobre o ponto, de um lado, via o *ecologismo popular*, defende-se a ideia de intervenção nos preços de mercado, visando obter *preços ecologicamente corrigidos*. Aqui, o *ecologismo popular* refere-se à luta das coletividades pobres para garantir sua sobrevivência, protegendo efetivamente o meio ambiente. A elas se atribui a *pressão externa* que está materializada nas políticas ambientais. Assim, os movimentos sociais ambientalistas, defendem o meio natural, ao mesmo tempo em que buscam mudanças sociais e a melhoria das condições de vida dos meios populares (ROUSSET, 1998). De outro lado, propõe-se uma *racionalidade produtiva* ou *racionalidade ambiental*, fundamentada no conceito de produtividade ecotecnológica (LEFF, 1994 *apud* MONTIBELLER, 2001; LEFF, 2000). Ela articula, no manejo integrado dos recursos produtivos, três níveis de produtividade: ecológico, tecnológico e cultural. A produtividade ecológica deve ser medida pela produção de valores de usos naturais e não avaliada pelos preços de mercado. Ela está sujeita a uma taxa básica de produção ecossistêmica, a qual depende dos ritmos de extração e das condições de regeneração de seus recursos em padrões alternativos de aproveitamento. A produtividade tecnológica "em sentido restrito e independente do capital que incorpora – é medida em termos da eficiência mecânica e, sobretudo, termodinâmica dos processos produtivos" (LEFF, 1994 *apud* MONTIBELLER, 2001; LEFF, 2000). E a produtividade cultural, que é gerada "a

partir da reconstrução das práticas produtivas e dos processos de trabalho tendo em conta os valores culturais que normatizam a organização produtiva de uma formação social", é medida através do indicador que a comunidade escolher por seus valores próprios (LEFF, 1994 *apud* MONTIBELLER, 2001; LEFF, 2000).

Na perspectiva da economia-ecológica, a tese do *ecologismo popular* de Martinez – Allier e a proposição do paradigma da racionalidade ambiental de Enrique Leff, apesar de sua reconhecida importância social e ambiental, segundo Montibeller (2001), "não respondem à problemática ambiental colocada pelo capitalismo a si próprio [...], [...] restringem as possibilidades de esta a um relativamente pequeno segmento social<sup>2</sup>, situando à margem, a rigor, da economia de mercado" e do sistema capitalista. Assim, pela via do *ecologismo popular*, como todavia nos mercados que ocorrem não haverá preços ecologicamente corretos, não será alcançada a sustentabilidade no capitalismo. Também, pela via da *racionalidade ambiental*, por seu limitado alcance diante da dimensão global, não se vislumbra a possibilidade atingir a sustentabilidade no capitalismo.

### **Economia eomarxista:**

De acordo com Montibeller (2001), denomina-se ecologia marxista ou eomarxista a corrente que entende ser necessário reconceituar categorias analíticas do marxismo, reconhecendo a dimensão ambiental diante do capitalismo vigente, na qual, a partir do conceito da primeira contradição fundamental, elabora o conceito da segunda contradição fundamental.

A primeira contradição refere-se à oposição entre as forças de produção<sup>3</sup> e as relações sociais de produção<sup>4</sup>, expresso pela crise de realização ou de superprodução (transmutação da mais valia do trabalho em lucro) e pela luta de classes (sendo o movimento do trabalhador organizado o agente social de mudança), pois, como Marx (1975) afirma: "a condição do trabalhador deve piorar à medida que o capital se acumula". A segunda contradição refere-se à oposição entre as necessidades de acumulação de capital e as condições gerais de produção<sup>5</sup>, o qual está expresso pela crise de custos ou de

---

<sup>2</sup> Vinculados a atividades básicas de sobrevivência e/ou próprios do setor primário da economia.

<sup>3</sup> Refere-se ao nível tecnológico e organização geral do processo produtivo (WRIGHT, 1993). Envolve o trabalho, terra, segundo o nível tecnológico.

<sup>4</sup> Refere-se ao conjunto de relações de propriedade e controle sobre os recursos produtivos (WRIGHT, 1993).

<sup>5</sup> Envolve o ambiente construído, ambiente "natural" ou natureza e a força de trabalho.

disponibilidade da natureza (como fonte de riquezas, oferecendo recursos energéticos – materiais e como receptáculo de rejeitos, assimilando produtos poluentes) e pela conscientização ambiental (sendo os novos movimentos sociais os agentes sociais de mudança, colocando impedimentos à atuação do capital), pois a natureza deve ser degradada à medida que o capital se acumula, criando barreiras para sua sustentação, ao ponto de ameaçar a reprodução humana. Naturalmente, nesta tensão antagônica, está associada o papel regulatório do Estado.

Em suma, o ponto central do ecomarxismo é "a contradição entre as relações de produção mais as forças capitalistas de produção e as condições de produção capitalista" (MONTIBELLER, 2001). Assim, a exclusão social e a problemática ambiental são expressões da primeira e da segunda contradição do capitalismo, sendo ambas contradições intrinsecamente entrelaçadas, constantemente no processo capitalista (MINGIONE, 1993).

### **2.3 Desenvolvimento, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade**

Como foi mencionado no início deste Capítulo, numa tentativa de recuperar o significado das noções de desenvolvimento, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, serão abordados a seguir.

#### **2.3.1 A noção de desenvolvimento**

A noção de desenvolvimento<sup>6</sup> tem evoluído através do tempo. Assim, numa visão economista, nos anos do pós-guerra, o desenvolvimento era fundamentado no crescimento do produto ou renda por habitante, isto é, era definido simplesmente como um aumento de consumo de produção de bens materiais e de serviços. No entanto, a partir da década de 60, defendeu-se que o conceito de desenvolvimento deve ser ampliado para além do crescimento do Produto Nacional Bruto. Concordou-se que o crescimento econômico é uma condição necessária, mas não é suficiente para garantir o desenvolvimento e menos continuado. Portanto, o desenvolvimento, deveria ser definido "como um processo que permite aos indivíduos, às comunidades e aos governos recuperarem seus direitos e capacidades sobre o seu próprio futuro". Sendo " essencial

---

<sup>6</sup> Os termos de desenvolvimento e desenvolvimento econômico, de modo geral, são utilizados como sinônimos.

contar com a liberdade para eleger um estilo pessoal de vida de acordo com os valores culturais e tradicionais, e as necessidades sociais" (WAR, 1982).

Deve-se sublinhar que o termo desenvolvimento, associado à idéia de crescimento econômico, confundiu-se com a idéia de progresso, vigente até a década 30. O progresso era entendido como um movimento para frente, na direção do crescimento e ampliação do conhecimento (VARGAS, 2001). Por isso que o progresso foi entendido como progresso das ciências e progresso social, no sentido das liberdades políticas e do bem estar econômico (ALMEIDA, 1995).

Vê-se, então, por essas vias que o desenvolvimento assimilou uma conotação positiva, de pré-julgamento favorável, ele seria em si um bem, pois *desenvolver-se* seria forçosamente seguir em uma direção ascendente, rumo ao mais e ao melhor (ALMEIDA, 2001).

O crescimento significa aumento com conotação claramente quantitativa, enquanto o desenvolvimento além de ter uma conotação quantitativa envolveria aspectos qualitativos (como éticos) desse crescimento (BELLIA, 1996; BORTOLANZA, 1999). Assim, o crescimento econômico se refere a uma expansão física do sistema econômico, expressa pelo incremento da produção econômica, enquanto que o desenvolvimento se refere ao padrão das transformações das estruturas econômicas e sociais, através da melhoria qualitativa do equilíbrio relativo ao meio ambiente (MORCILLO, 1985 *apud* BORTOLANZA, 1999). Ainda, deve-se "considerar o crescimento como uma elevação pura e simples da renda per capita e desenvolvimento como o aumento da renda per capita associada a modificações na estrutura econômica e mudanças políticas, sociológicas, culturais e psicológicas".

Uma síntese das opiniões mais balizadas sobre o significado de desenvolvimento é descrita por Todaro (1979):

desenvolvimento é o processo de melhoria da qualidade de todas as vidas humanas. Três aspectos igualmente importantes do desenvolvimento são: a) aumento dos níveis de vida da população - isto é, sua renda e níveis de consumo de alimentos, serviços médicos, educação, etc. - através de processos de crescimento econômico relevantes; b) criação de condições que contribuam para o aumento do auto respeito da população através do estabelecimento de sistemas econômicos, políticos, sociais e institucionais que garantam a dignidade e o respeito humano; e c) o aumento da liberdade de escolha da população através da ampliação de sua gama de variáveis de escolha.

Ainda, promover o desenvolvimento implica que:

devem-se enfatizar as reformas estruturais (econômicas, sociais, políticas e psicológicas) e institucionais, tanto internas como nas relações internacionais, com vista a: a) eliminar ou pelo menos reduzir a pobreza; b) aumentar as oportunidades de emprego e restringir o subemprego; c) reduzir as desigualdades de renda social; d) elevar os níveis gerais de vida, expressos em melhor saúde, educação, alimentação, etc.; e) possibilitar a ascensão humana e o auto-respeito numa sociedade democrática e justa.

Em termos gerais, o desenvolvimento é concebido como um processo multidimensional, envolvendo basicamente a interação (no sentido recursivo, em espiral e dinâmico) entre os processos econômicos e sociais, cuja finalidade última deve consistir na melhoria das condições de vida ou do bem estar social. Aqui, tanto os aspectos sociais (como o progresso social, relacionado com o potencial humano que depende das políticas viáveis) e quanto os aspectos econômicos (como o crescimento econômico, relacionado ao avanço científico - tecnológico) devem ser considerados, simultaneamente, como produto final e como instrumento do desenvolvimento, principalmente nos países em desenvolvimento. Nesses países "essas mutações consistem em uma nova integração social e em uma modificação das instituições e relações sociais de modo que se procure a justiça social e a base institucional ótima para o avanço tecnológico e econômico" (MYRDAL, 1970).

Como resultado da aplicação desse modelo de desenvolvimento, pode-se destacar que na década de 50 houve crise econômica dos países periféricos ou do Terceiro Mundo. Segundo Almeida (2001), nesses países têm sido proposto a via do desenvolvimento, adotando o *paradigma do humanismo ocidental*: os avanços técnicos - científicos permitem o desenvolvimento socioeconômico, o qual se manifesta como progresso e crescimento. O autor coloca que esta ideologia desenvolvimentista, tendo um caráter evidente e universal, foi pensada e aplicada uniformemente "na compreensão de que o desenvolvimento é provocado pelos avanços técnicos- científicos, assegurando ele próprio o crescimento e o progresso das virtudes humanas, das liberdades e dos poderes dos homens". Essa ideologia desenvolvimentista levou muitos países a escolher: a) "a racionalização e, portanto, a separação funcional do domínio econômico, racionalizado, e a vida privada, colocando entre os dois um espaço político aberto e um mercado forte"; e b) "um aprofundamento no anti- desenvolvimento para escapar do subdesenvolvimento,

ou seja, em uma recusa ao "modelo" desenvolvimentista imposto, muitas vezes caindo no isolamento, na defesa pura e simples de identidades culturais, na contracultura".

Esse tema não será aprofundado, por existir uma extensa literatura permeada por várias abordagens teóricas, além de que não é o objetivo deste capítulo, mas, em geral, podemos destacar as conseqüências da aplicação daquele modelo de desenvolvimento: a crise social, a crise ambiental, as tendências do desenvolvimento desigual e a mercantilização dos elementos naturais/ambientais. Estes temas são extensamente debatidos desde diferentes óticas das formações acadêmicas ou ideológicas. Tudo isso estaria indicando a necessidade urgente de mudanças nos paradigmas da economia, onde a sustentabilidade seja o elemento reorganizador (MERICCO, 1996). Nessa perspectiva, será então que surge a noção de desenvolvimento sustentável? Este assunto será tratado no próximo tópico.

### **2.3.2 A noção de desenvolvimento sustentável**

Na literatura sobre a temática ambiental há inúmeras tentativas de definições, bem como discussões sobre as ambigüidades, deficiências e metodologias do desenvolvimento sustentável (PEZZEY, 1989; PEARCE e MARKANDYA, 1989; NUNES, 2001). Apesar de ocorrer estes debates, a noção do desenvolvimento sustentável é interpretado a partir diferentes perspectivas, empobrecendo a riqueza da idéia, mascarando sua complexidade e colocando-o ao serviço de uma ideologia particular (BIFANI, 1993; NUNES, 2001).

Aqui, não se pretende discutir as divergências conceituais nem as interpretações diferenciadas, mas por ter este trabalho relação com o pensamento diferenciado sobre o tema, apenas será caracterizada a noção de ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável, além de destacar algumas posturas e racionalidades que conduzem a *modelagem* do desenvolvimento sustentável.

#### **O ecodesenvolvimento**

O termo ecodesenvolvimento foi introduzido por Maurice Strong, o mesmo, desde 1974, foi difundido por Ignacy Sach. O ponto de partida desta noção, de acordo com Souza, R., (2000), é o reconhecimento de que os modelos de desenvolvimento implementados pelo ser humano até então, pretensamente universais, centrais e burocraticamente planejados (ou ainda, o que é pior, sem nenhum tipo de planejamento),



produziram não só um drástico incremento na taxa de destruição da natureza, como também a deterioração da diversidade cultural e a própria exclusão social. Ao lado de promover uma ampla modernização dos meios de vida humanos, promoveu também, além da degradação ambiental, um distanciamento crescente entre as condições de vida e os padrões de consumo de ricos e pobres, entre países desenvolvidos e de terceiro mundo e, uma crescente deterioração cultural face à massificação do consumo e à universalização dos estilos de vida e de desenvolvimento.

Neste contexto, a noção de ecodesenvolvimento foi construída em uma perspectiva crítica à visão economicista e desenvolvimentista, denunciando-as como responsáveis das problemáticas socioambientais, e é apresentada como uma visão alternativa de desenvolvimento. Alguns autores o consideram como um projeto de civilização (SOUZA, R., 2000).

Em suma, ecodesenvolvimento significa o desenvolvimento de um país ou região, baseado no desenvolvimento local, cujos pilares são: as suas forças endógenas, ou seja, suas próprias potencialidades (sociais, culturais, físicas, naturais, dentre outros); o planejamento participativo, sendo o mais importante a participação popular no processo de planejamento do desenvolvimento local; uso de tecnologias adotadas ou apropriadas às condições locais, envolvendo a convergência de conhecimentos e tecnologias tradicionais com os científicos-tecnológicos avançados, sem criar dependência externa, como vista a "responder à problemática da harmonização dos objetivos sociais e econômicos do desenvolvimento com uma gestão ecologicamente prudente dos recursos e do meio" (SACHS *apud* MONTIBELLER, 2001).

Os princípios do ecodesenvolvimento estão consubstanciados em diversas teorias: desenvolvimento local, planejamento participativo, agroecologia e outros. Tem um componente cultural como dimensão essencial e exige uma estreita imbricação do socioeconômico com o ecológico (SACHS, 1981 *apud* SOUZA, R., 2000). Pressupõe uma posição ética fundamentada na solidariedade intrageracional e intergeracional. Logo, a expressão atribuída ao ecólogo René Dubos, sobre "pensar globalmente e agir localmente", parece ser a tônica do ecodesenvolvimento (SOUZA, R., 2000).

O ecodesenvolvimento tem oferecido idéias e metodologias com bastante persuasão e atualidade. Embora seja precariamente substanciado teoricamente, tem um

poder de retórica e persuasão bastante grande, sobretudo junto às forças políticas e intelectuais mais críticas (SOUZA, R., 2000).

Quanto à operacionalização do ecodesenvolvimento, Souza, R., (2000) destaca três precondições para tornar operacional:

A primeira refere-se ao conhecimento da realidade concreta, isto é, ao aprofundamento do conhecimento das culturas e dos ecossistemas, através da etnoecologia e etnohistória, para definir os pontos de partida, no planejamento, dos processos de desenvolvimento local;

A segunda refere-se à participação social, isto é, ao envolvimento da população interessada no processo de planejamento, sendo eles os responsáveis para identificar necessidades, transmitir conhecimentos acumulados sobre a sociedade e o ambiente e, contribuir às tomadas de decisões orientadas pelo futuro, o que demanda um esforço de pedagogia social em relação aos papéis sociais (MONTIBELLER, 2001).

A terceira refere-se aos mecanismos de mercado que permitiriam sua inserção no sistema capitalista, sendo o ecodesenvolvimento privilegiado em microregiões, mas não necessariamente no universo da economia, que está baseado na lógica de mercado e nas políticas inter-regionais. Sobre o ponto, Sachs (1996) adverte que:

de nada servirá tentar iniciar localmente um processo de desenvolvimento autoconfiante, voltado para as necessidades e ambientalmente sano, enquanto os vínculos da microregião (ou a municipalidade) e o resto da economia tiverem caráter de exploração, conseqüentemente confiscando e sugando todos os ganhos acrescidos pelo desenvolvimento. A condição institucional mínima para o ecodesenvolvimento consiste no estabelecimento de um esquema de mercado que ofereça termos de troca relativamente justos e proporcione acesso a certos recursos críticos impossíveis de obter localmente.

## **O desenvolvimento sustentável**

Como foi mencionado, o Relatório Brundtland *Nosso Futuro Comum* em 1987 apresentou uma proposta de buscar o desenvolvimento sustentável, através de uma nova ordem econômica internacional. Assim, o referido Relatório coloca que o desenvolvimento sustentável significa "atender as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades", sendo o mesmo uma condição necessária para que o desenvolvimento seja sustentável. Ele, esclarecendo, contém dois conceitos: o de necessidades, tratando-se

sobretudo das necessidades essenciais da pobreza mundial que devem ser priorizadas ao máximo; e o de "limitações, impostas pelo estado da tecnologia e da organização social sobre a capacidade do meio ambiente de atender às necessidades atuais e futuras" (SOUZA, R., 2000).

Deve-se salientar que em essência o desenvolvimento sustentável é concebido na conciliação do desenvolvimento econômico e a conservação do meio ambiente. Sobre este ponto, o referido Relatório coloca:

Meio ambiente e desenvolvimento não constituem desafios separados; estão inevitavelmente interligados. O desenvolvimento não se mantém se a base de recursos ambientais se deteriora; o meio ambiente não pode ser protegido se o crescimento não leva em conta as conseqüências da destruição ambiental. Esses problemas não podem ser tratados separadamente por instituições e políticas fragmentadas. Eles fazem parte de um sistema complexo de causa efeito.

Adicionalmente, ele também contém os seguintes conceitos:

O desenvolvimento sustentável não é um estado permanente de harmonia, mas um processo de confiança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras [...] em última análise, o desenvolvimento sustentável depende do empenho político.

[...] tipo de desenvolvimento capaz de manter o progresso humano não apenas em alguns lugares e por alguns anos, mas por todo o planeta e até um futuro longínquo. Assim o desenvolvimento sustentável é um objetivo a ser alcançado não somente pelas nações em desenvolvimento, mas também pelas industrializadas.

Outros autores também têm apresentado a noção de desenvolvimento sustentável, tendo o mesmo significado do que no Relatório de Brundtland, por exemplo a UNESCO (1995) define desenvolvimento sustentável como "aquele que permite responder às necessidades sem comprometer a capacidade das futuras gerações em responder às suas próprias necessidades".

Ainda, outros autores o sintetizam assim, o **desenvolvimento sustentável** se trata de "um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos e do desenvolvimento tecnológico, e a mudança institucional estão em harmonia e melhoram o potencial existente e futuro para satisfazer as necessidades humanas" (*World Commission on Environment and Development*, 1987 *apud* LANNA, 1995)

Quanto à operacionalidade do desenvolvimento sustentável<sup>7</sup>:

O conceito de desenvolvimento sustentável é fácil de conceber, pois é puro senso, mas é extremamente complexo e controvertido quando se tenta aplicá-lo ao nosso dia-a-dia (LEMOS *apud* NUNES, 2001). Isto porque, do ponto de vista âmbito teórico, envolve várias dimensões de difícil avaliação científica, encontrando-se permeada por diferentes teorias, ideologias e valores éticos – sociais, até dificilmente conciliáveis mutuamente (VIOLA e LEIS, 1995; NUNES, 2001), em consequência, em um âmbito pragmático, a problemática radica principalmente na *disputa* de idéias e às práticas sociais e produtivas a serem implantadas, baseadas em concepções polarizadas, numa mesma região ou bacia hidrográfica.

A *materialização* do desenvolvimento sustentável, na prática, é um grande desafio. Exige à sociedade ter uma visão holística, sistêmica e interdisciplinar, invocando a proteção racional do meio ambiente natural e construído. Propõe o uso de tecnologias apropriadas, ter educação ambiental e conscientização permanente e, promover as relações de produção adequadas e justas (RATTNER, 1991; NUNES, 2001).

Em 1987, Tolba, segundo Alvarenga (1997), tem relacionado alguns meios para a implementação do desenvolvimento sustentável, tais como: "(a) assegurar que as questões ambientais sejam contempladas já nos primeiros passos do planejamento do desenvolvimento em qualquer escala; b) fomentar o desenvolvimento da capacidade interna de gerenciamento ambiental; c) produzir e divulgar dados ambientais em quantidades suficientes para que possam servir de base para um planejamento ambiental de qualidade; fomentar a participação da sociedade; e d) concentrar esforços em áreas mais frágeis, de maiores riscos e interesse, como florestas, áreas áridas, bacias hidrográficas, dentre outros". Na primeira exigência, devem ser reconhecidas, sob novo ângulo, três relações: a) entre o meio ambiente e o ser humano, tornando claro que o primeiro é o suporte da vida do segundo; b) entre o desenvolvimento e o crescimento econômico, dando maior ênfase aos aspectos qualitativos do ponto de vista social e ambiental; e c) entre essas novas posturas e o desenho de tecnologias, objetivos e práticas políticas coerentes com as mesmas.

---

<sup>7</sup> A elaboração deste tópico foi baseado em Souza, M. (2000). Maiores aprofundamentos, de caráter prático, operacional e metodológico, são apresentados na Seção de gestão ambiental.

Ainda, para a implementação podem ser salientadas algumas condições (SACHS, 1992; MATHER e SDASYUK, 1991 *apud* SOUZA, M., 2000; KOLLURU, 1994 *apud* SOUZA, M., 2000; ELLIOTT, 1994 *apud* SOUZA, M., 2000):

- a) um sistema político que, efetivamente, assegure a participação do cidadão nas tomadas de decisões;
- b) um sistema econômico que permita uma distribuição dos resultados da produção entre as pessoas envolvidas no processo;
- c) a ponderação das questões ambientais em conjunto com os parâmetros econômicos e financeiros do sistema produtivo;
- d) a observância das características ambientais de cada local para a implementação da política de desenvolvimento;
- e) a verificação dos efeitos sobre o ambiente dos diversos modos de utilização dos recursos naturais e das técnicas de produção empregadas;
- f) um sistema tecnológico que promova padrões sustentáveis de produção, comércio e finanças e;
- g) um sistema administrativo flexível e com capacidade de autocorreção e retroalimentação.

#### **Diferenças e convergências entre ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável:**

As disparidades, entre ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável, situam-se no campo político: instrumentos de política ambiental e técnicas de produção. O ecodesenvolvimento está ligado aos aspectos sociais intrageracional e intergeracional e se preocupa dos aspectos sociais e ambientais no mesmo grau dos econômicos, enquanto o desenvolvimento sustentável é hegemônico na esfera do capitalismo e economia de mercado. O ecodesenvolvimento, associado à economia ecológica, constitui um referencial de contraponto na construção ou *modelagem* do desenvolvimento sustentável. Outras diferenças podem ser sintetizadas no Quadro 2.3.

### Quadro 2.3 Diferenças entre ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável

Ecodesenvolvimento	Desenvolvimento sustentável
<p>Volta-se ao atendimento das necessidades básicas da população, estrategicamente, partindo do mais simples ao mais complexo,</p> <p>Prega a utilização de tecnologias adaptadas a cada ambiente, isto é, apropriadas às condições físicas, culturais, sociais, econômicas locais. Também envolve a convergência de conhecimentos e tecnologias tradicionais com as científicas e tecnológicas avançadas, Pressupõe esquemas que controlem os mercados para preservar as estratégias locais de desenvolvimento,</p> <p>Vê os problemas ambientais como decorrência dos insustentáveis padrões de consumo dos países ricos,</p> <p>Preconiza cinco dimensões de sustentabilidade: social, econômica, ecológica, espacial e cultural</p> <p>Está ligado aos princípios da Economia Ecológica.</p>	<p>Enfatiza o papel da política ambiental, a responsabilidade com os problemas globais e com as futuras gerações,</p> <p>Prega-se o progresso tecnológico, <i>High Technology</i>, como criadoras de recursos produtivos e <i>entropia negativa</i>, são indispensável à preservação ambiental,</p> <p>Liberalização dos mercados para melhorar a eficácia produtiva e permitir o maior trânsito de tecnologias limpas,</p> <p>Os organismos oficiais internacionais atribuem a maioria dos problemas ambientais às estratégias predatórias de subsistência derivadas da pobreza nos países desenvolvidos,</p> <p>Preconiza três dimensões de sustentabilidade: eficiência econômica, equidade social e sustentabilidade ambiental</p> <p>Está ligado aos princípios da Economia Ambiental neoclássica, em conseqüência, compatível como o capitalismo e a economia de mercado.</p>

Fonte: Elaborado a partir de Maimon (1992), Montibeller (2001)

O desenvolvimento sustentável, segundo Montibeller (2001), abrange as preocupações expressas pelo ecodesenvolvimento. Sobre este ponto, o autor elaborou uma síntese da identidade entre os princípios do desenvolvimento sustentável e os requisitos de sustentabilidade preconizados pelo ecodesenvolvimento (Quadro 2.4). Adicionalmente o autor, destaca alguns pontos de convergência entre eles: holismo, abordagem sistêmica, ambientalismo, plano e planejamento local (tendo referência global), principalmente.

### Quadro 2.4 Relação do ecodesenvolvimento com desenvolvimento sustentável

Dimensão	Componentes	Objetivos
Sustentabilidade social	Criação de pontos de trabalho que permitam a obtenção de renda individual adequada (à melhor condição de vida; à maior qualificação profissional). Produção de bens dirigida prioritariamente às necessidades básicas sociais.	Redução das desigualdades sociais
Sustentabilidade econômica	Fluxo permanente de investimentos públicos e privados (estes últimos com especial destaque para o cooperativismo). Manejo eficiente dos recursos. Absorção pela empresa, dos custos ambientais Endogenização: contar com suas próprias forças	Aumento da produção e da Riqueza social sem dependência externa
Sustentabilidade ecológica	Produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas. Prudência no uso de recursos naturais não renováveis Prioridades à produção de biomassa e à industrialização de insumos naturais renováveis. Redução da intensidade energética e aumento da conservação de energia Tecnologia e processos produtivos de baixo índice de resíduos Cuidados ambientais	Melhoria da qualidade do meio ambiente e preservação das fontes de recursos energéticos e naturais para as próximas gerações
Sustentabilidade espacial/geográfica	Desconcentração espacial (de atividades; de população). Desconcentração/democratização do poder local e regional. Relação cidade/campo equilibrada (benefícios centripetos).	Evitar excesso de aglomerações
Sustentabilidade cultural	Soluções adaptadas a cada ecossistema. Respeito à formação cultural comunitária.	Evitar conflitos culturais com potencial regressivo

Fonte: Montibeller (2001)

### Posicionamentos com relação ao desenvolvimento sustentável:

De acordo com Nunes (2001), o discurso sobre desenvolvimento sustentável não é homogêneo, expressando um campo repleto de conflitos representados por estratégias que respondem a visões e interesses diferenciados, e suas propostas vão desde um neoliberalismo econômico ambiental até a construção de uma nova racionalidade produtiva, que vai exigir profundas transformações na cultura das organizações. Sobre este ponto, levando em conta a possibilidade de substituição e/ou compensação ou não de um capital por outro, identificou-se quatro posicionamentos divergentes (TURNER, et al., 1994; LANNA, 1995): o neoliberalismo, a economia ambiental de mercado e/ou tecnocentrismo "verde", o comunalismo e o ambientalismo radical (Quadro 2.5).

**Quadro 2.5 Posicionamentos com relação ao desenvolvimento sustentável**

CLASSES	TECNOCENTRISMO	ANTROPOCENTRISMO	ECOCENTRISMO	
	Neoliberal ou Tecnocentrista	Economia Ambiental de Mercado, Tecnocentrismo verde.	Comunalismo	Ambientalismo radical
<b>Rótulos 'Verdes'</b>	Exploração dos recursos ambientais orientados ao desenvolvimento.	Proteção dos recursos ambientais orientados à gestão ambiental.	Preservação dos recursos ambientais.	Conservação radical dos recursos ambientais.
<b>Tipo de Economia</b>	Economia anti-ambientalista, livre mercado.	Economia ambientalista, mercados 'verdes' orientados por instrumentos econômicos (princípios poluidor-pagador, beneficiário-pagador, leilão de permissões, etc.).	Economia ambientalista radical, de estado estacionário, regulada por padrões macroambientais e suplementada pelos instrumentos econômicos anteriores.	Economia ambientalista extremamente radical, fortemente regulada para a minimização do fluxo de matéria e energia.
<b>Estratégias de gerenciamento</b>	Maximização do desenvolvimento econômico medido pelo Produto Nacional Bruto (PNB).	Maximização do desenvolvimento econômico medido por contabilidade alternativa, onde o PNB é ajustado para levar em conta fatores ambientais e sociais.	Desenvolvimento econômico e aumento populacional zero	Redução da escala econômica e da população
<b>Ideologia</b>	Livre mercado conjuntamente com progresso tecnológico assegura infinitas possibilidades de substituição capazes de mitigar toda escassez ou limites ao incremento da escala de desenvolvimento.	Substituição possível mas limitada; regra de sustentabilidade: capital natural constante, com certa alteração na escala de desenvolvimento.	Substituição possível mas sem aumento da escala do desenvolvimento; perspectiva sistêmica: relevância da saúde global do ecossistema; hipótese Gaia e suas implicações.	Interpretação da hipótese Gaia como um agente personalizado ao qual são devidas obrigações morais.
<b>Ética adotada</b>	Tradicional: centrada nos direitos e interesses da sociedade contemporânea; valorização do ambiente em termos da sua utilidade para o ser humano.	Valorização do ambiente em termos da utilidade para o ser humano, mas considerando equidades intra e intergeracional.	Interesses da coletividade tem preferência sobre os dos indivíduos; reconhece o valor primário do ambiente como suporte à vida.	Biocêntrica: direitos morais conferidos a todas as espécies não-humanas, mesmo abióticas; valor intrínseco do ambiente.
<b>Critério de Sustentabilidade</b>	Sustentabilidade muito frágil.	Sustentabilidade frágil.	Sustentabilidade forte.	Sustentabilidade muito forte.

Fonte: Turner et al. (1994), Lanna (1995)

Hoje, nos grandes setores da sociedade, estado e mercado adotando uma ou outra postura (Quadro 2.5) existem ainda discursos políticos polarizados ao passo que o meio ambiente e os recursos naturais continuam em processo de degradação. É urgente a necessidade de um diálogo, desde que a retórica do discurso seja fundamentada em três grades premissas: a) o limite de crescimento é dado pela capacidade de suporte do meio ambiente, b) pela segunda lei da termodinâmica, sempre haverá acumulação de externalidades ou problemas socioambientais; e c) em decorrência de ambos, caso não se aprimore instrumentos adequados, justos e legítimos, concebidas em uma política com ética, sensível e consciente, haveria grande possibilidade de ultrapassar a capacidade de suporte do meio ambiente, provocando desequilíbrios em várias dimensões.

Sobre o assunto, nas palavras de Leff (1996),

a retórica do desenvolvimento sustentável reconverteu o sentido crítico do conceito de ambiente em um discurso voluntarista, proclamando que as políticas neoliberais haverão de conduzir-nos aos objetivos do equilíbrio ecológicos e justiça social pela via mais eficaz.

### **Construção do desenvolvimento sustentável: Racionalidade econômica vs racionalidade ambiental/ ecológica:**

De acordo com Almeida (2001) a discussão sobre o desenvolvimento sustentável está sendo polarizada entre duas concepções:

A primeira, sendo gestada na esfera da economia, a concepção econômica pensa o aspecto social, incorpora a natureza à cadeia de produção (a natureza passa a ser um bem de capital), aponta novos mecanismos de mercado como solução para condicionar a produção à capacidade de suporte do meio ambiente. Nas palavras do autor,

o que se visa, por tanto, é estender a regulação mercantil sobre a natureza, fazendo com que a luta social pelo controle dos recursos naturais passe em maior medida pelo mercado, e não (ou cada vez menos) pela esfera política. Ignora-se (ou tenta-se ignorar) o conflito pelo controle sobre os recursos naturais, procurando criar condições para poupá-los sem, no entanto, considerar as condições sócio-políticas que regem o poder de controle e uso destes recursos.

A respeito, o autor levanta alguns questionamentos: esses mecanismos serão realmente capazes de reduzir a degradação ambiental? Quem assumiria as conseqüências sociais desses custos adicionais? Quem assume o preço da preservação



ambiental? Aumentaria os níveis de exclusão e desigualdade no acesso aos bens (ou benefícios) gerados, principalmente nos países do terceiro mundo? Enfim, mesmo que *maquiado*, como com o *rostro* de desenvolvimento sustentável, não permaneceria a lógica, essencialmente predatória, que promoveu em grande parte a atual crise social e ambiental?.

A segunda concepção tenta quebrar com a hegemonia do discurso econômico e a expansão desmesurada da esfera econômica, indo para além da visão instrumental, restrita, que a economia impõe à idéia. Propõe garantir a diversidade democrática. Preconiza inverter a premissa que está na base do pensamento economicista. A economia não deve ser tomada como instituinte do campo social, mas instituída por este; as alternativas para o futuro são escolhas que devem se dar fundamentalmente no campo da política. Para essa concepção a democracia, a auto determinação dos povos, o respeito à diversidade cultural, à biodiversidade natural e à participação política dos cidadãos, nas suas diferentes formas, resultam de opções políticas, implicando no deslocamento da racionalidade econômica para o campo da ética. A respeito o autor salienta alguns desafios: a) é possível conciliar os apelos do socialmente equitativo, do ambientalmente equilibrado e o do economicamente eficiente e produtivo?; b) é possível dar prioridade à pesquisa, passando da perspectiva *da produtividade* para aquela *da preservação* dos recursos naturais, analisando prevendo e evitando sérios impactos ao meio ambiente?; c) como desenvolver novas formas de atuação institucional no terreno do ensino, da pesquisa, da extensão e da organização da produção?; d) como integrar as diferentes disciplinas na geração de novos conhecimentos?; e) como construir indicadores de sustentabilidade, em diferentes áreas de ação humana?; f) como tratar, no mesmo nível, as questões técnicas, ambientais e sociais?

Ainda o autor defende que o caminho a ser seguido é aquele em que as necessidades dos grupos sociais possam ser atendidas a partir da gestão democrática da diversidade. A direção do desenvolvimento sustentável deixa de ser linear e única. O modelo de desenvolvimento buscado seria então um modelo rico em alternativas, capaz de enfrentar com novas soluções a crise social e ambiental. É preciso conceber um desenvolvimento que tenha nas prioridades sociais sua razão primeira, transformando, via participação política, excluídos e marginalizados em cidadãos. Finalmente, a luta contra a concentração crescente do controle sobre os recursos naturais na fronteira de expansão das

atividades capitalistas e contra a privatização do uso do meio ambiente é um imperativo social. Tornemos, então, o meio ambiente público!

### 2.3.3 As abordagens sobre sustentabilidade

Como foi mencionado na Seção 2.1, a noção de sustentabilidade, proposta pelo Relatório Brundtland *Nosso Futuro Comum* em 1987, focaliza satisfazer as necessidades tanto das gerações atuais quanto das futuras. O desenvolvimento é sustentável se "atender as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades".

Esta noção serviu como pano de fundo de inúmeros debates sobre a sustentabilidade. Um dos vários debates radica entre os que diferem exatamente o que seria sustentabilidade e como consegui-la. Outro ponto dos debates está centrado sobre como o estoque dos recursos naturais, tais como água, floresta, etc. geram fluxos de bens e serviços humanos desejados, tais como madeira, recreação, etc. (POPP *et al.*, 2001). Logo, nos debates revelou-se a necessidade de uma maior especificidade da noção, de modo que possa ajudar a quem se dedica aos trabalhos de desenvolvimento, para avaliar seus esforços com relação à sustentabilidade (UNESCO, 1999).

Para uma análise da sustentabilidade ambiental, Kohn (1994) tem proposto três conceitos fundamentais: a sustentabilidade ambiental, o suporte ambiental e a correção ecológica.

Para o autor, a sustentabilidade ambiental, como um atributo da entidade *espaço territorial*, "reflete um processo dinâmico e aleatório de transações de energia e matéria entre todos seus componentes, realizado por necessidade e acaso".

O suporte ambiental refere-se à capacidade de suporte ao desempenho e à existência de seus componentes elementares constituintes do *espaço territorial*, sendo função de quatro propriedades básicas: suporte de energia ambiental, suporte às relações ambientais, suporte ao desempenho ambiental e suporte à evolução no ambiente. Para maiores detalhamentos a esse respeito ver Kohn (1994).

Deve-se salientar que essas propriedades revelam que "a sustentabilidade ambiental é um atributo finito, limitado no tempo e no espaço", enquanto, "o suporte

ambiental é um fator limitante, também intrínseco ao espaço territorial, que restringe as formas espontâneas e induzidas de seu uso e ocupação".

Adicionalmente, essas propriedades têm sua total compatibilidade com as necessidades humanas, isto é, nas palavras de Kohn (1994),

resguardadas a natureza e a amplitude das necessidades, a) o homem e os demais 'fatores ambientais' são igualmente contemplados por um ambiente que detenha sustentabilidade ambiental; b) todos os fatores ambientais poderão evoluir simultaneamente em seu desempenho e funcionalidade (auto-superação), com efeitos benéficos para si mesmos e para o espaço territorial que conformam e no qual interagem.

A correção ecológica refere-se à remoção e/ou readequação dos passivos ambientais. Estes são elementos redutores da capacidade de suporte dos espaços territoriais, genericamente, constituem-se nos processos e efeitos adversos, permanentes ou temporários, decorrentes do uso e da ocupação do solo realizados de maneira incorreta.

Em particular, o autor conclui que:

o homem não cria a sustentabilidade ambiental. Pode apenas atuar, a partir de um dado domínio científico e tecnológico, no sentido de não gerar passivos ambientais que ameacem a capacidade de suporte do espaço territorial que pretenda ocupar.

### **Algumas concepções sobre sustentabilidade e suas perspectivas**

A sustentabilidade do desenvolvimento tem sido concebida de várias maneiras, a partir de diferentes perspectivas.

Sustentabilidade como fluxo de bens e serviços - Presume que a depleção dos recursos naturais está muito longe de modo que o fluxo de bens e serviço por seu uso pode ser mantido (POPP *et al.*, 2001). Então, o benefício líquido que resulta do uso dos recursos naturais, pode ser mantido no futuro (UNITED NATIONS, 1991 *apud* UNESCO, 1999). Não obstante, há dificuldades de mensurar o benefício líquido pelo uso de algum recurso. Por exemplo, como avaliar o benefício líquido da umidade do solo, pescaria, qualidade da água para recreação, reabilitação de ecossistemas, preservação, etc.? (UNESCO, 1999).

Sustentabilidade como estoque dos recursos naturais - Presume que devem ser conservados e/ou preservados os recursos naturais porque a sua existência como estoque gera tanto um equilíbrio nos ecossistemas quanto fluxo de serviços humanos almejados.

Tratado-se dos recursos hídricos, a sustentabilidade baseia-se nas múltiplas funções da água no desenvolvimento. Nessa perspectiva, por exemplo, há vários condicionantes para a sustentabilidade: a permeabilidade do solo e a capacidade de retenção da água permitem assegurar a infiltração da água de chuva, o que tem sido utilizado na produção de biomassa. A água potável tem sido disponível numa escala maior, peixes e outras espécies aquáticas têm sido preservados e tornando-se comestível (FALKENMARK, 1988 *apud* UNESCO, 1999).

Sustentabilidade como uma mudança das inter-relações entre os sistemas humano e econômico e liberdades, mas com pequenas mudanças do sistema ecológico - Nesta inter-relação a vida humana pode continuar indefinidamente, o suporte do ecossistema e a qualidade do ambiente podem ser dadas e mantidas. Então, a sustentabilidade presume que há uma melhoria na qualidade de vida, sem necessariamente causar um incremento na quantidade dos recursos consumidos (GOODLAND *et al.*, 1991 *apud* UNESCO, 1999).

Sustentabilidade em termos de viabilidade financeira - Presume que com uma política de desenvolvimento todos os custos associados (em um projeto de desenvolvimento) seriam recuperados. Os ingressos podem exceder aos custos, por tanto, pode dar melhoria e manutenção de um determinado projeto. Um indicador da sustentabilidade financeira de um projeto (pago por um banco de desenvolvimento) pode ser a sua capacidade de continuar dando serviço ou bem estar depois de que foi aplicado um fundo inicial (UNESCO, 1999).

### **Sustentabilidade e iniciativas privadas**

A comunidade de comércio e indústria são participantes chaves em alguns programas que promove a sustentabilidade do desenvolvimento. Eles são primeiramente usuários (e poluidores) dos recursos naturais. Eles também podem tornar-se empreendedores dos recursos quando o governo não consegue dar conta do financiamento e operação de novos projetos de desenvolvimento.

O comércio e indústria são geradores chaves de riqueza, trabalho, ingressos e oportunidades. As necessidades monetárias para o desenvolvimento e gestão dos recursos naturais, criação de fontes de trabalho, redução da pobreza e satisfação de demandas de crescimento da população podem ser obtidas a partir do crescimento econômico, poupanças e investimentos nacionais e internacionais. Os apoios externos podem

satisfazer algumas dessas necessidades, mas isso sempre acontece de forma temporária. Normalmente, grandes aportes e de forma permanente no longo prazo, podem vir do setor privado – comércio e indústria (UNESCO, 1999).

Os líderes do comércio e indústria podem ser uma força para a sustentabilidade do desenvolvimento dos recursos hídricos e outros recursos naturais e/ou ambientais se eles são permitidos de atuarem como organizações privadas, sendo eles meios que o setor público não conta para o desempenho de suas tarefas (tais como criação de trabalho justo para reduzir o desemprego ou melhorar o bem estar) e sendo encorajados através de vários incentivos econômicos, para internalizar os custos ambientais e produzir mais com poucos recursos e com menor poluição (UNESCO, 1999).

A Câmara Internacional do Comércio (ICC) afirma estar operacionalizando o conceito do desenvolvimento sustentável, emitido no Relatório de Brundtland, através de dezesseis princípios de gestão ambiental, que deverão ser buscados pelas organizações. Para maiores detalhamentos a esse respeito ver Donaire (1999). Entretanto, todos esses princípios se relacionam exclusivamente com o ambiente físico, dando ênfase nas mudanças intrafirma ou interfirma, visando à redução de custos e aumento de lucros (EDEN, 1994).

### **Sustentabilidade e organizações sociais e instituições**

Numa organização social, as pressões se baseiam no fato de que os padrões humanos são cruciais para idealizar uma opção viável de sustentabilidade do desenvolvimento. Efetivamente, a história dos programas e projetos de desenvolvimento mostra o risco de fracasso se não for considerada a questão social. Na perspectiva socialista defende-se que em uma organização social em um nível popular a criação de estabilidade, culturalmente apropriada e com padrões institucionais duradouros, é uma condição necessária para atingir os objetivos da sustentabilidade (UNESCO, 1999).

Um dos objetivos sociais centrais é a *qualidade de vida para todos*. A qualidade de vida inclui a liberdade de seguir em ambição e expressar em capacidades, desde que eles não infrinjam na liberdade e propriedade dos outros ao procurarem o mesmo. ‘Para todos’ nesta definição significa todos os indivíduos e grupos da presente geração e os que vêm. Logo, para os sociólogos, a sustentabilidade significaria um aumento ou pelo menos a manutenção da qualidade de vida para todos.

Na perspectiva dos sociólogos, os objetivos sociais para atingir a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos são os seguintes: autorização, participação, mobilização social, coesão social, identidade cultural e desenvolvimento institucional. Esses objetivos, para os economistas, podem ser vistos como equidade e redução da pobreza, mas para os sociólogos, são mais do que isso (UNESCO, 1999).

### **Sustentabilidade e ecossistemas naturais**

As pressões dos ecologistas é no sentido de defender e preservar a integridade dos subsistemas ecológicos, como uma condição necessária para a sustentabilidade econômica, e certamente para o desenvolvimento do sistema de recursos hídricos. A saúde dos ecossistemas é de importância crucial para a sobrevivência de todos os seres vivos e, estabilidade não só do sistema de recursos hídricos, mas também, de muitas atividades socioeconômicas. Alguns ecologistas defendem a preservação de todos os ecossistemas. O menos extremo visa a manutenção da resiliência e adaptabilidade dinâmica do sistema natural como suporte à vida. Nessa perspectiva as unidades de medida são físicas, não monetárias, e entre as disciplinas que prevalecem estão a: biologia, geologia, química e ciências naturais.

Os ecologistas, para alcançar a sustentabilidade e estabilidade do sistema, defendem como objetivos ecológicos: a integridade dos ecossistemas, a capacidade, biodiversidade e redução de impactos globais adversos. Porém, o desafio é como medir e prever melhor o que acontece com os ecossistemas e quando o desenvolvimento econômico toma lugar. Os ecologistas têm sido líderes que encorajaram a integração de aspectos ecológicos na análise econômica. Alguns ecologistas estão defendendo uma nova teoria que envolve a combinação de ecologia, ambiente, energia e até mesmo a economia (UNESCO, 1999).

### **Sustentabilidade e economia**

Os economistas e ecologistas diferem em suas definições sobre sustentabilidade do desenvolvimento. Inúmeros debates ocorreram em torno do conceito de capital social. Os ecologistas defendem focalizar a preservação e melhoria dos recursos naturais. Os economistas defendem visar toda a mistura de recursos (naturais e/ou ambientais, conhecimento humano, capital construído, etc.), o que seria chamado de capital social.

O aspecto da responsabilidade intergeracional é central no conceito de sustentabilidade. A equidade intergeracional pressupõe que cada geração administre seus recursos de forma que as gerações sucessivas possam satisfazer suas demandas por bens e serviços no tempo. Mas como saber se as gerações futuras irão valorizar os recursos ambientais como nós fazemos? A condição para o desenvolvimento variará por regiões específicas, e essa diferença aumenta na medida em que se reduz a área da região. A mobilidade da população e dos recursos também afetam a sustentabilidade. Isso é importante, pois, considera a dimensão espacial ou regional da sustentabilidade e as condições institucionais e acordos que determinam as relações entre a população, em várias regiões.

Os economistas visam as atividades que maximizarão o bem estar humano, sujeito ao capital existente, estoque natural e tecnologias. Entre os objetivos econômicos típicos para a sustentabilidade inclui a eficiência, crescimento e equidade (YOUNG, 1992). Em uma tentativa de considerar a sustentabilidade, os economistas estão começando incluir em suas análises, aspectos para manter ou incrementar o estoque de ativos econômicos, ecológicos e sócio-culturais no tempo e dar segurança para satisfazer as necessidades básicas e proteção aos pobres. Múltiplos objetivos econômicos, sociais e ambientais (tais como preservar a resiliência dinâmica dos ecossistemas, promoção da participação popular ou reduzir conflitos) não são fáceis de lançar em termos monetários. Neste caso, os economistas freqüentemente se valem de outras técnicas, tais como a análise multicritério, que facilitam a recursividade entre diferentes objetivos.

### **Sustentabilidade e tecnologia**

As tecnologias são criadas pelos engenheiros e implementadas para resolver problemas. Na visão dos engenheiros, pode-se ou não ser alcançada a sustentabilidade, dependerá em grande parte deles. Eles acreditam em futuras tecnologias que usarão energia e outros recursos naturais mais eficientes através de medidas de conservação e trocando as fontes renováveis, minimizarão os resíduos, aumentarão a reciclagem e re-uso de recursos e materiais, será feita uma análise econômico/ambiental mais abrangente empregando a análise de ciclo de vida e a gestão dos recursos mais efetivo e eficiente (UNESCO, 1999).

Os engenheiros podem contribuir à sustentabilidade do desenvolvimento de duas maneiras: apresentando práticas ambientalmente benéficas dentro das organizações e executando projetos que contribuem positivamente ao desenvolvimento sustentável (UNESCO, 1999).

### **Sustentabilidade e sistema de recursos hídricos**

Como foi previamente discutido, é evidente que não há uma aceitação comum da definição do desenvolvimento sustentável. Não obstante, é claro que a sustentabilidade objetiva a melhoria do bem estar social ao longo do tempo. Esta melhoria não pode acontecer sem a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos. É importante satisfazer as demandas por água e dar atenção aos múltiplos usos, da sociedade atual e futura. Essas demandas variam de região para região. As demandas em cada região incluem não somente os usos tradicionais de água, mas também a preservação e melhoria do sistema social, cultural e ecológico que são dependentes do regime hidrológico da região (UNESCO, 1999).

Considerando a definição de desenvolvimento sustentável e as perspectivas mencionadas, a UNESCO (1999) definiu a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, como aquelas designações e/ou gerenciamento para uma completa contribuição aos objetivos da sociedade, atual e no futuro, mantendo sua integridade ecológica, ambiental e hidrológica.

Em nível de uma bacia hidrográfica ou região não é possível satisfazer as necessidades do mesmo modo, tanto às gerações atuais quanto às futuras, se essas necessidades são maiores do que pode ser obtido em uma base contínua a custos econômicos, ambientais e sociais aceitáveis (UNESCO, 1999). Por isso a gestão dos recursos hídricos é importante.

O problema está em como pode ser incrementado a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos? Como podem ser melhor satisfeitas as necessidades atuais e futuras sem degradar o sistema de recursos hídricos? Acredita-se que essas decisões devem envolver a todos, não somente a profissionais do setor. As decisões tomadas com relação ao sistema de recursos hídricos devem ser transparentes e informadas.



## Algumas dimensões da sustentabilidade

Entre os estudiosos, conforme foram concebendo a sustentabilidade a partir de diferentes perspectivas, esta noção foi definido sobre diversas dimensões (Quadro 2.6).

**Quadro 2.6 Algumas dimensões da sustentabilidade**

Dimensões da sustentabilidade	Autor
Sustentabilidade ambiental Sustentabilidade social Eficiência econômica	LT <i>et al.</i> Consortium (1998) <i>apud</i> Dobrovolski (2001)
Sustentabilidade ambiental Sustentabilidade social Sustentabilidade econômica Sustentabilidade institucional	IBGE (2000) Sepúlveda (2002)
Sustentabilidade social Sustentabilidade econômica Sustentabilidade cultural Sustentabilidade ecológica Sustentabilidade espacial	Sachs (1994)
Sustentabilidade planetária Sustentabilidade ecológica Sustentabilidade ambiental Sustentabilidade demográfica Sustentabilidade cultural Sustentabilidade social Sustentabilidade cultural Sustentabilidade política Sustentabilidade institucional	Guimarães e Maia (1997)
Sustentabilidade social Sustentabilidade econômica Sustentabilidade ambiental Sustentabilidade física Sustentabilidade humano Sustentabilidade psicológico Sustentabilidade cultural Sustentabilidade política	Ribeiro (1998)

## 2.4 Gestão ambiental

Segundo Pereira (2000) a evolução da gestão<sup>8</sup> ambiental ocorre a partir de três vertentes: i) a Científica, que através da Ecologia e outras disciplinas relacionadas origina a Ciência Ambiental; ii) a Política, que insere explicitamente a política ambiental e iii) a Técnica-administrativa, envolvendo um conjunto de fatores técnico-econômicos, converge

<sup>8</sup> No contexto da questão ambiental, o termo 'gestão' assume um significado muito mais amplo (Souza 2000). Assim, definições anteriores utilizando os termos gestão e gerenciamento propõem uma diferenciação entre as mesmas embora, freqüentemente, estas palavras sejam tomadas como sinônimos. Neste texto a gestão é considerada de forma ampla, abrangendo todas as atividades, incluindo o gerenciamento. Este é considerado uma atividade de governo (LANNA, 2000).

na gestão ambiental. Na perspectiva técnico-administrativa, o gerenciamento de Recursos Hídricos, a Engenharia de Produção e outros relacionados, contribuem significativamente.

A gestão ambiental é institucionalizada como um apelo para a compatibilizar e harmonizar as ofertas e demandas de bens naturais e ambientais (terrestres). Esta tarefa tornou-se importante e inadiável em nível local e global, além de efetuar a gestão ambiental em nível de organizações. Nesta perspectiva, muitos são as abordagens utilizadas para efetuar a gestão ambiental, a seguir serão apresentados brevemente os principais conceitos metodológicos.

#### **2.4.1 Caracterização do meio ambiente**

Como foi mencionado, o meio ambiente se configura na interface do sistema natural e do sistema social, como resultado da interação dos dois sub-sistemas, partilhando elementos comuns, mas com propriedades estruturais e dinâmicas distintas e, potencialmente, concorrentes, ou até, conflitantes (RAYNAUT e ZANONI, 1993 *apud* MONTIBELLER, 2001). Nesta perspectiva, o meio ambiente pode configurar-se com as seguintes características:

- O meio ambiente pode ser considerado como um espaço público, onde os problemas ambientais são complexos, não só porque contempla uma amplitude dos fenômenos (envolvendo aspectos sociais, econômicos, ambientais, etc.), mas também pelas inter-relações não-lineares que ocorrem nesse sistema. Assim, no meio ambiente, a partir de valores e objetivos diferenciados entre grupos sociais, tem surgido uma diversidade de conflitos.
- No meio ambiente existem processos de modernização e desenvolvimento, induzidos principalmente pela ciência e tecnologia, além de ser influenciado pela cultura, a arte, a religião, etc.
- No meio ambiente há geração e consumo cada vez maior de novos produtos *híbridos* (LATOIRS, 1997), no sentido de que o produto natural é transformado em outro produto, fisicamente e qualitativamente diferente ao original, através da intervenção e/ou criatividade do ser humano.
- Os fenômenos são cada vez mais *híbridos*, no sentido de que tem diversas causas, como processos naturais e os impactos das atividades antrópicas. Por exemplo, os

processos hidrológicos nas cidades são função do ciclo hidrológico e do mercado imobiliário, a qualidade da água de um rio está sujeita às suas características intrínsecas (capacidade de autodepuração) e ao controle da poluição.

#### 2.4.2 Definições e conceitos metodológicos sobre gestão ambiental

Entre alguns estudiosos, têm se desenvolvido um corpo de conceitos de cunho metodológico para a gestão ambiental. A seguir serão apresentados alguns deles, logo seguido algumas propostas metodológicas para conseguir a sustentabilidade ambiental.

Para Moraes (1994), o termo gestão ambiental qualifica a ação institucional do poder público no sentido de implementar a política de meio ambiente. Assim, a gestão ambiental deve ser entendida como uma ação pública, empreendida por um conjunto de agentes caracterizado na estrutura do aparelho do Estado, que tem por objetivo precípua aplicar a política ambiental do país.

Para Nunes (2001), a **Gestão ambiental** "é um processo contínuo de análise, tomada de decisão, organização e controle das atividades, seguindo de uma avaliação dos resultados, visando a melhoria na formulação e implementação de políticas e suas conseqüências no futuro".

Segundo Souza, M., (2000), a gestão ambiental pode ser entendida,

como um conjunto de procedimentos que visam à conciliação entre desenvolvimento e qualidade ambiental. Essa conciliação acontece a partir da observância da capacidade de suporte do meio ambiente e das necessidades identificadas pela sociedade civil ou pelo governo (situação mais comum) ou ainda por ambos (situação desejável). A gestão ambiental encontra na legislação, na política ambiental e em seus instrumentos e na participação da sociedade, suas ferramentas de ação.

Para o autor, entende-se que o planejamento está contido no sistema de gestão, uma vez que estrutura as diretrizes a serem seguidas pelo plano de ação e pela própria gestão ambiental. De tal maneira, a gestão pode ser entendida como a prática do planejamento, devido aos elementos contidos dentro de um sistema de gestão.

Para Lanna (2000a), a **Gestão ambiental** é:

o processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço com vistas a garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais - naturais, econômicos e sócio-culturais - às especificidades do meio ambiente, com base em princípios e diretrizes previamente acordados/definidos.

**Proposta metodológica de Lanna (2000a):**

A referida definição, assumida por Lanna (2000a), num sentido amplo, torna a Gestão Ambiental

uma atividade política voltada à formulação de princípios e diretrizes, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover, de forma coordenada, o inventário, uso, controle, proteção e conservação do ambiente visando a atingir o objetivo estratégico do desenvolvimento sustentável.

Nessa perspectiva, a gestão ambiental contempla:

A **Política ambiental** concebida como o conjunto de princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne à regulamentação ou modificação no uso, controle, proteção e conservação do ambiente.

O **Planejamento ambiental** como resultado de um estudo prospectivo que visa a adequação do uso, controle e proteção do ambiente às aspirações sociais e/ou governamentais expressas formal ou informalmente em uma Política Ambiental, através da coordenação, compatibilização, articulação e implementação de projetos de intervenções estruturais e não-estruturais.

O **Gerenciamento ambiental** constituído pelo conjunto de ações destinado a regular na prática operacional o uso, controle, proteção e conservação do ambiente, e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela Política Ambiental.

O **Método de gerenciamento ambiental** que estabelece o referencial teórico que orienta os procedimentos, os papéis e as participações dos diversos agentes sociais envolvidos no Gerenciamento ambiental.

O **Sistema de gerenciamento ambiental** constituído pelo conjunto de organismos, agências e instalações governamentais e privadas, estabelecido com o objetivo de executar a Política ambiental através do Método de gerenciamento ambiental adotado e tendo por instrumento o Planejamento ambiental.

Alguns componentes do ambiente, como água, solo, flora, fauna, etc, têm caráter multifuncional, isto é, atendem demandas sociais, econômicas e ambientais. Essas funções podem ser classificadas em: funções de produção, suporte, regulação e informação (LANNA, 2000a).

Lanna (2000a) propõe que o gerenciamento ambiental seja representado por uma estrutura matricial (Figura 2.3). Uma das dimensões é o Gerenciamento da oferta, visando antecipar e dirimir conflitos (intra-setoriais, intersetoriais e inter-geracionais) e a outra é o Gerenciamento do uso setorial dos recursos ambientais.

Gerenciamento do uso setorial dos recursos ambientais Gerenciamento da oferta do ambiente	Serviços públicos	Indústria e comércio	Agropecuária	Transporte	Energia	Cultura e lazer	Outros usos
Ar							
Solo							
Água	Gerenciamento da água						
Minérios							
Fauna							
Flora							
Florestas							
Outros elementos ambientais							

**Figura 2.3 Matriz do Gerenciamento Ambiental**

Fonte: Lanna (2000a)

Assim, o gerenciamento de um recurso natural é definido pelo cruzamento da linha de oferta como as colunas de uso setorial (por exemplo para o caso a água ver Figura 2.3).

Objetivando a compatibilização entre as diversas demandas e ofertas de recursos ambientais, a sociedade necessita tomar decisões políticas e estabelecer sistemas jurídico-administrativos adequados, resultando uma terceira dimensão, de caráter institucional, do Gerenciamento ambiental, que é o **Gerenciamento interinstitucional**.

### **Proposta metodológica de Kohn (1994):**

A metodologia para a manutenção e garantir a sustentabilidade ambiental, proposta por Kohn (1994), contempla quatro instrumentos fundamentais, com aplicação em etapas seqüenciais:

**i) Ordenamento territorial** que compatibiliza as necessidades do ser humano relativas à ocupação e ao uso do solo, com a capacidade de suporte do território que pretende ocupar.

**ii) Plano para desempenho ambiental** que desenvolve e coloca disponíveis alguns recursos necessários para gestão e a garantia da qualidade ambiental do ordenamento territorial proposto.

**iii) Sistema de gestão ambiental territorial** que estabelece as naturezas da gestão, os ítems de controle e os índices de desempenho esperados para o espaço gerenciado.

Segundo o autor, "a gestão ambiental precisa ser total, caso contrário o seu exercício será oneroso e sem resultados práticos". Por isso, este processo deve contemplar a **gestão de processos**, que otimiza a transformação e intensidade ambiental, a **gestão de resultados**, que otimiza os efeitos dos processos, considerando os padrões ambientais vigentes, a **gestão do plano ambiental** para adequação sistemática e dinâmica do plano ao meio ambiente mutante e **gestão da sustentabilidade ambiental**, que avalia as respostas do ambiente, considerando sua capacidade de suporte, face à intensidade ambiental, ditado pelo mesmo sistema de gestão ambiental.

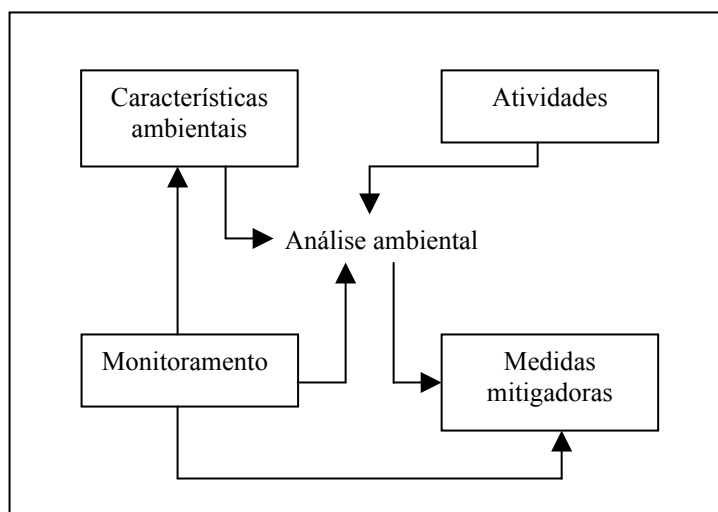
**iv) Sistema de gestão da qualidade ambiental**, que através de mecanismos de aferição e avaliação, determina os eventuais reajustes necessários caso haja a ocorrência ou a tendência de quadros ambientais não desejáveis. Este processo gerencial contempla três ações: as **inspeções e auditorias ambientais**, as **ações preventivas e corretivas** e a **replanificação**. Este último, consagra a gestão da qualidade ambiental, tornando todos os instrumentos da gestão mais aderentes e sensíveis à realidade ambiental mutável, verificadas através das monitorações, inspeções e auditorias ambientais.

Note-se que em um nível do espaço territorial ou *espaço público*, de um lado, os dois primeiros instrumentos envolvem o planejamento de cunho físico e ambiental, de

outro lado, os dois subsequentes, envolvem a gestão ambiental propriamente dita, sendo o terceiro de caráter integral e/ou *global* e o último de caráter setorial e/ou *local*.

**Proposta metodológica de Souza, M., (2000):**

Para Souza, M., (2000) o Sistema de Gestão Ambiental, contempla as seguintes etapas: elaboração da **caraterização ambiental** e da **atividade**; realização de uma **análise ambiental**; estudo e adoção de **ações mitigadoras** e proposição, instalação e operação de uma rede de **monitoramento**, ver Figura 2.4.



**Figura 2.4 Sistema de gestão ambiental**

Fonte: Souza, M., (2000)

A Caracterização ambiental determina as vocações e sustentabilidades ambientais dos fatores ambientais (meio físico, biológico e antrópico), fornecendo informação devidamente sistematizada de caráter objetivo e subjetivo à análise ambiental.

Na análise ambiental, verifica-se a viabilidade ambiental das atividades de acordo com os princípios da sustentabilidade, isto é, os fatores ambientais são contemplados diante das prováveis pressões ou impactos oriundos das diferentes etapas da atividade corrente (projeto, implantação, operação e desativação).

As medidas mitigadoras são ações preventivas ou corretivas a serem implementadas na expectativa de atribuírem viabilidade ambiental à atividade. Essas medidas devem ser factíveis, sejam elas de ordem técnica, política ou econômica.

O monitoramento é responsável pela retroalimentação do processo de planejamento de ocupação e apropriação do meio ambiente.

### **Gestão ambiental em organizações produtivas:**

Numa visão das organizações produtivas, estas vêm adotando o **Gerenciamento da qualidade total**<sup>9</sup>, a fim de que as necessidades dos clientes sejam satisfeitas de maneira integral. Na qual, a qualidade, sendo associado ao julgamento do próprio cliente, torna-se um fator mais importante de sobrevivência da empresa (DAROIT *et al.*, 1999).

Além da qualidade de produtos, processos e serviços das organizações, considerados na filosofia da qualidade total, a conscientização ecológica da sociedade e consumidores, a atuação de órgãos ambientais governamentais e ONG's e a legislação vigente, promovem a busca da qualidade ambiental nas atividades produtivas. Desta maneira, tem surgido **Gestão ambiental** nas unidades produtivas.

Para Nahuz (1995), a Gestão ambiental é:

o conjunto dos aspectos da função geral de gerenciamento de uma organização (inclusive o planejamento), necessário para desenvolver, alcançar, implementar e manter a política e os objetivos ambientais da organização.

Assim, a gestão ambiental busca administrar de maneira racional a utilização dos recursos naturais e procura evitar danos ao meio ambiente causados por qualquer etapa de seu processo produtivo (DAROIT *et al.*, 1999).

Ainda, na perspectiva das unidades produtivas, diante seus impactos ambientais significativos que afetariam sua posição no mercado, surge a **Gestão da qualidade total ambiental**, buscando um melhor aproveitamento das fontes energéticas e das matérias-primas, conduzindo a emissões zero e constante redução dos impactos ambientais, caracterizando uma produção mais limpa.

Para Wever (1996), o enlace entre Gestão da qualidade total e Gestão da qualidade total ambiental é um agente para mudança cultural da organização, um veículo através do

---

<sup>9</sup> Esta forma de gerenciamento empresarial, foi aperfeiçoada no Japão, com base em idéias americanas, introduzidas após a Segunda Guerra Mundial (CAMPOS, 1994). A sua prática está associada às normas da série ISO9000 que tratam da qualidade em produtos, processos e serviços da organização, e ISO14000 que se refere à qualidade ambiental.



qual as empresas aprenderam a tornar-se mais sensíveis aos consumidores e as suas necessidades, avaliando o próprio sucesso nestes novos termos.

A Gestão da qualidade total ambiental, pode ser desenvolvida com base no Sistema de gestão ambiental, aplicando-se a este sistema as premissas que rege a qualidade total. Pois, segundo Daroit *et al.* (2000), "os princípios da gestão ambiental na empresa estabelecem uma sinergia expressiva com os princípios da qualidade total que têm como meta a ser alcançada o efeito zero, através da otimização de processos e produtos".

Contudo, segundo Konh (1994), é possível avaliar o desenvolvimento e a implantação de um Sistema de gestão ambiental, segundo as especificações da BS- 7750 (Specification for Environmental Management Systems). Para maiores detalhes sobre esse sistema de gestão ambiental ver Konh (1994).

### **Paralelismo e complementariedades entre as referidas propostas metodológicas:**

Pode ser identificada a gestão ambiental sob três pontos de vista: do ambiente público ou territorial, de um problema específico localizado e das organizações produtivas.

Do ponto de vista do ambiente público ou territorial, Lanna (2000a) focaliza a gestão ambiental a partir da política ambiental, ao passo que Kohn (1994) parte do ordenamento territorial. Do ponto de vista de um problema localizado (realidade concreta), Souza, M., (2000) focaliza a gestão ambiental a partir da caracterização ambiental. Do ponto de vista das organizações produtivas, focaliza a gestão ambiental a partir da incorporação de uma unidade de gestão ambiental em interação com as outras unidades dentro da sua organização. Como previamente pode ser percebida, torna a proposta de Lanna (2000a) num sentido amplo e em longo prazo, enquanto e as propostas de Cohn (1994) e Souza, M., (2000) têm um caráter mais operativo e em curto prazo.

Assim, para Lanna (2000a) o planejamento da gestão ambiental objetiva a harmonização da oferta e do uso dos recursos ambientais no espaço e no tempo, em quanto para Souza, M., (2000) o foco é a conciliação da capacidade de suporte ambiental com as atividades correntes e para Konh (1994), o foco é inserir essa relação, em consonância com as características ambientais, no espaço territorial.

Obviamente, as três abordagens de gestão ambiental objetivam alcançar a sustentabilidade ambiental. Assim a gestão ambiental é concebida como um meio, ferramenta fundamental, para alcançar um fim, o desenvolvimento sustentável.

Os três autores salientam, no processo de gestão ambiental, a necessidade da participação não somente dos usuários, mas também da sociedade civil em geral, a efeitos de inserir a diversidade de subjetividades e interesses difusos nesse processo. Desta maneira, tornar legítimo a gestão ambiental.

Cabe ao sistema de gestão fornecer a retroalimentação para que o planejamento, em um momento subsequente, possa adequar as diretrizes à nova realidade do sistema, promovendo um desenvolvimento dinâmico e contínuo (SOUZA, M., 2000). Esse momento, aponta Souza, M., (2000) em sua proposta, é o monitoramento, ao passo que Konh (1994) em sua proposta, aponta a gestão da sustentabilidade ambiental e a replanificação.

A gestão ambiental do espaço territorial ou espaço público tem interfaces com a gestão ambiental de organizações produtivas, o mesmo apresenta convergência com as formas de gerenciamento das organizações (Gestão da qualidade total, Gestão da qualidade total ambiental).

### **2.4.3 Instrumentos de gestão ambiental**

De acordo com Ráo *apud* Setti (1997), o direito é:

um sistema de disciplina social fundado na natureza humana, que, estabelecendo, nas relações entre os homens, uma proporção de reciprocidade nos poderes e nos deveres que lhes atribui, regula as condições existenciais e evolucionais dos indivíduos e dos grupos sociais e, em consequência, da sociedade, mediante normas coercitivamente impostas pelo poder público.

O ramo da ciência jurídica denominado direito ambiental tem por objeto regular as relações entre o ser humano e o meio ambiente, assim entendido como a "interação do conjunto de elementos naturais, artificiais e culturais que propiciem o desenvolvimento da vida humana" (SILVA *apud* SETTI, 1997). Nos termos do art. 3º, inciso I, da Lei 6938/81, meio ambiente é o "conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as formas".

As legislações relativas à temática ambiental, têm o propósito, via Gestão Ambiental, de contribuir com a melhoria das condições de organização do espaço territorial e da qualidade do meio ambiente para o bem estar social ou qualidade de vida.

As legislações ambientais além de estabelecerem limites, regras e direitos para cada um dos envolvidos na questão ambiental, vários instrumentos buscam adequadas soluções e negociações diante problemas/conflitos e riscos ambientais. Em última instância, todos os instrumentos visam diminuir a intensidade ambiental<sup>10</sup> de um sistema ambiental (MOTTA, 1991 *apud* LEAL, 1998).

A OTA *apud* Ribeiro (1998) indica as principais características do instrumento ideal de Política Ambiental, a saber: ter custo-efetividade e simplicidade, gerar pouco ônus ao governo, prover segurança de atingir objetivos ambientais, prevenir a poluição, proporcionar equidade e justiça ambiental, ter capacidade de adaptabilidade, promover a inovação e a difusão tecnológica.

Em sentido lato, devido à grande interseção entre Gestão Ambiental e Gestão Pública, Pereira (2000) afirma que:

todos os instrumentos de Políticas Públicas - também microeconômicas - são instrumentos de Política Ambiental, pois mesmo a formulação de uma política totalmente desatenta aos aspectos ambientais significa tão - somente uma Política Ambiental com essa característica.

Isto é, segundo Setti (1997) que não há apenas uma área do direito responsável pela materialização de regras e princípios capazes de garantir a sua preservação. Sendo necessária, para atuar com eficiência, "uma inter-relação entre outros ramos do direito, tais como o direito administrativo, o direito civil, o direito internacional público e privado, o direito penal e os direitos processuais". Adicionalmente, a problemática ambiental não somente deve ser tratada na esfera jurídica, mas também envolve adoção de regras, ações de caráter econômicos, socioculturais e ecológicos, isto é, com critérios interdisciplinares.

Tendo em vista as referidas observações, na literatura sobre instrumentos de Gestão Ambiental há várias formas de classificação, as quais, são descritos e apresentados diversos instrumentos em Pereira (1997), Setti (1997), Ribeiro (1998), Leal (1998), Martini (2000). Aqui, a seguir, cabe relevar os principais elementos dos instrumentos, suas

---

<sup>10</sup> Intensidade ambiental de um sistema econômico corresponde ao consumo de bens e serviços ambientais desse sistema.

fraquezas, bem como suas potencialidades. Adicionalmente, salienta-se os instrumentos previstos na Política Nacional de Meio Ambiente e em outros correlatas.

De acordo com Martini (2000) os instrumentos de gestão ambiental são reunidos em três grupos: jurídicos - administrativos, econômicos e educativos - morais. Os três conjuntos devem ser considerados como complementares ou não mutuamente excludentes. "O uso dos instrumentos de forma combinada aproveita as qualidades e limitações de cada um deles" (RIBEIRO, 1998), "só em poucos casos têm uma relação de substituição ou são efetivos se aplicados isoladamente" (LEAL, 1998). De acordo à diversidade de situações, os três tipos de instrumentos apresentam vantagens e desvantagens, mas parece ser mais interessante a forma como podem ser aplicados.

### **Instrumentos jurídicos - administrativos:**

Os instrumentos jurídicos administrativos, segundo Martini (2000), em termos gerais, "baseiam-se no princípio de alocação de direitos aos indivíduos ou grupos", sendo que estes direitos são respaldados por dispositivos legais (leis, decretos e regulamentos ou normas) de caráter coercitivo, estabelecidos e administrados pela autoridade competente.

Tendo em foco os recursos hídricos Storey (*apud* MARTINI, 2000) identifica quatro formas de alocação de direitos: lei comum ou ordinária, processos de cidadania, proibição e regulação. Deve-se salientar que a aplicação ou ação das duas primeiras, de um lado, não necessita a intermediação e/ou intervenção dos agentes públicos, de outro lado, tornam-se formas insatisfatórias, principalmente porque i) requer recursos financeiros que os envolvidos devem dispor para recorrerem aos tribunais, além de que o *poluidor* tem maior poder de influência e capacidade de representação do que o *poluído*, ii) os mecanismos legais são acionados após a ocorrência do dano, sendo que a respectiva compensação pode ser menos desejável do que a preservação, iii) a concessão de direitos é distribuída apenas a determinados grupos definidos.

Sob o ponto de vista da *lei comum* e *processos de cidadania*, na legislação brasileira, segundo Mukai (1992) *apud* Martini (2000), salienta-se o mandado de injunção (LXXI do art. 5º da Constituição Federal), a ação civil pública (Lei 7347, de 24.7.85), a ação popular (Lei 4.717/65) e o mandato de segurança coletiva (Lei 1.533 de 31.12.51). Maiores detalhamentos podem encontrar-se em Martini (2000), Setti (1997).

Com relação à alocação de direitos via proibição e regulação, estes "pressupõem a intervenção do estado como agente normatizador, executor e fiscalizador dos dispositivos que compõem os regulamentos" (MARTINI, 2000). Em termos gerais, estão baseados na adoção de parâmetros ambientais limite que devem ser obedecidos, e para terem efeito, estimulam-se por penalização dos infratores. Este grupo de instrumentos, conforme a resolução do Conama, são denominados de política de mandato-e-controle<sup>11</sup>. Segundo Cãnepa *et al.* (1998), esta política é definida por duas características: i) imposição, pela autoridade pública, de padrões de emissão incidentes sobre a produção final (ou sobre o nível de utilização de um insumo básico) do agente poluidor e ii) determinação da melhor tecnologia disponível para abatimento da poluição e cumprimento do padrão de missão.

Existem problemas relacionados à aplicação desses instrumentos, entre as principais, conforme Cãnepa *et al.* (1998), podemos mencionar: i) requer bastante tempo para demoradas negociações entre regulamentadores e empreendedores econômicos; ii) os regulamentadores têm insuficiente informação, dificultando a promoção de tecnologias alternativas, que permitam níveis de abatimentos significativos, isto devido a escassez de recursos nas agências ambientais, o que dificulta o monitoramento da situação ambiental, necessário para verificar a aplicação das leis e das sanções previstas, quando for o caso; iii) "a regulamentação direta pode impedir a instalação de empreendimentos em uma região saturada, mesmo que a firma nova se disponha a pagar até pelo abatimento de fontes existentes", além destes, segundo Margulis (1992) *apud* Leal (1998) podemos mencionar, iv) há fragilidade do sistema de penalidades, não incentivando o infrator a melhorar seu sistema; v) a grande complexidade da lei, prevendo situações muito específicas; vi) falta de coordenação entre as diversas agências e instâncias governamentais.

### **Instrumentos econômicos:**

Os instrumentos econômicos atuam via mecanismos de mercado, baseiam-se na aplicação do princípio *usuário (poluidor) pagador* para estimular aos usuários valorizarem os recursos naturais em função da sua escassez e custo de oportunidade social. Em geral, procura-se transformar em termos monetários os prejuízos ambientais atuais e futuros, com a possibilidade de serem utilizados para readequar o desequilíbrio ambiental/ecológico, provocadas pelas atividades antrópicas.

---

<sup>11</sup> Também denominado "comando controle" (Leal, 1996; Lanna, 2000, Cãnepa, 2001, Ribeiro, 1998; etc.)

Entre suas vantagens, segundo Motta (1991) *apud* Leal (1998) salientam-se as seguintes: i) estimula os avanços tecnológicos e a adoção de tecnologias com menor intensidade ambiental; ii) permite a geração de receita fiscal e tarifária através da cobrança pelo uso ou emissão de certificados; iii) permite o emprego de cobranças unitárias progressivas, onde a capacidade de pagamento de cada agente é levada em consideração, segundo critérios distribuídos; iv) minimiza os custos administrativos ao dispensar a necessidade de tratar cada caso de degradação. Não obstante, sua principal limitação é a necessidade de monitoramento das condições ambientais. Além do mais as agências ambientais conheçam bem os processos ambientais, a eficiência das diferentes medidas de controle adotadas pelos agentes e os custos do controle dos danos causados, para que possam ser calculados os valores das cobranças a serem aplicadas (LEAL, 1998).

De acordo com Margulis (1992) *apud* Leal (1998), há principalmente dois mecanismos econômicos que podem atuar: via preços, como a cobrança, taxas e tarifas; ou via quantidades como as licenças ou certificados de poluição ou de utilização. No primeiro caso, se tem conhecimento do custo total envolvido, mas não se controla o total de poluição ou de utilização do recurso. No segundo caso, se controla o total de emissões ou de utilização, sem controlar os custos. A aplicação desses instrumentos partem da premissa de que as duas modalidades tendem a ser equivalentes, uma vez que o mercado seria levado ao equilíbrio em ambas.

### **Instrumentos educativos - morais:**

Com relação aos instrumentos educativos-morais, conforme Martini (2000), refere-se ao uso da persuasão educativo- moral como meio preferencial de induzir as pessoas a um comportamento para cumprimento das metas ambientalmente desejáveis. O ponto central é colocar a questão ambiental fundamentalmente como um problema educacional a ser enfrentado pela sociedade, incorporando ao conjunto do saber humano o posicionamento ético do ser humano diante a natureza. Neste sentido "a autoridade ambiental pode utilizar a política de persuasão moral para fazer apelo à boa vontade do poluidor e induzi-lo a reduzir sua **quantidade de poluição**, servindo-se para tal fim da opinião pública" (RAMOS, 1996 *apud* MARTINI, 2000). A conscientização ou estimulação seria o mecanismo capaz de fazer com que fossem incorporados ao processo produtivo procedimentos compatíveis com a proteção ambiental, através da mudança de visão e comportamento, posicionando-se aos interesses coletivos acima dos interesses

individuais. "Os defensores da persuasão por meio educativos morais vislumbram novas estruturas sociais capazes de impor ao mercado preferências por produtos e processos produtivos menos degradadores do ambiente" (MARTINI, 2000).

A principal desvantagem destes instrumentos refere-se a defasagem na escala temporal dos processos de degradação e educação ambiental, pois os primeiros são imediatos, e a segunda resulta a longo prazo, quando no presente os danos normalmente são irremediáveis (MARTINI, 2000).

### **Instrumentos de auto-regulação:**

Em termos gerais, a auto-regulação busca atingir, via mecanismos de mercado, a qualidade ambiental, ou seja, de acordo com Maimon (1996) *apud* Pereira (1998), a auto-regulação é o planejamento ambiental reivindicado pelos neoliberais e pelos empresários que confiam às forças do mercado a incorporação da responsabilidade ambiental nas empresas. Nesta ótica, as recentes gestões ambientais, segundo a lógica da prevenção da poluição em todo o ciclo de vida do produto (*Life Cycle Analysis*), as inovações tecnológicas relativas às economias de energia e de recursos naturais bem como a capacidade de reciclar os resíduos sólidos comprovam que o mercado pode conduzir à ecoeficiência (*BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, 1992 *apud* PEREIRA, 1998).

Pereira (1998) aponta, entre esses mecanismos de mercado: o Selo Verde (*Eco-label*)/LCA - *Life Cycle Analysis* (Análise Ciclo de Vida) e suas relações com os consumidores; a Certificação Ambiental - ISSO 14000; as companhias de seguro, que, devido às suas responsabilidades, pressionam e auditam ambientalmente suas seguradas.

O autor indica que se usados esses instrumentos de maneira generalizada, podem acarretar grandes riscos ambientais, o que, no entanto, não invalida a importância de mecanismos do tipo Análise Ciclo de Vida, Auditorias ambientais, etc. na abordagem das questões ambientais.

## **2.5 Gestão ambiental em bacias hidrográficas**

Na Seção 2.4 foi brevemente discutida a temática da gestão ambiental, como um meio para alcançar a sustentabilidade do desenvolvimento. Seguindo essa idéia, a seguir será discutido o referido tema com relação ao espaço geográfico a ser adotado para tal fim.

No texto será apresentada a evolução dos modelos de gestão de bacias hidrográficas, bem como conceitos ligados à gestão ambiental em bacias hidrográficas.

### **2.5.1 Modelos de gestão de bacias hidrográficas**

Na literatura sobre gestão dos recursos hídricos está lotado de argumentos e convites com relação à adoção da bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e gestão. Revela-se, então, ao longo de sua evolução, a identidade da gestão de bacias hidrográficas com a gestão dos recursos hídricos. O manejo de micro-bacias hidrográficas, também tem contribuído na evolução da gestão de bacias hidrográficas.

Não obstante, Lanna (1995) ressalta que freqüentemente é confundido o gerenciamento de recursos hídricos com o gerenciamento de bacias hidrográficas. Isso implica em uma redução conceitual, temática e metodológica do gerenciamento de bacias hidrográficas. Por exemplo, Heathcote (1998) em seu livro intitulado *Integrated Watershed Management: principles and practice*, faz ênfase na gestão dos recursos hídricos.

O Quadro 2.7 mostra uma síntese da evolução dos modelos de gestão de bacias hidrográficas, a partir de três perspectivas: administrativo-instrumental, finalidade das ações e abrangência temática. Certamente, sob as três perspectivas consideram-se as finalidades e abrangência da gestão, mas na perspectiva administrativa se enfatiza os mecanismos instrumentais da gestão de bacias.

A evolução dos modelos de gestão estão associados às mudanças de visão, induzida pelo confronto a novos problemas. Os modelos de gestão adotados tornaram-se cada vez mais complexos, porém possibilitam uma abordagem mais eficaz do problema (LANNA, 1995). Para tal, eram necessárias as reorganizações institucionais-administrativos e adotar novos instrumentos de gestão.

Uma das principais anomalias é de que tais modelos concebidos tornaram-se insuficientes diante o meio ambiente mutável e dinâmico. Este fato exige grande flexibilidade dos modelos de gerenciamento (LANNA, 1995), e cabe ao modelo ter recursividade para adequar suas diretrizes a uma nova realidade.



Em síntese, na evolução dos modelos de gestão são identificados quatro momentos: modelo burocrático, modelo econômico-financeiro, modelo sistêmico de integração participativa e o modelo de gestão integral da bacia hidrográfica (Quadro 2.7).

**Quadro 2.7 Evolução dos modelos de gestão de bacias hidrográficas, a partir de três perspectivas: administrativo–instrumental, finalidades e abrangência**

Época	Administrativo-instrumental Yassuda (1993), Lanna (1995), Lanna (2000c)	Finalidades das ações Dourojeanni (1994)	Abrangência temática Martinez e Braga (1997) <i>apud</i> Leal (1998)
Até os anos 1940	<b>Modelo burocrático</b> Entidades públicas concentram as ações gerenciais, poder decisório, autoridades hierárquicas e formalistas. Negociação política administrativa e jurídica. Gestão casuística, preferivelmente, via instrumentos jurídico administrativos.	<b>1ª Etapa</b> - Controle e aproveitamento da água através da construção de obras hidráulicas locais e com funções limitadas (específicas). <b>2ª Etapa</b> - administração da água por bacias.	<b>Recursos hídricos isolados</b> Gerenciamento concentrado na luta contra inundações, regularização de cursos de água, captação para abastecimento público, produção de energia etc.
Anos 1950 a 1960	<b>Modelo econômico financeiro</b> O poder público, busca a otimização do benefício econômico do aproveitamento de recursos hídricos, para promover o desenvolvimento econômico regional ou nacional. Negociação política representativa e econômica. Gestão via instrumentos econômico financeiro, além de induzir a obediência às normas legais vigentes.	<b>3ª Etapa</b> - Desenvolvimento regional em nível de bacias, através da construção de obras hidráulicas (de grande porte) com fins de usos múltiplos. <b>4ª Etapa</b> - Gestão de bacias hidrográficas, com a idéia básica de aproveitar e conservar <sup>12</sup> os recursos naturais da bacia. Enfatizam-se o controle da erosão, dos deslocamentos, da sedimentação e assoreamento em torno aos açudes construídos.	<b>Recursos hídricos visão setorial:</b> Saneamento, energia, transporte, irrigação, mineração, etc. <b>Recursos hídricos visão multisetorial da bacia:</b> O gerenciamento torna-se complexo. Busca o desenvolvimento integral e compatibilizar os usos múltiplos da água, por ser este mais intensamente utilizado.
Anos 1970 até hoje	<b>Modelo sistêmico de integração participativa</b> Cria uma estrutura sistêmica, gerencial, responsável e funcional. Negociação econômica, política direta, política representativa e jurídica. Adota três instrumentos: Planejamento estratégico por bacias hidrográficas, Tomada de decisões através de deliberações multilaterais e descentralizadas e, Estabelecimento de instrumentos legais e financeiros.	<b>5ª Etapa</b> - Gestão ambiental em bacias hidrográficas. Com alguns avanços de coordenação multisetorial e <i>no papel</i> , mas não plenamente nas ações de desenvolvimento e gestão do conjunto dos recursos naturais na bacia.	<b>Recursos hídricos inseridos no ambiente da bacia</b> Gerenciamento voltado ao planejamento e coordenação sobre a utilização e distribuição da água, levando em conta a bacia hidrográfica como unidade básica de gestão.
Tendên cia futura	Gestão integral de bacias hidrográficas	Sustentabilidade da bacia hidrográfica	Ambiente integral da bacia hidrográfica

Fonte: Elaborado a partir dos autores citados, respectivamente

As críticas ao primeiro modelo são de caráter institucional e instrumental, por concentrar poderes de decisão burocrática e por criar leis cada vez mais específicas, levando a uma legislação confusa e complexa.

<sup>12</sup> Para Dourojeanni (1994), o termo aproveitamento tem uma conotação associado ao desenvolvimento e o termo conservação tem uma conotação associada à gestão

O segundo modelo tem críticas oriundas da economia ecológica, destacando o papel de recurso econômico da água em detrimento de seu papel como ecossistema e de sua interligação com o meio ambiente.

O terceiro modelo, apesar de ser o mais moderno, apresenta grandes desafios, uma vez que presume dirimir conflitos, controvérsias e solucionar problemas através da negociação política direta. Como promover o envolvimento dos atores sociais, com ética, consciência e conhecimento, diante uma população/sociedade desinformada com grande desigualdade em oportunidades? Como melhorar a insipiente coordenação multisetorial, se vários dos setores têm suas próprias agendas específicas e estreitas? (WHIPPLE, 1998). Que metodologia será adotada para eles integrarem e/ou compatibilizarem suas visões e falarem em uma mesma língua, uma vez que os atores setoriais têm valores, percepções, conhecimentos, interesse e objetivos diferenciados?

Em termos gerais, até a concepção do terceiro modelo, ainda a problemática do sistema de recursos hídricos é o tema central da gestão de bacias hidrográficas. Entretanto, o quarto modelo evolutivo tende à gestão integral de bacias hidrográficas. Este modelo com base no enfoque sistêmico engloba todos os recursos naturais/ambientais disponíveis em uma bacia hidrográfica. Neste modelo cabe inserir plenamente a estrutura matricial de gestão ambiental (Figura 2.3) proposta por Lanna (1995).

Esse modelo, embora desejável apresenta os mesmos desafios que o modelo sistêmico de integração participativa. Além disso, é difícil implantar o modelo pelas seguintes razões: fraqueza organizacional do sistema administrativo e descompasso e interfaces entre a gestão dos recursos naturais.

Com relação à fraqueza organizacional do sistema administrativo, as instituições atuam fortemente por setores, tais como saneamento, mineração, recursos florestais e outros. Elas estão dispersas e distantes entre si, disputando atribuições no sistema administrativo. No caso do Brasil, existem diversas entidades públicas (federais, estaduais e municipais) e privadas com atribuições na gestão. Esta estrutura organizacional e legal forma uma administração confusa, desarticulada, organizada por usos, que dificulta o uso múltiplo e integrado dos recursos hídricos, exigindo aprimoramentos (LANNA, 2000a; LANNA, 2000c). Portanto, o modelo exige um grande esforço político para uma integração efetiva entre as diversas entidades setoriais (LEAL, 1998) e para congregar a

maioria das funções pertinentes à gestão dos recursos naturais em um mesmo órgão (CEDRAZ, 2000).

Quanto ao descompasso e interfaces entre a gestão dos recursos naturais, apesar de ser lançada na teoria as bases do enfoque sistêmico, não ocorre na prática da gestão dos recursos naturais. Acontece que há descompasso entre a gestão dos recursos naturais e não é contemplada efetivamente as interações dos recursos naturais na bacia hidrográfica. Sobre esse assunto, Cedraz (2000) defende que o gerenciamento dos recursos hídricos só se tornará consistente quando encarado como componente de um sistema de gerenciamento integrado dos recursos naturais. Assim o arranjo institucional para o gerenciamento dos recursos hídricos deverá partir da visão sistêmica do gerenciamento dos recursos naturais.

Ainda, Dourojeanni (1994), no âmbito da evolução dos modelos de gestão de bacias hidrográficas, destaca o "fato que tem passado abruptamente a coordenar, pelo menos no papel, a gestão ambiental em nível de bacias e região, sem ter, todavia coordenado ainda plenamente as ações de desenvolvimento e gestão do conjunto de recursos naturais numa bacia". Logo, se não se gerenciam os recursos naturais em forma coordenada, nem sequer a água, será impossível fazer gestão ambiental plena.

### **2.5.2 Rumo à adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental**

Um método que vem sendo amplamente utilizado para a gestão dos recursos hídricos, adota a bacia hidrográfica como unidade geográfica de planejamento e gestão, ao contrário de serem adotadas as unidades de caráter político-administrativo como o Estado, Município, etc. Efetivamente, no Brasil não somente é instituída pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997) a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos, mas também a Política Agrária Brasileira (Lei Federal Nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991) institui as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e da recuperação dos recursos naturais.

Esta tendência se deve ao papel integrador dos recursos hídricos, nos aspectos físico, bioquímico e sócio- econômico (LANNA, 2000a). Além disso, este método

possibilita analisar a maioria das relações causa-efeito dos processos e operacionalizar o sistema complexo de uma bacia hidrográfica. Logo, em aproveitamentos comuns de recursos hídricos compartilhados entre as referidas unidades, não se pode deixar de lado o que se entende por bacia hidrográfica.

### **O que é bacia hidrográfica?**

Na literatura existem inúmeras definições sobre o termo bacia hidrográfica. Em síntese, revela-se que pode ser definido do ponto de vista hidrológico e integral ou sistêmica.

Em uma concepção hidrológica, Segundo Viessman *et al.* (1972) a bacia hidrográfica "é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída".

Em uma concepção mais integral ou sistêmica, a bacia hidrográfica é uma área territorial, delimitada por uma divisória topográfica - *divortium aquarum*, concebida como "um sistema complexo, aberto, cujos elementos biológicos, sociais e econômicos se encontram em estreita inter-relação, um sistema aberto a fluxos, influências e linhas de ação que atravessam suas fronteiras, recebe e dá [...]" (VILLANUEVA, 2000).

### **O que é gestão de bacia hidrográfica?**

Na Seção 2.4.2 foi apresentada segundo Lanna (2000a) uma proposta metodológica para o gerenciamento ambiental (Figura 2.3). Esta concepção tem três dimensões: o gerenciamento do uso dos recursos ambientais, o gerenciamento da oferta dos recursos ambientais e o gerenciamento interinstitucional. Da projeção destas dimensões sobre uma bacia hidrográfica surge o Gerenciamento de Bacia Hidrográfica.

Assim, segundo o autor o Gerenciamento de Bacia Hidrográfica é definido como

o instrumento orientador das ações do poder público e da sociedade, no longo prazo, no controle do uso dos recursos ambientais - naturais, econômicos e sócio- culturais - pelo homem, na área de abrangência de uma bacia hidrográfica, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Uma outra definição proposta por *The World Commission on Environment and Development* (WCED, 1987 *apud* Lanna, 1995) é como segue:

o gerenciamento de bacias hidrográficas é o processo de negociação social, sustentado pelos conhecimentos científicos e tecnológicos, que visa a compatibilização das demandas e das oportunidades de desenvolvimento da sociedade como potencial existente e futuro do meio ambiente, na unidade especial de intervenção de uma bacia hidrográfica, no longo prazo.

Está claro que o objetivo central da gestão de bacia hidrográfica é harmonizar as ofertas com as demandas de recursos naturais - ambientais para atingir a sustentabilidade do desenvolvimento numa bacia hidrográfica.

Também está claro que o planejamento e a gestão de bacias hidrográficas devem contemplar todos os recursos ambientais e não apenas os recursos hídricos. Assim, esse enfoque deve integrar: os aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos, enfatizando os aspectos ambientais, uma vez que a capacidade ambiental que dá suporte ao desenvolvimento possui sempre um limite, a partir do qual, numa visão sistêmica, todos os outros aspectos seriam inevitavelmente afetados (PIRES e SANTOS, 1995).

Entretanto, vários autores (ANDREOLI e SOUZA, 1992; DOUROJEANNI, 1993; FRANK, 1995; FRANK, 1997) ressaltam a dificuldade do planejamento de ações de controle e de recuperação ambiental em grandes bacias hidrográficas, devido a sua complexidade do ambiente e dos problemas nele manifestados. Por isso, recomendam fazer planejamento de caráter estratégico, e setorializar a bacia em unidades menores para nelas efetivar o planejamento de caráter mais operacional e prático.

Em síntese, para implementar a gestão de bacias hidrográficas, no longo prazo, precisaria um processo de mudança social, institucional, jurídica e organizacional. Em curto prazo, precisaria apoiar as iniciativas/experiências em micro-bacias (LANNA, 1995) e fazer uma gestão efetiva dos recursos hídricos.

## **2.6 Gestão das águas**

A água é um bem indispensável para a sobrevivência do ser humano; permite realizar diversas atividades econômicas, melhorar a situação social e comunitária. As atividades econômicas demandam quantidades de água e reduzem sua qualidade, criando conflitos de alocação entre os atores/usuários (JUST e NETANYAHU, 1998). Sob a idéia

do progresso sócio- econômico, a água é usado para: abastecimento público, industrial, irrigação, pecuária, hidroelétrica, transporte, dissolução, recreação, biodiversidade, etc. Algumas destas atividades além de consumir, tornam-se em fontes potenciais de poluição do sistema de recursos hídricos, uma vez que não contam com medidas efetivas de seguridade ambiental. Entre as principais fontes de poluição pode-se mencionar: efluentes sanitários, industriais, resíduos sólidos, drenagem urbana, chuvas ácidas, as fontes acidentais de produtos perigosos, etc.

Neste contexto, no âmbito acadêmico-científico, político e da sociedade civil, houve debates e inovações com relação ao uso e manejo das águas. Expressões como gerenciamento de recursos hídricos, gestão das águas e uso racional das águas passaram a ser parte do vocabulário nesses debates. Todavia, a maneira de abordá-las, de entendê-las, e de praticá-las variam de pessoa para pessoa. Apesar disso, há algo novo nascendo na sociedade: "a aceitação de que devemos mudar a maneira de tratar nossos recursos hídricos, conservando-os para nosso futuro e para as gerações futuras" (CAMPOS, 2001).

Diante esta problemática, antes de apresentar os fundamentos da gestão das águas, é necessário apresentar as visões mundiais sobre a água, uma vez que o mesmo é considerado como conteúdo substancial de caráter ideológico e político para concepção da gestão das águas.

### **2.6.1 Visões mundiais sobre a água**

Bustamante Zenteno (2003) tem identificado dois enfoques mundiais sobre a água. Uma promovido pelas organizações mundiais: o Conselho Mundial da água (WWC) e a Associação Mundial da Água (WGP), cujas bases estão estabelecidos nos documentos tais como a Declaração de Dublin, em 1992, a Visão Mundial sobre a Água e o Meio Ambiente para o Século XXI, O Marco para Ação: rumo para a seguridade hídrica e a Declaração Ministerial de La Aya, em 2000, fortalecida pela Declaração de Bom, em 2001 e da Conferência do Rio +10 em Johannesburgo, em 2002. Dentre os elementos centrais destaca-se: a) satisfação das necessidades básicas d'água; b) utilização mais eficiente d'água sem afetar a seguridade alimentaria; c) distribuição mais equitativa do recurso, usos com maior valor e mais eficientes; d) proteção dos ecossistemas aquáticos, ordenação sustentável dos recursos hídricos; e) promoção da cooperação entre países em bacias transfronteiriças; f) consideração e administração do risco; g) valorização d'água,

reconhecimento do custo total; h) gestão baseada na informação e o conhecimento científico, inovações tecnológicas; i) participação e diálogo dos diferentes atores; j) participação privada nos investimentos necessários; k) fortalecimento das capacidades do estado como ente regulador do mercado.

Outro enfoque tem surgido a partir do Movimento anti-globalização, tendo sua expressão no Manifesto d'Água e Contrato Mundial da Água, no Foro Social Mundial de Porto Alegre, em 2002, na Carta Pastoral da Água em 2003, Bolívia. Dentre os elementos centrais salientam-se: a) a água não deve ser considerada como uma mercadoria já que constitui um patrimônio comum da humanidade; b) a água é um direito fundamental humano e de todo ser vivente; c) a água deve utilizar-se de forma sustentável; d) a resistência a seu tratamento como uma mercadoria e, por tanto, a sua privatização; e) a água deve manter-se no domínio público; f) as políticas devem segurar a equidade e a participação; g) os serviços d'água privatizados devem retornar ao domínio público.

Um conceito central, no primeiro enfoque, é a seguridade hídrica baseado no planejamento para usos futuros, enquanto o conceito central do segundo enfoque é a solidariedade e a equidade no uso d'água que constitui o patrimônio comum da humanidade e, que portanto, deve ser compartilhado (BUSTAMANTE ZENTENO, 2003).

## 2.6.2 Fundamentos da gestão das águas

No sentido amplo, segundo Lanna (2000a), a gestão das águas é definida como

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

Fazem parte desta atividade, os seguintes elementos:

**Política das águas:** concebida como um conjunto de princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne à regulamentação ou modificação nos usos, controle e proteção das águas.

**Plano de uso, controle ou proteção das águas:** qualquer estudo prospectivo que busca, na sua essência, adequar o uso, o controle e o grau de proteção dos recursos hídricos às aspirações sociais e/ou governamentais expressas formal ou informalmente em

uma Política das águas, através da coordenação, compatibilização, articulação e/ou projetos de intervenções.

**Gerenciamento das águas:** conjunto de ações governamentais, comunitárias e privadas destinadas a regular o uso, o controle e a proteção das águas, e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela Política das águas.

**Modelo de gerenciamento das águas:** entendido como a configuração administrativa adotada na organização do Estado para gerir as águas.

**Sistema de gerenciamento das águas:** conjunto de organismos, agências e instalações governamentais e privadas, estabelecidos com o objetivo de executar a **Política das águas** através do **Modelo de gerenciamento das águas** adotado e tendo por instrumento o **Planejamento do uso, controle e proteção das águas**.

A Figura 2.3 mostra a estrutura matricial do Gerenciamento Ambiental. A partir dessa estrutura é adaptada a concepção para o gerenciamento das águas. Assim, a gestão das águas é parte integrante da gestão ambiental e resulta da interseção entre o gerenciamento da oferta da água com os diferentes usuários setoriais. Para maiores detalhes a esse respeito, encontram-se em Lanna (2000b), Lanna (2000c).

Com relação à estratégia de gestão das águas, segundo Thomas e Howlett (1993), esta deve ser formulada sob três premissas: politicamente viável, ambientalmente sensível e com desenvolvimento sustentável. Sobre esse assunto, de acordo com Heathcote (1998), a gestão dos recursos hídricos pode ser considerada efetiva quando:

- Permite uma adequada oferta de água, de maneira sustentável por muitos anos.
- Mantém a qualidade da água em um nível que satisfaça os padrões nacionais e os objetivos da sociedade, com relação à qualidade da água.
- Permite o desenvolvimento econômico no curto e no longo prazo.



## **Modelo Sistêmico de Integração Participativa**

No Quadro 2.7 é apresentado sinteticamente a evolução dos modelos de gestão de bacia hidrográfica. O modelo sistêmico de integração participativa, por adaptação desta concepção, é o modelo mais moderno de Gerenciamento das Águas, sendo o objetivo estratégico de qualquer reformulação institucional e legal bem conduzida (LANNA 2000a). Esse modelo fundamenta-se numa ampla discussão social por meio do estabelecimento de fóruns de debates. Neste modelo se empregam os quatro tipos de negociação social: econômico, político direto, político –representativo e jurídico (FREITAS, 2000). Também se empregam três instrumentos de trabalho: planejamento estratégico por bacia hidrográfica; tomada de decisão através de deliberações multilaterais e descentralizadas; e estabelecimento de instrumentos normativos e econômicos (LANNA, 2000a).

Estas características permitem conceber a diversidade e abrangência dos problemas decisórios que envolvem a gestão dos recursos hídricos, ficando estabelecido como grande foro de discussão ou parlamento das águas o Comitê de Bacia Hidrográfica, sendo representada nele os usuários da água, os órgãos públicos e a população. Aqui se encontram os processos decisórios envolvendo todos os assuntos que busquem compatibilizar a disponibilidade hídrica com as demandas por água (VIEGAS, 2000).

Entretanto, um dos maiores problemas a respeito dos recursos hídricos é que apesar do novo arcabouço legal em vigor que institui o Comitê de Bacia como um espaço institucional para solucionar conflitos, de forma a garantir os interesses da coletividade, as condições de efetividade dos mesmos não está assegurada (TUCCI, 2002). Diante esse problema, torna-se crucial a organização da sociedade para participar ativamente na defesa do uso racional da água e na democratização de seu controle social (TUCCI, 2002).

### **2.7 Resumo do capítulo**

Neste Capítulo foi examinada em termos gerais a questão ambiental e em termos específicos a problemática dos recursos hídricos. Dentre os pontos abordados mais importantes são os seguintes:

- Historicamente, a concepção de natureza e de ciência pela humanidade bem como a política tem influenciado no modelo de desenvolvimento que não tem contemplado efetivamente a temática ambiental. A problemática ambiental –no caso específico a problemática dos recursos hídricos é produto desse modelo. Entretanto, os movimentos sociais -ambientalistas, guiados por seus valores de consciência com relação ao meio ambiente, têm influenciado significativamente em mudanças estruturais e políticas para uma institucionalização gradativa da temática ambiental, visando o desenvolvimento sustentável. Hoje, o conceito de desenvolvimento sustentável e sua operacionalização estão sendo moldados basicamente sob três pilares: política, economia e ecologia.
- Em termos conceituais, a noção do desenvolvimento sustentável tem evoluído a partir da idéia do progresso que foi baseado em uma dimensão: o crescimento econômico. Por sua vez, este se ampliou para o desenvolvimento ou desenvolvimento econômico que está baseada em duas dimensões: o crescimento econômico e o bem estar social. Por fim, a noção foi ampliada para o desenvolvimento sustentável que está baseada basicamente em três dimensões: a eficiência econômica, equidade social e sustentabilidade ambiental.
- Sustentabilidade do desenvolvimento é visto a partir de diferentes perspectivas teóricas, ideológicas e interesses. Não há uma aceitação comum dessa idéia. Entretanto, é claro que a sustentabilidade objetiva a melhoria do bem estar social ao longo do tempo. Esta melhoria, numa visão sistêmica, não pode acontecer sem a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.
- A sustentabilidade do sistema de recursos hídricos é definida como aquelas designações e/ou gerenciamento para uma completa contribuição aos objetivos da sociedade, agora e no futuro, mantendo sua integridade ecológica, ambiental e hidrológica (UNESCO, 1999).
- O meio ambiente é visto como um sistema, formado basicamente pela interação entre os subsistemas natural e social. Então, o desenvolvimento sustentável é uma co-evolução de ambos os subsistemas. Nessa perspectiva podem ser distinguidos seis subsistemas: o desenvolvimento individual, sistema social, governo, infraestrutura, o sistema econômico, os recursos naturais e o meio ambiente.

- Na perspectiva sistêmica, a gestão dos recursos hídricos é parte integrante da gestão ambiental. Então, a gestão dos recursos hídricos será efetiva ou *bem sucedida*, se houver uma efetiva gestão ambiental.
- Do ponto de vista ecológico e sistêmico, a bacia hidrográfica é a unidade básica de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Esta idéia é reconhecida como um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Fed. N° 9433/97).
- O modelo de gestão de recursos hídricos que estaria em curso e o Modelo Sistêmico de Integração Participativa. Este modelo, apesar de serem formados os comitês de bacia, apresenta um aspecto crucial que é a participação *democrática* dos atores sociais envolvidos na problemática dos recursos hídricos.
- O Modelo Sistêmico de Integração Participativa para a gestão dos recursos hídricos, na ótica das visões mundiais sobre a água, integra elementos centrais tanto do enfoque concebidos pelas organizações mundiais tais como o Conselho Mundial d'Água e a Associação Mundial d'Água, quanto do enfoque concebidos pelo movimento anti-globalização.
- Tendo como base o conceito de sustentabilidade do desenvolvimento e sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, há necessidade de construir um sistema de indicadores como um instrumento multicritério para contribuir ao planejamento e gestão dos recursos hídricos.

### **3 SISTEMA DE APOIO À DECISÃO SOB A VISÃO CONSTRUTIVISTA**

#### **3.1 Introdução**

A decisão é um ato inerente da vida cotidiana. Nós permanentemente estamos tomando decisões no âmbito pessoal, familiar, das organizações privadas e públicas, etc. Desse modo parece fácil, mas é complexa e controversia quando estamos dentro um grupo de pessoas com visões e objetivos diferentes. Por isso, foram desenvolvidos conceitos metodológicos e técnicas de apoio à tomada de decisão, em várias ciências como economia, administração, engenharia de sistemas, etc. No âmbito do planejamento e gestão do sistema de recursos hídricos, também foram desenvolvidos e aplicados sistemas de apoio à tomada de decisão. Nessa perspectiva, o presente Capítulo tem por objetivo apresentar e discutir brevemente sobre os conceitos metodológicos dos sistemas de apoio à decisão; os paradigmas adotados na prática de apoio à tomada de decisão e as metodologias multicritério de apoio à decisão.

#### **3.2 Uma síntese da evolução da prática de apoio à decisão**

As raízes da idéia de apoio à tomada de decisão se remontam a muitas décadas atrás, quando foram feitos os primeiros intentos de empregar o enfoque científico na administração de uma empresa (HILLIER e LIEBERMAN, 1991). Mas, o início desta idéia, através da atividade de *Pesquisa Operacional* -PO, é atribuído aos serviços militares prestados a princípios da Segunda Guerra Mundial. Na época, devido aos esforços bélicos, existia uma necessidade urgente de fornecer recursos escassos a distintas operações militares e a atividades dentro de cada operação, de modo mais efetivo (HILLIER e LIEBERMAN, 1991).

Com a vinda da revolução industrial, houve um crescimento sem precedentes em tamanho, complexidade e especialização dentro das organizações. Isto exigiu intensificar a

prática da pesquisa operacional, uma vez que, devido à escassez de matéria-prima, houve demanda por produtos maior do que a oferta (HILLIER e LIEBERMAN, 1991) Na época buscava-se a produção em escala e a racionalidade no processo decisório, ou seja, o ótimo. Neste contexto, a Pesquisa Operacional (PO) clássica, fazendo uso de ferramentas advindas da matemática, tais como a programação linear, não-linear, inteira, dinâmica, entre outras, consolidou-se como ciência. O desenvolvimento tecnológico – computacional tem contribuído como uma condição necessária ao desenvolvimento dessa ciência. As ciências naturais quanto as sociais interessaram-se pelo assunto, desenvolvendo cada uma segundo a sua própria ótica e necessidades, uma particular abordagem do tema (VIEGAS, 2000).

No âmbito do sistema de recursos hídricos, havendo necessidade de um enfoque sistêmico aos problemas complexos, esse conjunto de ferramentas, acima mencionado e a orientação para o seu adequado uso passaram a integrar o que se identificou por Análise sistêmica de Recursos Hídricos (LANNA, 1997; VIEGAS, 2000). Tecnologias computacionais interativas, sistemas de apoio à decisão começaram aparecer em meados da década dos 70 e foram discutidas na literatura dos recursos hídricos a partir da década dos 80. Porém, o crescimento mais rápido da ciência da decisão em recursos hídricos, aconteceu nos últimos quatro anos. Algumas das razões para este crescimento quanto na pesquisa e prática são: o rápido avanço das capacidades computacionais, o desenvolvimento de *software* amigável como o usuário e sistemas operacionais, que aumentaram o acesso e familiaridade entre tomadores de decisão com os computadores. Não obstante, o sistema de apoio à decisão computadorizado na área de recursos hídricos não tem alcançado maturidade. As razões para isso são: falta de estudos de caso onde o desempenho do SSD tem sido avaliado em cenários institucionais apropriados; a natureza multidisciplinar do SSD e seu arcabouço teórico e falta de métodos disponíveis para avaliar a efetividade deles. Ainda, dentre os construtores e usuários do SSD efetuaram muitas críticas construtivas, mostraram as limitações do arcabouço conceitual e questionaram a efetividade e utilidade do SSD. De fato, os construtores e usuários podem ser a principal força motriz de muitos dos recentes avanços e aplicações do SSD em sistemas de recursos hídricos (WATKINS e MCKINNEY, 2001).

Entretanto, a partir dos anos 1970, no sentido mais amplo, uma onda de críticas vem atingindo os pesquisadores operacionais quanto aos pesquisadores do MCDM

(*Multicriteria Decision Making*). Por um lado, por ter buscado incansavelmente a objetividade e racionalidade econômica, acabou restringindo os aspectos sociais, embora inegavelmente importantes do ponto de vista técnico. Por outro lado, na prática, estudos descritivos têm mostrado que os tomadores de decisão violam com frequência as regras da racionalidade (MONTIBELLER, 2000). Com base nessas constatações, na literatura sobre metodologias em apoio à tomada de decisão são derivadas inúmeras críticas (MONTIBELLER, 2000; ENSSLIN *et al.*, 2001; CORRÊIA, 1996).

Na medida em que tem emergido esse conjunto de críticas, desenvolveu-se e aplicou-se uma nova abordagem para a prática do apoio à decisão. Isto, de acordo com Bana e Costa (1993b), está sustentada por três convicções: a convicção da interpenetração de elementos objetivos e subjetivos e da sua inseparabilidade; a convicção da aprendizagem pela participação; e a convicção do construtivismo. Maior detalhamento a respeito será descrito na Seção 3.5.1. Contudo, essas convicções vêm constituir a essência conceitual do que, modernamente, deve contemplar um sistema de apoio à decisão (VIEGAS, 2001). Mas, como pode ser adotada esta abordagem na prática de apoio à decisão no âmbito do planejamento e gestão dos recursos hídricos? Este assunto será tratado após ser apresentado a natureza do sistema de apoio à decisão, os paradigmas para sua modelagem e as metodologias multicritério de apoio à decisão.

### **3.3 Definições e natureza do sistema de apoio à decisão**

Etimologicamente, o termo *decisão* é composto pelo prefixo *de* (do latino aqui significando de parar, extrair, interromper) que se antepõe à palavra *caedere* (que significa cindir, cortar). Assim, a palavra decidir significa *parar de cortar* ou *deixar fluir*, e *indecisão* implica estagnação. Esse sentido mostra porque a dificuldade ou lentidão em decidir é sentida como um gargalo, que obstrui o fluxo das ações (PEREIRA, 1997).

De acordo com o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (HOUAISS e SALLES, 2001), o termo decisão significa o "ato ou efeito decidir" e decidir, por sua vez, significa "emitir (alguém com autoridade ou poder para julgar) juízo final sobre (questão, causa, etc.)". Ainda, de acordo com o Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (FERREIRA, 1999), decidir significa "determinar, resolver, solucionar, tomar deliberação, inclinar-se, dar preferência [...]". Nesse sentido tomar decisão constitui-se por uma ação que implica em uma escolha, entre um conjunto de alternativas, dentro de um contexto

decisório, ou, ainda, do caminho a ser seguido para a detecção, encaminhamento e solução de um problema" (VIEGAS, 2000).

No sentido amplo, é considerado Sistema de Suporte a Decisão –SSD qualquer coisa que ajude (apóie) uma tomada de decisão (PORTO e AZEVEDO, 1997). No sentido mais restrito, com relação ao sistema de recursos hídricos, na literatura são apresentadas muitas definições (VIEGAS, 2000; PORTO e AZEVEDO, 1997; WATKINS e MCKINNEY, 2000; JOHANNIS e HAAGSMA, 2001). Cada uma dessas definições e os modelos desenvolvidos podem ser caracterizados por três aspectos: a) tipicamente exigem envolvimento de computadores para produzir informação para o tomador de decisão; b) explicitam a integração de várias tecnologias (modelos avançados de engenharia, técnicas de análise, dados complexos, Sistema de Informação Geográfica-GIS, e Graphical User Interfaces –GUI) que ajudam na seleção de uma opção; e c) se constituem como ferramentas opcionais para resolver problemas não estruturados ou semiestruturados relativamente grandes para o benefício do tomador de decisão. Problemas não estruturados são aqueles para os quais não existem soluções através de algoritmos bem definidos e ocasiona não serem facilmente tratáveis pelo computador (PORTO e AZEVEDO, 1997).

Basicamente, o SSD usa modelos quantitativos físico-matemáticos para simulações; modelos matemáticos de programação para otimizações e um banco de dados para resolver o problema. Além disso, quando combinados ou construídos no Sistema de Informação Geográfica, são denominadas Sistema de Apoio à Decisão em Ambiente Espacial (SDSS –*Spatial Decision Support Systems*).

Johannis e Haagsma (2001) presumem a decisão como produto da combinação dos produtos computacionais e o juízo do decisor. O gestor de águas é um intermediário entre a informação que gera o SSD e o sistema local de recursos hídricos. O sistema local é um sistema complexo, onde é requerida uma cuidadosa reconciliação dos aspectos físicos, econômicos, ambientais e outros. O foco do SSD local é modelar o fenômeno pertinente baseado em todas as interdependências, usando dados adquiridos do sistema local. Entende-se por SSD local como um elemento de um conjunto de todo o SSD que é operacional em uma região ou um país. O SSD não determina a decisão, mas o gestor de água somará sua experiência com a informação do SSD para tomar a decisão. Assim, a pessoa cumpre o papel importante de interpretar recursivamente os produtos do SSD.

Não obstante, há uma outra concepção algo diferente ao SSD anteriormente caracterizado. Trata-se do sistema de apoio à tomada de decisão -SAD concebida por um grupo de estudiosos (BANA E COSTA, 1995; ROY 1985; ENSSLIN *et al.*, 2001, MONTIBELLER, 2001). Presume que o conceito de (tomada de) decisão não pode ser completamente dissociado do conceito de processo de (tomada de) decisão. Efetivamente, como diz Roy (1985) a decisão global elabora-se de uma forma mais o menos caótica, com base na confrontação permanente de preferências de diferentes agentes (atores), ao longo de intervenções concomitantes e/ou sucessivas que têm lugar entre os intervenientes no seio dos campos de interesse e poder em que se movimentam e agem. O desenrolar destas confrontações e destas interações constitui o processo de decisão.

Escolher e preferir são tarefas que o decisor tem de exercer por si próprio – ninguém pode realizá-las por ele, ninguém pode tomar o seu lugar. Mesmo quando, em desespero, ele se abandona ao destino e decide não decidir (ZELENY, 1982).

Claro que o decisor pode socorrer-se da ajuda, do apoio de um analista, de um consultor que, por sua vez, servindo-se de um conjunto de instrumentos, entre eles os métodos multicritério, procura apoiar o decisor ao longo do desenrolar do processo de decisão. Mas mesmo que quando as várias opções de decisão e os objetivos tiverem sido claramente identificados e os graus de atingimento destes forem satisfatoriamente medidos, nenhuma técnica computacional pode substituir ao decisor, nenhum consultor pode simplesmente assumir por ele a responsabilidade final da decisão.

É essa faceta acima de todo pessoal do ato de preferir, pela subjetividade característica de cada um ao perceber a realidade, é o caráter essencialmente criativo da tomada de decisão, com a presença participativa da inspiração, da imaginação, da vivência própria de cada decisor, mais ou menos formalizáveis mas não tecnocraticamente substituíveis, que faz considerar o papel do consultor (analista), não como o de um simples manipulador diplomado, um operador habilitado de 'técnicas toda poderosa e infalíveis de tomada de decisão', mas sim o de um conselheiro, um orientador cujo recurso a modelos claramente explicitados pode ajudar poderosamente a compreender e dominar as causas e conseqüências de todo um conjunto de comportamentos e atitudes, de eventos e de fenômenos particulares, inspirados ou não, que ocorrem no desenrolar do processo; ou ainda, a construir respostas às questões que se colocam no seio de uma entidade decisora, coletiva ou individual. Modelos que permitem a esse analista o exercício de um papel ativo, fornecendo-lhe o '*know-how*' para argumentar no sentido de fazer admitir como válidas as suas prescrições (ROY, 1985, BANA E COSTA, 1995).



A partir do texto acima, revela-se que a concepção de SSD tem um sentido racionalista e objetivista, enquanto a concepção do SAD tem um sentido construtivista, incluindo não somente os aspectos objetivos, mas também os aspectos subjetivos. Assim, segundo Montibeller (2000) duas vertentes vêm se dedicando a respeito da ciência da decisão: a primeira, ligada à Psicologia, busca descrever e compreender como as decisões são tomadas na prática; a segunda, ligada à PO, visa identificar como o tomador de decisão deve agir para que esteja de acordo com os cânones da racionalidade objetiva. Uma comparação mais detalhada entre ambas abordagens é foco da próxima Seção.

### **3.4 Paradigmas científicos na modelagem de um sistema de apoio à decisão**

Como foi mencionado anteriormente, há duas concepções diferentes sobre apoio à decisão. Cada uma delas responde a um paradigma científico. Trata-se do paradigma racionalista e o paradigma construtivista. Na verdade, as raízes do paradigma racionalista se remontam ao paradigma cartesiano-newtoniano, que tem fornecido as bases da metodologia científica, o mesmo, como se sabe, baseia-se na objetividade, no reducionismo e fragmentação do conhecimento (PEREIRA, 1997). Quanto ao paradigma construtivista, surgiu na medida em que foram feitas as críticas construtivas ao paradigma racionalista. Fazer um contraste entre ambos é um tema bastante complexo e polêmico (ENSSLIN *et al.*, 2001). Ainda, é impossível determinar qual deles apresenta a *verdade* ou *é o melhor* (MORGAN, 1983; ENSSLIN *et al.*, 2001).

Entretanto, quando se está trabalhando com modelos formais, seja para apoiar a decisão, como fazem as metodologias *Multicriteria Decision Aid* - MCDA, seja para tomar decisão, como advoga a Pesquisa Operacional clássica – PO quanto a abordagem *Multicriteria Decision Making* -MCDM, é necessário escolher um paradigma científico, isto é, definir claramente as regras do trabalho a serem utilizadas. Tais regras definem o que é válido e o que não é válido realizar, quais métodos podem ser utilizados, quais os problemas a serem resolvidos, qual o objetivo desejado, como encarar as informações e as decisões. Nessa oportunidade Ensslin *et al.* (2001) salienta que os críticos devem explicitar suas regras de trabalho com relação ao paradigma a ser adotado. Nessa perspectiva, o autor tem feito uma comparação entre os paradigmas racionalista e construtivista adotados na modelagem de um sistema de apoio à decisão. O Quadro 3.1 mostra uma síntese do mesmo.

**Quadro 3.1 Comparação entre os paradigmas racionalista e construtivista na modelagem de um sistema de apoio à decisão**

	<b>Paradigma racionalista</b>	<b>Paradigma construtivista</b>
<b>Tomada de decisão</b>	É um dado momento em que ocorre a escolha da solução ótima	Processo evolutivo (ao longo do tempo) envolvendo interação entre os atores.
<b>Os decisores</b>	São totalmente racionais. A experiência e o conhecimento do decisor é pelo menos tão valioso quanto os dados utilizados.	Dotado de sistema de valores próprio (tais como seus valores, seus objetivos, seus preconceitos, sua cultura, sua intuição). Além da experiência, o conhecimento e os dados utilizados pelo decisor, é guiado por suas percepções.
<b>Problema a ser resolvido</b>	Um único problema real. Os indivíduos completamente racionais, livres de <i>desvios</i> (relacionada à valores, crenças e intuições) podem descrever objetivamente a realidade. O analista busca ser mais neutro possível, tentando isentar-se de seus valores pessoais.	O problema construído. Cada decisor constrói seu próprio problema segundo seu QRM <sup>13</sup> . O facilitador busca definir qual o problema verdadeiro, dialogando com cada decisor para compreender como o decisor percebe e interpreta o contexto decisório.
<b>Os modelos</b>	Representam a realidade objetiva. Descrevem um problema que independe das pessoas que estão decidindo. Estão baseados nos axiomas do decisor racional. Por tanto, os critérios utilizados para encontrar a solução ótima independem de qualquer opinião, convicção ou valor humano (ROY, 1993).	Uma representação razoavelmente aceita pelos decisores como útil no apoio à decisão. Tal representação funciona como uma ferramenta considerada por eles adequada para organizar a situação, desenvolver convicções, bem como servir à comunicação. O modelo leva em conta os sistemas de valores dos decisores na avaliação de suas ações.
<b>Os resultados dos modelos</b>	Soluções ótimas, incontestáveis a todos os decisores envolvidos. Por tanto, é prescrita, isto é, deve ser implementada pelos decisores para que estes mantenham um comportamento racional. O contrário demonstraria a irracionalidade dos decisores. São considerados tão mais próximos da <i>verdade</i> quanto mais aproximado do problema <i>real</i> for o modelo.	Recomendações que visam atender aos valores dos decisores. Os modelos não são aproximações da verdade externa aos decisores. Portanto, os resultados não podem ser considerados como a solução ótima, mas apenas como soluções que atendem aos objetivos e valores dos decisores. Ainda mais, como o processo de modelagem interfere no próprio modelo, as soluções do modelo são dependentes da modelagem realizada. Por isso, os resultados obtidos a partir do modelo são apenas recomendações, isto é, podem ou não ser seguidas pelos decisores.
<b>O objetivo da modelagem</b>	Encontrar a solução ótima, o mesmo independe do modelo utilizado para obtê-la (ROY, 1993).	Geração de conhecimento aos decisores sobre o problema. Os modelos devem servir como base para que os decisores compreendam a repercussão que as ações exercem sobre seus valores e, além disso, permitem identificar oportunidades de aperfeiçoamento (ENSSLIN <i>et al.</i> , 2000)
<b>A validade dos modelos</b>	O modelo é válido quando representa a realidade objetivamente (origina-se de observações dos fatos deste contexto decisório e é fruto de reflexões objetivas do analista). Então, o modelo pode controlar o fenômeno devido ao seu poder de previsão, uma vez testado repetidas vezes na mesma situação decisória.	O modelo é válido quando: é útil aos decisores como uma ferramenta de apoio ao processo decisório; o processo utilizado para apoiar a decisão deve ter o respaldo de uma comunidade científica (ROY, 1993).
<b>Informações sobre preferências dos decisores</b>	São extraídas pelo analista. Visto que, se está tentando descrever exatamente a realidade, nesse caso, revelar as preferências <i>contidas</i> na mente do decisor.	As preferências e escolhas dos decisores são construídas ao longo do processo de apoio à decisão.
<b>Forma de atuação</b>	As metodologias são voltadas à tomada de decisão (PO e MCDM)	As metodologias são voltadas ao apoio à decisão (MCDA)

Fonte: Elaborado a partir de Ensslin *et al.* (2001)

<sup>13</sup> O Quadro de Referência Mental (QRM) de um indivíduo (composto por suas crenças pessoais, suas hipóteses, seus preconceitos, seus valores e objetivos) define quais informações ele vai captar do contexto decisório. Tal QRM funciona como um "filtro" que permite a entrada de algumas informações e ignora outras (ENSSLIN *et al.*, 1998).

### 3.5 Metodologias multicritérios de apoio à decisão

Como foi mencionado, as Metodologias Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA - *Multicriteria Decision Aid*), têm surgido a partir das críticas à Pesquisa Operacional - PO. Assim, dentro do MCDA foram desenvolvidos diversos conceitos, procedimentos, técnicas e softwares, além de propor uma sistemática de aplicação, consagrada na sua literatura. Nesta Seção não se pretende apresentá-las nem discuti-las, recomenda-se, no entanto, ver Bana e Costa (1992), Bana e Costa (1995), Souza (1999), Holz (1999), Montibeller (1996), Montibeller (2000), Ensslin *et al.* (2001). Porém, é pertinente apresentar sinteticamente alguns aspectos fundamentais, bem como as principais formas de modelagem.

#### 3.5.1 Fundamentos do processo de apoio à decisão

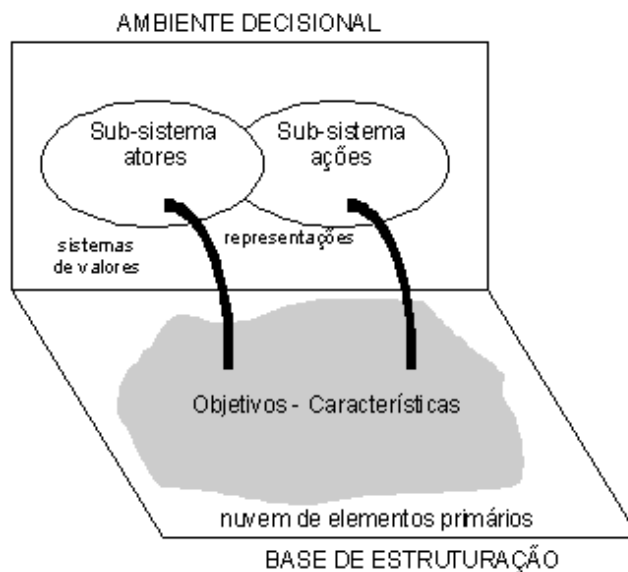
##### O sistema - processo de apoio à decisão:

Nas Metodologias Muticritérios de Apoio à Decisão, o processo de apoio à decisão é concebido como um sistema<sup>14</sup> aberto. Assim, o ambiente decisional é formado por dois subsistemas (Figura 3.1): i) o subsistema de atores, com os seus valores e objetivos e ii) o subsistema de ações, com as suas características. Neste ambiente são definidos os objetivos e as características das ações. A definição dos objetivos, sob a ótica de um certo ator, está condicionada pelo seu sistema de valores que o representa, portanto, os objetivos têm uma natureza intrinsecamente subjetiva, enquanto as características das ações, têm uma natureza mais concreta ou objetiva.

O termo objetivo incorpora aqui a idéia de **meta**, que informa uma quantificação ou nível de valor de um objetivo. Assim, uma meta se refere a níveis específicos do alvo desejado, de forma não ambígua. Por exemplo, quando se procura um automóvel, um objetivo pode ser: maximizar a quilometragem percorrida por unidades de combustível consumido; a meta poderia ser: percorrer 26 milhas por galão de combustível.

---

<sup>14</sup> Entende-se por sistema como "uma entidade complexa tratada (com relação a certas finalidades) como um todo organizado, formado de elementos de relações entre si, uns e outros estados diferenciados em função do lugar que ocupam nessa totalidade e isso de tal sorte que sua identidade seja mantida em face a certas evoluções". (JACQUET - LAGRÈZE *apud* BANA E COSTA, 1993a)



**Figura 3.1 O Ambiente decisional**

Fonte: Bana e Costa (1993a)

No processo de decisão há interação entre os subsistemas de atores e ações, dando origem a uma nuvem de elementos primários de avaliação<sup>15</sup>, por tanto, os elementos primários de avaliação incorporam duas categorias: os objetivos dos atores e as características das ações. Assim, o conjunto dos elementos primário de avaliação forma o **contexto de decisão**.

**O subsistema de atores:** Os atores e seu sistema de valor

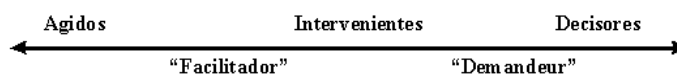
Formalmente, de acordo com Roy (1985), "um indivíduo ou um grupo de indivíduos é considerado como um **ator** de um processo decisório se, por seu **sistema de valores** [...] ele **influência** diretamente ou indiretamente, na decisão"

O **sistema de valores** é próprio de cada ator, que condicionam a formação de seus objetivos, interesses e aspirações, os que representam e o defendem. O sistema de valores, nas palavras de Roy (1985) é:

<sup>15</sup> Pode ser entendida como uma mistura de julgamentos de valor, como descrições, conceitos, ações, percepções, objetivos, desconfortos, aspirações, hipóteses, etc. que colocam e defendem os atores envolvidos diante uma situação problemática.

o sistema que sustenta em profundidade e de forma mais implícita que explica os julgamentos de valor de um indivíduo ou de um grupo [...]. O sistema de valor condiciona 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 [...].

Os atores são diferenciados em intervenientes e agidos (Figura 3.2). Os **intervenientes** participam diretamente do processo de decisão, fazendo prevalecer seu sistema de valores. Eles se distinguem em três tipos: os decisores, os *demandeurs* e o facilitador. O **decisor** é a pessoa delegada formalmente ao poder de decisão, ela assume a culpa se a decisão gera um resultado desastroso. (BANA E COSTA, 1993a). O *demandeur* é aquele ator incumbido pelo decisor para representá-lo no processo decisório. Ele não deve ser considerado como decisor. O **facilitador** é o dinamizador do processo de decisão que nunca será neutro nesse processo, consequentemente, ele influi (ROY, 1996). Os **agidos**, mesmo não envolvendo-se diretamente, por exercer pressões sobre os intervenientes, eles participam indiretamente do processo de decisão e sofrem de forma passiva as conseqüências da decisão tomada.



**Figura 3.2 Eixo funcional dos atores**

### **O subsistema de ações:** as ações e suas funções

Dado que os objetivos são próprios aos valores dos atores, eles são concretizados pelas ações. Em outras palavras, os valores dos atores são elementos - chave para a construção de um modelo de apoio à decisão, mas um conjunto de **ações potenciais** é o seu ponto de aplicação. Uma *ação* pode ser definida como "uma representação de uma eventual contribuição à decisão global suscetível, face aos estado de avanço do processo de decisão, de ser tomada de forma autônoma e de servir de ponto de aplicação à atividade de apoio à decisão [...]" (ROY, 1985). Este conceito de ação não incorpora necessariamente nenhuma idéia de realismo ou ato factível.

Um conceito que o facilitador deve ter claro é o da **ação potencial**<sup>16</sup> o qual, segundo Roy (1985) "é uma ação real ou fictícia provisoriamente julgada realista por um ou vários atores, ou assumida como tal pelo facilitador, tendo em vista fazer evoluir o processo de apoio à decisão".

As **caraterísticas**<sup>17</sup> das ações são suas diversas propriedades, predicados, atributos, qualidades, etc. e respectivos indicadores, inerentes atribuídos ou desejados para as ações potenciais. As caraterísticas têm uma natureza concreta enquanto representam (como descritores) uma realidade (das ações) que pode emergir, sem a necessidade de referência explícita aos valores ou objetivos particulares dos atores (BANA E COSTA, 1992).

### **Convicções:**

As Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão sustentam-se em três pilares básicos (BANA E COSTA, 1993b):

**A convicção do construtivismo:** O problema de decisão a princípio é uma entidade mal construída ou *mal definida*, de caráter vaga e não clara para os olhos dos atores envolvidos. Mas estes pela sua interação e aprendizagem constroem o problema ao longo do processo de decisão, emergindo soluções decisórias no contexto decisório *realidade*. É claro que é essencial conhecer as hipóteses teóricas subjacentes a cada um dos instrumentos analíticos que temos à nossa disposição para apoiar a decisões. Mas, esses não devem ser considerados como *normas para prescrever* uma vez *aceitos*, eles deverão, com vantagem serem vistos como "hipóteses de trabalho para recomendar", adotando uma permanente atitude de avaliação crítica dos instrumentos, *chaves*, que vão sendo utilizados no decurso de um processo de interação de aprendizagem.

**A convicção da interconexão e inseparabilidade dos elementos objetivos e subjetivos:** O processo de decisão é concebido como um sistema indivisível de relações entre os elementos de caráter objetivo (oriunda das ações) e os elementos de caráter subjetivo (oriundas dos sistemas de valores dos atores envolvidos). "Se é verdade que a procura da objetividade é uma preocupação importante, é crucial não esquecer que a

---

<sup>16</sup> O termo ação potencial na literatura do MCDA poderia ser equivalente eventualmente a alternativas da literatura do MCDM

<sup>17</sup> Esta noção de característica coincide com a noção de atributo de natureza objetiva e realismo. Apesar de que os atributos não podem ser separados do valor dos atores, eles podem ser identificados e medidos com certa independência dos desejos e necessidades dos atores. Assim, um atributo é uma propriedade mensurável, capaz de ser graduada (ZELENY, 1982).

tomada de decisão é antes de tudo uma atividade humana, sustentada na noção de valor". Portanto, a subjetividade está onipresente no processo e é visto como elemento propulsor da decisão.

**A convicção da aprendizagem pela participação:** O processo de decisão é enriquecido pela participação dos atores e pela aprendizagem, havendo ganho de conhecimento entre eles ao longo do processo. Para isto, a simplicidade e a interatividade são essenciais como virtudes a serem buscadas, bem como a postura assumida pelo facilitador diante o processo de decisão.

### **Problemáticas:**

O processo de apoio à decisão envolve as seguintes problemáticas (BANA E COSTA 1993a):

**A problemática da decisão** refere-se à correta focalização da situação problemática (problemática de seu objeto de estudo), a partir das questões colocadas pelos atores envolvidos. Ela não tem um sentido estático e impessoal, pelo contrário, evolui ao longo de todo o processo. Não pode ser dissociado do ambiente que envolve o processo decisório, nem dos valores de cada um dos atores.

**A problemática de apoio à decisão** refere-se ao papel crítico do facilitador, na qual, ele dinamiza o processo de decisão, esclarece e modela a negociação. Assim, a problemática de apoio à decisão consiste na forma como o facilitador colocará o problema e orientará a sua atividade técnica em cada etapa de avanço do processo, sendo este em função da problemática da decisão em causa.

**A problemática da formulação do processo de decisão** refere-se à forma de condução da organização do contexto decisório de maneira sistemática e estruturada. Ela envolve todo um longo e complexo processo de exploração e análise que precede o momento da decisão. Ela é tudo o que está em questão no processo de decisão, tanto nos casos em que os atores participantes do processo querem saber como apresentar o problema e seus pontos de vista aos demais atores, bem como em outros casos em que os atores querem descrever e justificar a seus superiores as opções existentes.

**A problemática da estruturação** refere-se á forma de operacionalização recursiva da problemática de formulação. Ela visa a construção de um modelo aceito pelos atores,

servindo como base à aprendizagem, à pesquisa, à comunicação e à discussão interativa com e entre os atores ao longo do processo de decisão.

A atividade de estruturação envolve a caracterização da situação problemática em questão, identificação e geração de diferentes tipos de elementos primários de avaliação, estabelecimento das relações estruturais entre os elementos primários de avaliação, diferenciação das funções dos elementos primários de avaliação no processo, e uma descrição tão completa e rigorosa quanto possível deste todo. Assim, esta atividade permite: compreender o ambiente complexo de decisão, estabelecer uma estrutura e linguagem de comunicação comum entre os atores, gerar novas oportunidades de ação e compará-las. Assim, a atividade de estruturação é uma mistura entre arte e ciência.

**A problemática de construção de ações** refere-se a toda atividade relacionada com a criação, invenção, desenvolvimento, geração, especificação ou identificação de oportunidades de ação. A sua importância decorre do fato de que elas são meios para atingir os fins (objetivos/valores/crenças) desejados pelos atores. Assim, a problemática de construção de ações consiste em propor o problema, em termos de apoiar a encontrar/descobrir/inventar as melhores ações, de tal forma que elas permitam atender aos valores fundamentais dos atores envolvidos no processo de decisão.

**A problemática da avaliação** refere-se à escolha do tipo de problemática técnica a adotar, para considerar, analisar e avaliar as ações potenciais. Neste intuito, deve-se considerar como base de reflexão três questões: com referência a um conjunto mais ou menos estável de ações potenciais, reais ou fictícios mais realistas, importa orientar o estudo com vista a: ajudar a avaliar as ações em termos **relativos** ou **absolutos**?, ajudar a **ordenar** ou **escolher** as ações?, e ajudar a **aceitar** ou a **rejeitar** ações? (BANA E COSTA, 1993a).

### **3.5.2 Principais formas de modelagem do processo de apoio à decisão**

Dentro das metodologias multicritério de apoio à decisão, podem ser efetuadas modelagens de duas formas: com base numa árvore de pontos de vista e /ou com base num mapa cognitivo difuso. Inicialmente, na etapa de estruturação do problema, em ambos os casos são construídos o mapa cognitivo conciso. A partir disso, em determinados casos, na etapa de construção do modelo, a modelagem segue com a transformação do mapa cognitivo em uma árvore de pontos de vista, finalmente na etapa de avaliação, a avaliação



global é feita com base nessa árvore de pontos de vista. Em outros casos, a construção do modelo segue sob o mapa cognitivo conciso e a avaliação global é feita sob o mapa cognitivo difuso. O caminho a ser seguido dependerá da situação problemática em foco, principalmente do grau de complexidade e interdependências dos conceitos. Assim, quando o contexto decisório é penetrado por mais de duas áreas de interesse, acontece que alguns dos conceitos tornam-se multifuncionais e/ou multidimensionais. Multifuncionais porque um determinado conceito é explicação de vários conceitos (hierarquicamente superiores) e multidimensionais porque é conseqüência de vários outros conceitos (hierarquicamente inferiores). Nestes casos é quase impossível transformar o mapa cognitivo conciso em uma árvore de pontos de vista, uma vez que, é constatada a interação entre os conceitos. Portanto, o mesmo mapa cognitivo deve ser utilizado para construir o mapa cognitivo difuso.

O processo de modelagem de apoio à decisão, com base numa árvore de pontos de vista, é apresentado por Ensslin *et al.* (2001) e em várias aplicações práticas (SOUZA, 1999; HOLS, 2000; CORRÊIA, 1996). Adicionalmente, uma síntese do mesmo, é apresentado no Anexo A1.

Quanto ao processo de modelagem de apoio à decisão, com base num mapa cognitivo difuso, é apresentado por Montibeller (2000).

### **3.6 A visão construtivista e algumas teorias e conceitos que o subsidiam**

Landry (1995) *apud* Montibeller (2000) identifica três visões epistemológicas: a **visão objetivista**, na qual:

o conhecimento é originado principalmente a partir do objeto. Nele a realidade é externa e independente do sujeito e é explorada por este através da experiência. A observação isenta do objeto permite ao sujeito obter conhecimento objetivo.

Por outro lado, a **visão subjetivista**,

minimiza a importância do objeto no processo de aquisição do conhecimento, enfatizando o papel predominante e crucial do sujeito no mesmo. As propriedades percebidas do objeto são dependentes do sujeito e a existência de uma realidade independente não é relevante, nesse paradigma.

Finalmente, "na **visão construtivista** ambos, objeto e sujeito, estão engajados no processo de conhecimento. A existência de uma realidade externa é enfatizada mas, por outro lado, o sujeito tem um papel ativo, uma vez que essa realidade é percebida por ele".

Dentro das ciências sociais - humanas, desenvolveram-se diversas teorias, conceitos e ferramentas, tais como a perspectiva cognitiva, os mapas cognitivos, a teoria das representações sociais, o diálogo, as percepções ambientais, entre outros. Essas teorias têm sua relação com o paradigma construtivista, oferecendo subsídios, uma vez que as mesmas privilegiam os valores e os objetivos, através da participação social, nos problemas ambientais. Na literatura revela-se que há um crescente interesse por essas teorias no âmbito da temática ambiental. Esses pesquisadores defendem o emprego dessas teorias porque, os temas ligados à percepção, atitudes e valores, preparam-nos para compreender o ser humano, pois soluções duradouras para os problemas ambientais que fundamentalmente, são problemas humanos (TUAN, 1980). No âmbito dos recursos hídricos, não podemos negligenciar com essas teorias, uma vez que, como sabemos, a nova abordagem a ser seguida tem reconhecido a importância da participação social nos processos de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Nessa perspectiva, a seguir será apresentada e brevemente discutida alguma dessas teorias.

### **3.6.1 A perspectiva cognitiva, a representação mental e os mapas cognitivos**

Cognitivistas indicam que um indivíduo, segundo seus valores, crenças, objetivos, interesses, preconceitos, etc, constrói representações mentais subjetivas pessoais da realidade percebida e essas representações compõem um modelo mental que é dinâmico no tempo, em busca de adaptação. A criação de um modelo mental é uma condição necessária para que o indivíduo identifique, reflita e resolva seu problema (MONTIBELLER, 2000).

Num ambiente decisório (realidade), o paradigma construtivista considera que o tomador de decisão interage (percebendo, compreendendo e agindo) com a realidade. Mas, para realizar isso, ele necessita de estruturas cognitivas que: a) ajam como lentes através das quais o sujeito pode interagir com o mundo ao seu redor; e b) processe a informação obtida (MONTIBELLER, 2000). Sob tal pressuposto, estas estruturas cognitivas, objetivando ou materializando, são reveladas através dos mapas cognitivos.

Com essa idéia, a comunidade científica tem-se interessado de modo crescente pelos mapas cognitivos. Modelos ou tipos de mapas cognitivos, bem como seu uso em inúmeros estudos de caso, são descritos e discutidos por vários autores, tais como Matzenauer (1998), Eden e Ackermann (1998), Montibeller (1996), Silva e Bana e Costa (2001), Montibeller (2000).

Considerando as representações mentais dos atores como uma *caixa preta* inacessível ao pesquisador, qualquer tentativa de obtê-las irá modificá-las, devido a que estão em constante adaptação. Nessa perspectiva, um **mapa cognitivo** é definido como "uma representação gráfica das representações mentais que o pesquisador conjectura sobre as representações discursivas formuladas pelo sujeito sobre um objeto e obtidas a partir de suas representações mentais" (COSSETE e AUDET *apud* MONTIBELLER, 2000).

O mapa cognitivo é utilizado como instrumento reflexivo de negociação (MONTIBELLER, 2000; BANA E COSTA, 1995), de formulação e estruturação de problemas. Esses usos ganham valor quando o contexto decisório envolve problemas complexos e vários atores. Assim, a construção do mapa cognitivo possibilita o diálogo, bem como a dinâmica da negociação entre os atores. Além disso, o grande volume de informação gerados são sistematizados e sintetizados no mapa cognitivo. Ainda, quando construído o mapa cognitivo, este visa apoiar o indivíduo a pensar e refletir sobre seu problema.

Quanto à construção do mapa cognitivo, de acordo com o grau de complexidade do problema, podem resultar como mapas cognitivos individuais ou mapas cognitivos congregados. Maiores detalhamentos sobre este assunto, são apresentados no Anexo A2.

Finalmente, de acordo com Montibeller (2000), deve-se diferenciar os mapas cognitivos tanto de diagramas de influência, quanto de sistemas dinâmicos, em um nível teórico e prático. Em um nível teórico, os diagramas de influência e os sistemas dinâmicos buscam descrever o sistema *real*, com suas variáveis e as conexões entre elas, o que significa que implicitamente adota a visão objetivista. No entanto o que os mapas cognitivos buscam representar são as percepções e entendimentos dos atores sobre a realidade. Em um nível mais prático, os diagramas de influência e os sistemas dinâmicos geralmente dão mais atenção aos aspectos dinâmicos do sistema, tentando representar

tantos laços de realimentação quanto possível. Preocupam-se em definir quantitativamente cada variável e mensurar matematicamente seus respectivos relacionamentos.

### 3.6.2 Teoria das representações sociais e a problemática ambiental

A teoria das Representações Sociais tem surgido no campo de estudos psicossociológicos. Segundo Sá (1993), o maior desafio de Moscovici era situar efetivamente a psicologia social na encruzilhada entre a psicologia e a ciência social, pois aqui se desenvolvem fenômenos de natureza psicológica e social. Moscovici, tendo feito objeções ao excessivo individualismo da psicologia social americana, foi buscar na sociologia durkheimiana um primeiro abrigo conceptual. Para Durkheim as representações coletivas são:

o produto de uma imensa cooperação que se estende não apenas no espaço, mas também no tempo; para fazê-las, uma multidão de espíritos diversos associaram, misturaram, combinaram suas idéias e sentimentos; longas séries de geração acumularam aqui suas experiências de saber.

Este conceito teve suas limitações, principalmente, por não dar conta da evolução dos fenômenos, abrangia uma gama muito ampla e heterogênea de formas de conhecimento e as representações coletivas eram vistas como dados e como entidades explicativas absolutas.

Moscovici (1984) *apud* Sá (1993), denomina Representações Sociais aos "conjuntos de conceitos, afirmações explicações", o que por seu poder convencional e prescritivo sobre a realidade, terminam por constituir o pensamento em um verdadeiro ambiente onde se desenvolve a vida cotidiana.

Esses *conjuntos de conceitos, afirmações e explicações*, segundo Sá (1993) pode ser entendido como:

uma diversidade de assuntos que, nas relações interpessoais do dia-a-dia, prendem a atenção, o interesse e curiosidade das pessoas, demandam sua compreensão e forçam seus pronunciamentos. As explicações então veiculadas vão além do que chamaríamos de simples opiniões sobre assuntos ou atitudes isoladas em relação aos objetos sociais neles envolvidos. Comumente, fazem uma articulação ou combinação de diferentes questões ou objetos, segundo uma lógica própria, em uma estrutura globalizante de implicações, para a qual contribuem informações e julgamentos valorativos colhidos nas mais diversas fontes de experiências pessoais e grupais.

O autor indica que a gênese das representações ocorre nas mesmas circunstâncias e ao mesmo tempo, em que se manifestam. Ou seja, por meio da mesma *arte da conversação* que abrange tão extensa e significativa parte da nossa existência cotidiana.

Moscovici (1984) *apud* Sá (1993), considera coexistirem nas sociedades contemporâneas duas classes distintas de universos de pensamento: os universos consensuais e os universos reificados. Aos universos consensuais "correspondem as atividades intelectuais da interação social cotidiana pelas quais são produzidas as Representações Sociais". No universo reificado, "bastante circunscritos, é que se produzem e circulam as ciências e o pensamento erudito em geral, com sua objetividade, seu rigor lógico e metodológico, sua teorização abstrata, sua compartimentalização em especialidades e sua estratificação hierárquica" (SÁ, 1993). Com frequência, a matéria prima para a construção dessas realidades consensuais, provém dos universos reificados, portanto, ambos universos atuam simultaneamente para moldar a nossa realidade.

Uma definição sintética das Representações Sociais foi proposta por Jodelet (1989) *apud* Sá (1993) como "uma forma de conhecimento, socialmente elaborada e partilhada, tendo uma visão prática e concorrendo para a construção de uma realidade comum a um conjunto social".

Maiores detalhamentos conceituais a respeito da Teoria das Representações Sociais podem ser encontradas em Sá (1993) e como fazer pesquisas em Representações Sociais em Sá (1998).

O estudo das representações sociais tem sua relevância porque se manifestam num amplo leque de determinações como em palavras e sentimentos, em propostas e ação política, em compreensões e práticas, em propósitos e ilusões, e em condutas. Essas manifestações se institucionalizam, portanto, podem e devem ser analisadas a partir da compreensão das estruturas e dos comportamentos sociais (MINAYO, 1994). Sua medição privilegiada, porém, é a linguagem, tomada como forma de conhecimento e de interação social (MINAYO, 1994).

Entretanto, com relação ao emprego da Teoria das Representações Sociais, são poucos os trabalhos fundamentados nessa teoria, mas do ponto de vista das ciências sociais-humanas, há um crescente interesse em relação à decisão e ao meio ambiente. Nessa perspectiva, "o construto das representações sociais é assumido como caminho

promissor para uma aproximação mais efetiva desta complexidade, na diversidade, contradição e complementaridade que fazem sua dinâmica e seus processos" (MADEIRA, 1998).

Em termos gerais, a hipótese central é de que a partir das representações sociais de um determinado tema ambiental, tais como dos recursos hídricos, resíduos sólidos, educação ambiental, etc. Podem ser caracterizadas as decisões e práticas cotidianas com relação ao tema em foco.

Adotando este conceito à problemática dos recursos hídricos, no âmbito dos comitês de bacias, cada categoria setorial tem construído sua representação social sobre os recursos hídricos. A partir deste pressuposto, seria pertinente *objetivar* ou *materializar*, a fim de caracterizar as decisões e práticas cotidianas de cada setor com relação aos recursos hídricos, em uma bacia hidrográfica. Entende-se por objetivação, uma *operação imaginante e estruturante*, pela qual se dá uma forma - figura - específica ao conhecimento acerca do objeto, tornando concreto, quase tangível, o conceito abstrato, *materializando a palavra* (JODELET, 1984 *apud* SÁ, 1993).

### 3.6.3 O diálogo como instrumento de negociação

De acordo com o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (HOUAISS e SALLES, 2001) o termo diálogo (do gr. diálogos, pelo lat. dialogu) significa "fala em que há a interação entre dois ou mais indivíduos [...] conversa, discussão em busca de um acordo". Ainda, segundo o Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (FERREIRA, 1999) significa "troca de idéias, de opiniões de conceitos com vista à solução de problemas, ao entendimento ou à harmonia". Assim sendo, de acordo com Bohm<sup>18</sup>, podemos considerar que o diálogo implica descobrir os significados e os valores de uma conversação, visando compreender o problema em questão. O propósito do diálogo é acrescentar perspectivas, ver sobre diferentes ângulos, compartilhar ideais e sentimentos e ouvir as intenções dos outros. O diálogo é contrário da disputa e do debate. Então, o diálogo permite construir comprometerimentos compartilhados (informação verbal). Nessa perspectiva o diálogo pode ser visto como um instrumento de negociação e acordos.

---

<sup>18</sup> BOHM, D. 2001. Palestra sobre o Diálogo. IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas. Foz de Iguaçu, Paraná, Brasil. 02 a 06 de setembro de 2001.

No âmbito da questão ambiental, têm aparecido em livros e revistas especializadas, artigos que mostram o sucesso de trabalhos embasados no diálogo intensivo entre especialista e os atores sociais e setoriais envolvidos no problema. Os casos vão desde temas particulares até mais globais, desde um nível local até regional ou nacional; organizados através de reuniões, workshop, seminários, conferências, etc. A seguir são apresentados alguns exemplos:

### **Uma Estratégia de Conservação do Meio Ambiente para o Paquistão**

Schwass (1996) relata sua experiência sobre *Uma Estratégia de Conservação do Meio Ambiente para o Paquistão*. O processo consistiu em reunir especialistas para um diálogo intensivo com outras pessoas envolvidas, incluindo políticos graduados em um workshop. Nas palavras do autor,

vejo isso como uma forma prática de usar a especialização técnica e a análise de fatos visando trazer uma grande abrangência para uma questão complexa, para alcançar brechas de compreensão em um grande grupo e para estabelecer um palco para decisões de longo alcance com espírito democrático.

### **Conferência de busca: Qualidade da Água na Bacia Fluvial do Alto Colorado**

Rehm *et al.* (1996) relata a história de uma *conferência de busca* sobre o tema da *Qualidade da Água na Bacia Fluvial do Alto Colorado*. Uma vez reunidos entre todos os interessados (organizações e grupos divergentes amplamente com relação ao uso dos recursos naturais escassos- a água da bacia do Alto Colorado), declarou-se as metas, nas palavras do autor: "estamos aqui para buscar uma base comum com relação à futura forma de se tomar decisões relativas à qualidade da água na bacia do Alto Colorado".

Estava claro que o foco era o diálogo, a descoberta e o aprendizado. Era importante se engajassem em uma busca de valores e crenças que as pessoas pudessem compartilhar. Dizia-se que achavam que, em um contexto turbulento e complexo, os seus ideais e valores são o que movem as pessoas para frente. De fato, trazer à baila os velhos debates e gastar tempo em resolver conflitos não era finalidade deles. Assim, foi declarada como regra básica para esse processo de descobrimento de uma base comum.

Ainda Rehm *et al.* (1996) no trabalho destaca duas declarações que têm sustentado o trabalho:

'Reconhecemos que estamos em um estado de mudanças e vemos uma oportunidade para projetar um sistema novo' (*Declaração orgulhosa da Conferência da Qualidade das Águas*).

'A aplicação de leis e regulamentações governamentais tornou obsoleta a velha forma de resolver questões relativas à qualidade das águas [...] criando um estado de caos e uma falta de interesse' (*Grupo de busca, analisando pontos marcantes da Qualidade das Águas*).

### **Conferência de busca contextual**

De acordo com Franklin e Morley (1996) o conceito *questões sem limite* está ganhando aceitação em muitos setores da sociedade, à medida que somos desafiados por problemas complexos, que refletem a turbulência global. O autor afirma que o paradigma organizacional atual não tem a capacidade inata de lidar com tais questões complexas e interconectadas. Para lidar com essa situação o autor usa o conceito *contextural* como um "modo de busca baseados no aprendizado de ação". O termo vem da palavra *contextura* que significa o processo de tecer as partes para formar um todo (*WEBSTER'S COLEGIATE DICTIONARY*, 1983).

Uma orientação contextural visa criar uma conferência de busca que encoraje a ocorrência do aprendizado na base comum do domínio do problema – um que favoreça qualquer grupo ou posição em detrimento de outros.

A conferência de busca "contextural" é um meio viável para criar um espaço de aprendizado alternativo, permitindo

a exploração de questões críticas associadas ao metaproblema particular; a formulação de novas idéias, conceitos e valores relacionados com as questões críticas; e o desenvolvimento de uma metodologia dinâmica que acomodará este processo de aprendizado colaborativo (FRANKLIN e MORLEY, 1996).

Com base nesse conceito, o autor ilustra o emprego em casos de conferência de busca contextural, entre elas podem ser destacadas a *Estratégias Futuras da Gerência do Lixo em Ontário* e *Turismo Ecológico nas Ilhas Windward*.

Finalmente outros trabalhos fundamentados no diálogo, podem ser encontrados em Weisbord (1996).



### 3.6.4 As percepções ambientais

A psicologia ambiental estuda as inter-relações entre o meio ambiente e o comportamento humano (YOUNG, 1999; MATHEW, 2000). Dentro deste campo, os estudos da percepção ambiental referem-se a questões de como o ambiente é apresentado ao ser humano, como indivíduo, ou como parte de um grupo cultural? (CASTELLO, 1992) ou como medir a percepção do ser humano? Assim, o estudo da percepção ambiental tem uma importância fundamental para que possamos compreender melhor as inter-relações entre o ser humano e o ambiente, suas expectativas, satisfações e insatisfações, julgamentos e condutas (SANTOS *et al.*, 1996). Porque, as decisões e ações do ser humano no seu ambiente, estão baseadas principalmente nos aspectos subjetivos, além dos aspectos objetivos (CASTELLO, 1992). Sobre esse ponto, "cada indivíduo percebe, rege e responde diferentemente frente às ações sobre o meio. As respostas ou manifestações são, portanto resultado das percepções, dos processos cognitivos, julgamentos e expectativas de cada indivíduo" (SANTOS *et al.*, 1996).

Entende-se a percepção como um processo mental de interação do indivíduo com o meio ambiente que se dá através de mecanismos perceptivos propriamente ditos e, principalmente, cognitivos (RIO, 1999).

Com base no corpo de conceitos acima descritos, entre os pesquisadores de várias áreas, principalmente na geografia e arquitetura, debruçaram-se sobre o novo campo disciplinar - a percepção ambiental.

No âmbito do planejamento urbano, a ótica de Lynch (1980) *apud* Schult (2000) é humanista e sua proposta metodológica trata, a partir da participação dos habitantes da cidade, de estruturar a imagem do meio ambiente.

No trabalho de Schult (2000) relacionado com o planejamento de bacias hidrográficas, o autor sugere promover a integração entre as metodologias da gestão ambiental aos procedimentos e métodos do planejamento territorial, com ênfase nos aspectos relacionados à percepção ambiental.

A Unesco (1973) preconiza o estudo da percepção ambiental como uma contribuição fundamental para uma gestão mais harmoniosa dos recursos naturais.

### 3.7 Sistema de apoio à decisão e a gestão das águas

A abordagem construtivista pode ser *bem sucedida*, principalmente quando o contexto de decisão é altamente organizado e os atores têm convicção interativa de aprendizagem. Por exemplo, numa organização privada onde a política e a tecnologia estão unidas para um fim comum. Neste contexto, a modelagem seria concebida como produto das negociações entre atores, portanto, o modelo como uma representação razoavelmente aceita pelos decisores seria legítimo e proposto por eles como útil no apoio à decisão.

No âmbito da gestão de bacias hidrográficas, há uma diversidade de recursos naturais e manufaturados dentre públicos e privados, bem como diferentes interesses dos atores setoriais (estado, mercado e população). Nestas condições, normalmente, existe uma hierarquia entre a política e a tecnologia ou fraca vinculação entre eles. Este aspecto é crucial na abordagem construtivista, uma vez que o mesmo pressupõe a participação de todos os atores envolvidos. Apesar de serem instaurados governos que pregam a democracia, existem restrições da participação, dependendo das características e grau de complexidade do problema, abrangência espacial e a realidade do contexto de decisão (falta de convicção de interação e organização dos atores, diversidade de sistema de valores dos atores), e a concorrência de um elevado número de atores envolvidos.

Contudo, na perspectiva construtivista, a identificação de atores, com diferentes relações de poder, diferentes valores, visões e objetivos, podem ocorrer: em nível federal, estadual e municipal; bem como também focalizados no Consórcio de Municípios ou Comitês de Bacia.

Na perspectiva construtivista, apesar de que a concepção de apoio à decisão não ter aplicações diretas no âmbito do planejamento e gestão dos recursos hídricos, constitui-se uma concepção ampla e consoante com o Modelo sistêmico de integração participativa.

Neste contexto, como foi descrito na Seção 2.6.1 um aspecto que o caracteriza ao Modelo sistêmico de integração participativa é a tomada de decisões através de deliberações multilaterais e descentralizadas. Para operacionalizar isso, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelece a implementação do Comitê de Bacias formado basicamente por três grandes grupos: usuários, população e órgãos públicos.

Estas características constituem como potencialidades para a prática do paradigma construtivista, em nível de uma bacia hidrográfica.

Assim, a tomada de decisão no âmbito do Comitê de Bacias pode ser orientada ou mesmo consubstanciada pelas três convicções do paradigma construtivista (BANA E COSTA, 1993b): a convicção da interconexão e inseparabilidade dos elementos objetivos e subjetivos; a convicção da aprendizagem pela participação e a convicção do construtivismo. Em termos gerais, isto porque, tomou-se consciência de que o conhecimento científico não representa a soma de todo o conhecimento, devendo-se respeitar a existência de um outro corpo de conhecimentos muito importante que, mesmo não podendo ser chamado de científico (no sentido de regras definidas), é essencial à evolução de projetos de gestão dos recursos hídricos (HAYERCH, 1945 *apud* BALARINE, 2000).

Adicionalmente, algumas das competências do Comitê de Bacias tais como promoção de debates, articulação de entidades intervenientes, arbitrar os conflitos, a negociação social, etc. podem ser orientadas ou mesmo consubstanciadas pelas três convicções do paradigma construtivista.

### **3.8 Resumo do Capítulo**

Neste Capítulo, à luz de um novo paradigma: o construtivismo, no âmbito do sistema de recursos hídricos, foi discutido tanto alguns conceitos metodológicos do sistema de apoio a decisão, quanto algumas teorias que podem subsidiar a esse paradigma. Nessa perspectiva podem ser salientados os seguintes pontos:

- Os sistemas de apoio à decisão são feitos sob duas concepções: adotando o paradigma racionalista e construtivista. A diferença reside basicamente em que o primeiro opta por uma racionalidade objetiva, enquanto a segunda reconhece os valores, isto é, a subjetividade dos atores como motor das decisões. A escolha de um deles atribui-se aos valores dos facilitadores/consultores. É impossível determinar qual deles apresenta a *verdade* ou é *o melhor*.
- No âmbito da gestão dos recursos hídricos, quando se deseja apoiar decisões com base em um sistema de indicadores acredita-se que o paradigma construtivista é o mais adequado para fazer a modelagem.

- Uma nova concepção do sistema de apoio à decisão adota o paradigma construtivista. Esta está sustentada por três convicções: a interpenetração de elementos objetivos e subjetivos e da sua inseparabilidade; a aprendizagem pela participação; e o construtivismo. Essas convicções vêm constituir a essência conceitual do que, modernamente, deve contemplar um sistema de apoio à decisão (VIEGAS, 2001).
- Foram apresentados alguns conceitos e teorias, tais como: a perspectiva cognitiva, a representação mental e os mapas cognitivos; a Teoria das Representações Sociais; o diálogo como instrumento de negociação; e as percepções ambientais. Os mesmos apesar de serem desenvolvidos a partir de diferentes perspectivas e para diferentes fins, têm em comum de enfatizar a participação social e privilegiar a subjetividade, razão pela qual oferecem subsídios ao paradigma construtivista. Estes aspectos são considerados fundamentais no processo de planejamento e gestão ambiental – neste caso específico do sistema de recursos hídricos.
- Uma característica do Modelo sistêmico de integração participativa é a tomada de decisão através de deliberações multilaterais e descentralizadas. De outro lado, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Fed. N° 9433/97) estabelece a formação dos Comitês de Bacia. Ambas as características predispõe potencialmente para a prática do paradigma construtivista.

## **4 DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE**

### **4.1 Introdução**

No Capítulo 2 foi enfocada, no âmbito da questão ambiental e com base na noção da sustentabilidade do desenvolvimento, a gestão ambiental, enfatizando a gestão dos recursos hídricos, adotando a bacias hidrográfica como unidade de planejamento e gestão. No Capítulo 3 foi enfocada o sistema de apoio à decisão como meio de contribuição fundamental ao planejamento e gestão dos recursos hídricos. Os textos revelam um vazio no sentido de como avaliar o progresso do desenvolvimento com relação ao planejamento e gestão dos recursos hídricos? Que parâmetros deve ser levado em conta para monitorar essas mudanças? Como vincular as medições de alguma condição ambiental com as opções de práticas políticas? Nessa perspectiva, os objetivos deste Capítulo são apresentar e discutir brevemente sobre os paradigmas científicos na formulação de indicadores, os conceitos e funções dos indicadores, os aspectos a serem considerados para sua formulação de indicadores, e os procedimentos empregados para desenvolver indicadores, em três etapas cruciais: como escolher as variáveis que comporão o indicador? Como tratar a incomensurabilidade? E como agrupar as informações?.

### **4.2 Paradigmas científicos na formulação de indicadores**

No Capítulo 2 que focaliza a questão ambiental e no Capítulo 3 que focaliza o sistema de apoio à decisão, temos mostrado que historicamente tem sido influenciado pelo pensamento dominante cartesiano-newtoniano. Este pensamento também tem permeado nas metodologias de formulação de indicadores.

Bollmann (2001) tem sintetizado a influência desse pensamento dominante no desenvolvimento histórico dos indicadores, apresentando-se em três fases: em uma primeira fase, marcada pela departamentalização do conhecimento, os indicadores

ambientais basearam-se quase que exclusivamente em variáveis que, na realidade, consistiam em medidas de grandezas físicas, químicas ou biológicas consideradas importantes para descrever o objeto (indicadores primários). Em uma segunda fase, estruturas matemáticas de agregação de variáveis (somatório, produtório, operadores máximo e mínimo, médias aritmética, geométrica, harmônica, etc.) foram utilizadas não apenas para agregar informação de uma mesma natureza, mas já estabelecendo algumas metodologias para agregar variáveis de diferentes espécies (indicadores secundários). Uma terceira fase pode ser caracterizada, não pela estruturação de indicadores inovadores, mas pela forma de análise dos resultados. Nesta fase se enquadram os indicadores multinível, que permite uma apreciação multidimensional dos resultados.

O paradigma racionalista que tem suas raízes no pensamento cartesiano – newtoniano, como foi visto no Capítulo 3, tem conduzido a modelagem de sistemas de apoio à decisão, tal paradigma, como será visto mais adiante, também tem conduzido as metodologias de formulação de indicadores. Assim, em termos gerais, de acordo com os diferentes estudos de caso, vários autores sob uma racionalidade objetiva, identificam e formulam indicadores preconcebidos, mecanicamente e pragmaticamente. Frequentemente, dois aspectos são negligenciados nesse processo: apesar de serem reconhecidos os conhecimentos *não científicos* ou pregadas a participação social dos atores, não leva em conta os valores e/ou a subjetividade dos atores sociais e dos decisores, mesmo que existam propostas de estruturas conceituais ricas para a formulação de indicadores, tais estruturas não são suficientes para a análise de hierarquias, interações e dependências entre os indicadores.

Adicionalmente, como uma consequência da adoção do paradigma racionalista e, de acordo com Domingues (2000), cumpre esclarecer que:

a definição dos indicadores tem sido abordada de forma predominantemente técnica, porém ela é antes de tudo uma questão essencialmente política, na medida em que a política fornece os instrumentos para a construção das bases estruturais, segura, para o desenvolvimento sustentável.

Diante estas deficiências propõe-se o paradigma construtivista, acreditando-se que é o mais adequado quando se trata de formular um sistema de indicadores para apoiar decisões e, por conseguinte para o planejamento e gestão ambiental – neste caso específico dos recursos hídricos.

### **4.3 Rumo ao desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade**

As primeiras tentativas para avaliar o progresso se remontam a fins dos anos 1940 quando foram introduzidos os sistemas de compatibilidade nacional e o cálculo anual do produto interno bruto - PIB (CLIVAZ *et al.*, 2002). Adicionalmente, do ponto de vista social, foi introduzido o índice de desenvolvimento humano - IDH. Assim, já existem conceitos metodológicos e procedimentos para desenvolver indicadores tanto no âmbito econômico e quanto social. Não obstante, existe uma onda de críticas com relação a formas de construção e emprego desses indicadores a partir de diferentes perspectivas ideológicas e teóricas. Logo, um dos debates atuais dentro a idéia desenvolvimento sustentável está centrado nos indicadores de sustentabilidade do desenvolvimento.

Do ponto de vista da economia ecológica, defende-se a possibilidade de tender para a sustentabilidade, através das decisões pelo critério da racionalidade ambiental, utilizando análise multicritério. Entretanto, pesquisadores ambientalistas, não só os da perspectiva da economia ecológica, buscam estabelecer critérios capazes de avaliar a sustentabilidade socioeconômica e ambiental. A premissa é a de que a análise desses indicadores também pode rebelar acerca da questão da sustentabilidade socioambiental na economia de mercado (MONTIBELLER, 2001). O sistema de recursos hídricos como meio e parte integrante do desenvolvimento sustentável, não pode ser negligenciado quanto a sua sustentabilidade. Nessa perspectiva, a seguir serão apresentados e discutidos brevemente alguns conceitos, objetivos e importância, e critérios de seleção dos indicadores.

#### **4.3.1 Indicadores e índices: Conceitos e definições**

Na literatura sobre indicadores de sustentabilidade existem diferentes definições dos termos indicadores e índices de acordo com suas funções, características, usos e propósitos (DEUS, 2000).

Por exemplo, a OCDE (1993) define indicador como um parâmetro ou valor derivado de parâmetros, que dá informação sobre ou descreve o estado de um fenômeno/ambiente/área cujo significado vai mais além do valor diretamente associado ao parâmetro. Entende-se por parâmetro uma propriedade que é mensurada e observada.

Três aspectos são inerentes aos indicadores:

- Simplifica o fenômeno complexo, onde as informações do sistema são sintetizadas.
- Mensura um fenômeno complexo tornando-o perceptível e detectável sua tendência que não pode ser percebida de imediato (BAKKES *et al.*, 1994 *apud* DEUS, 2000; SILVEIRA, 2000).
- Fornece informação no sentido de que ajuda a compreender em que estado (condição) se encontra, para onde vai e quanto distante se encontra de donde se quer estar (*SUSTAINABLE MEASURES*, 2001).

Em suma, um indicador simplifica o fenômeno complexo tornando-o quantificável de forma que a informação possa ser comunicada (*THE UNIVERSITY OF READING*, 2000).

Quanto ao termo índice, a OCDE (1993) define como um conjunto de parâmetros ou indicadores agregados e/ou ponderados.

Três aspectos são inerentes aos índices:

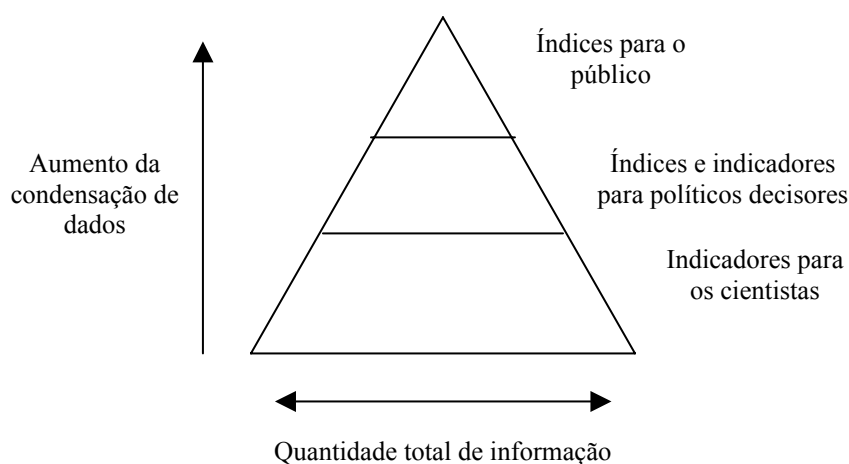
- São valores numéricos que expressam quantitativamente o indicador;
- Utilizam funções matemáticas para agregar parâmetros ou indicadores;
- Sintetizam numericamente uma massa de dados.

No que diz respeito ao desafio de comunicar através dos indicadores, segundo Shields *et al.* (2002), os indicadores precisam ser construídos para fornecer informação relevante a questões em "mão" e ser significativo à audiência entendida. Isso pode conduzir para a condensação de dados, com o nível apropriado de condensação, sendo uma função da audiência para a informação (Figura 4.1).

Com isso, não se sugere que audiências diferentes fossem contadas coisas diferentes, mas sim expressar aquela informação em uma linguagem que ressoa com a audiência entendida. Os cientistas buscam o conhecimento e uma compreensão do mundo em torno de nós. Porém, os políticos precisam de informação que os ajudará a formular políticas executáveis e o público em geral somente quer saber se suas metas e objetivos



então sendo satisfeitos. Em termos de comunicação, o critério para usar um indicador ou índice é que ele permite dizer aos usuários algo que eles precisam saber.



**Figura 4.1 Relação entre a condensação de dados e audiência**

Fonte: WRI, 1995 *apud* Shields *et al.* (2002)

O problema da informação e comunicação, no entanto, é mais complexo do que selecionar um indicador e índice mais eficaz. Soluções técnicas eficazes são rejeitadas por razões sociais, ou seja, porque eles são incoerentes com os valores compartilhados da população. Isto porque ciência e valores são vistos tradicionalmente como separados.

Os indicadores são "intrinsecamente e inevitavelmente normativos e políticos", em lugar de serem um valor numérico livre que será interpretado identicamente por todos. Os indicadores, bem como as decisões, pressupõem uma ética sobre o que é importante quantificar, contra que ponto de referência essas medidas serão julgadas, e finalmente que estado final é desejável.

#### 4.3.2 Objetivos e importância dos indicadores

A utilidade dos indicadores depende em grande parte do contexto particular e dos objetivos. Assim, diversos autores têm atribuído diferentes rois aos indicadores. A seguir são apresentadas algumas destas.

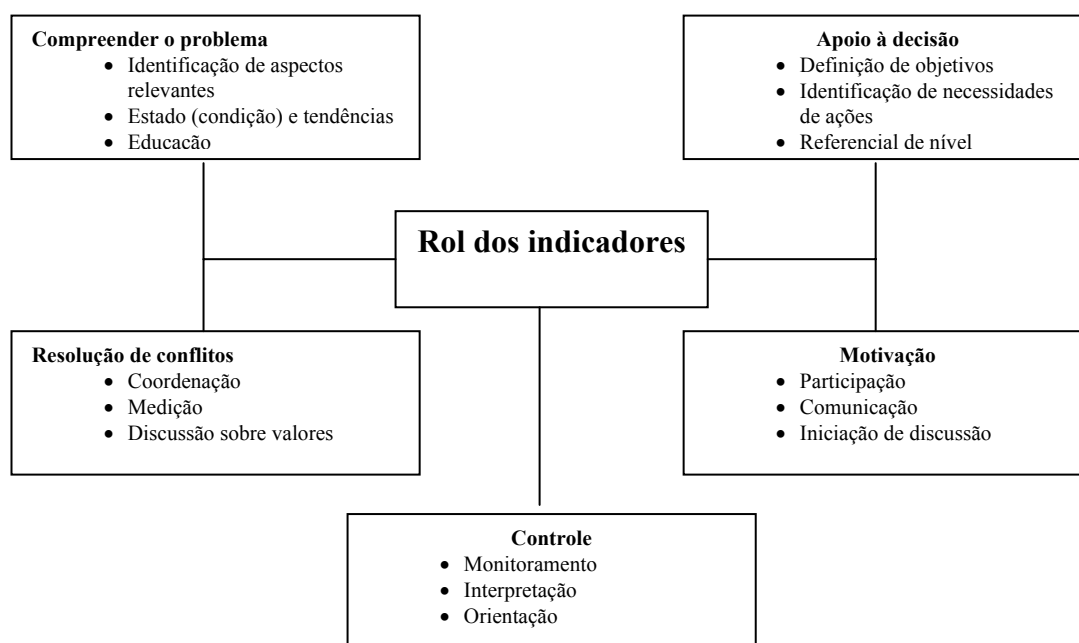
Para Gallopin (1997) as maiores funções dos indicadores são: a) analisar as condições e mudanças, b) comparar por lugar e situação, c) analisar as condições e tendências, d) fornecer informação de advertência antecipada e, e) antecipar as condições futuras e tendências.

Segundo Alberti e Susskind (1996), no âmbito do desenvolvimento urbano, os indicadores servem para: a) monitoramento sistemático das mudanças ambientais; b) advertência antecipada dos problemas ambientais; c) estabelecimento de metas; d) inspeção do desempenho e informação e comunicação ao público.

Em termos gerais, segundo Hardi e Barg (1997) os indicadores servem como:

- ferramentas explicativas: eles ajudam a compreender o que significa o desenvolvimento sustentável;
- ferramentas de planejamento: criando vínculos entre as atividades cotidianas e o desenvolvimento sustentável, eles indicam aos decisores em que rumo precisa ir quando estes são confrontados com as escolhas políticas.
- ferramentas de avaliação: eles mostram em que medida as ações empreendidas respondem à resolução de conflitos.

A essas três características, Klooz e Schneider (2000) *apud* Clivas *et al.* (2002) têm acrescentado com mais duas: os indicadores permitem motivar e sensibilizar os atores no desenvolvimento sustentável e contribuir à resolução de conflitos. Logo, são cinco as vantagens que contribuem ao planejamento e gestão pelo uso dos indicadores (Figura 4.2).



**Figura 4.2 Vantagens contribuídas pelo uso dos indicadores**

Fonte: Clivaz *et al.* (2002)

Ainda, de acordo com *Livestock and Environment Toolbox*. (LET, 2002) os indicadores podem ajudar à análise geral dentro os domínios seguintes:

- Avaliação de desempenho: eles ajudam a avaliar o desempenho sob condição de uma base de comparação claramente identificado, por exemplo, quando um objetivo é especificado dentro do processo político;
- Limiar: os limiares são únicos e podem estar na mesma base, o mais importante de toda avaliação. Em geral, a transposição de um limiar de sustentabilidade claramente definido deve envolver um sinal forte para os decisóres políticos e a sociedade em geral;
- Cadeias causais: elas são importantes para validar a hipótese de causalidade, tais como os laços entre as pressões e as condições ambientais;
- Construção de modelo e análise de cenários: eles fornecem dados relevantes e ajuda a testar sobre o ambiente do modelo e os diferentes cenários do futuro.

Adicionalmente, de acordo com Suter II (2001), a análise de risco ecológico e o monitoramento ambiental poderiam ser atividades complementares, mas na prática eles têm sido abordados separadamente. Isto porque ambas as atividades têm diferenças tanto nos objetivos quanto nos produtos. Entretanto, como um resultado, a análise de risco pode usar o resultado do estudo de monitoramento, mas somente depois de uma desagregação de indicadores em seus componentes e escolhendo aqueles que são apropriados.

Dentre o conjunto das utilidades dos indicadores de acordo com Camino e Müller (1993) deveria deixar claro que não existe indicadores universais, mas sim cada sistema de acordo com seu nível de agregação, suas categorias e elementos específicos, bem como dos descritores selecionados, terá seu próprio conjunto de indicadores. Então, um conjunto de indicadores é aplicável a um determinado sistema, uma vez que estes indicadores captam a complexidade desse sistema e não de outra. Além disso, os indicadores podem variar segundo o problema ou o objetivo de análise. Breves definições dos referidos termos empregados pelo autor são apresentadas na Seção 4.5.3 para maiores detalhes ver Camino e Müller (1993).

Entretanto, referindo-se o autor aos indicadores de desenvolvimento socioeconômico, que estabelecem comparar-se através dos países, do tempo e os setores, se for o caso. Este critério de comparabilidade é aplicável aos indicadores nacionais de sustentabilidade, bem como às regiões geográficas maiores e, em geral sistemas parecidos (por exemplo, bacias hidrográficas), pois um dos objetivos é sua comparação entre sistemas no tempo e no setor. Nessa perspectiva, este critério também pode ser estendido aos municípios dentro uma bacia hidrográfica. Obviamente, para poder fazer uma comparação entre regiões diferentes, é necessário que as variáveis a serem mensuradas sejam exatamente as mesmas.

Os indicadores servem basicamente para simplificar, quantificar e comunicar o funcionamento de um sistema específico. Em decorrência disso, os indicadores permitem fornecer informação, facilitando a comunicação entre expertos, políticos e a população.

Finalmente, uma das maiores utilidades atribuída aos indicadores é que o sistema de indicadores se constitui como um instrumento multicritério de apoio à decisão. Com efeito, do ponto de vista puramente conceitual, o monitoramento ambiental através de indicadores é responsável pela retroalimentação do processo planejamento e gestão ambiental - neste caso específico dos recursos hídricos (OTT, 1987; BURTON, 2001; SOUZA, M., 2000). Obviamente, nessa oportunidade os indicadores servem como ferramenta para avaliar a situação, analisar tendências e realçar uma condição ambiental específica, estas características permitem apoiar à decisões (governamentais), uma vez que é avaliado a efetividade de planos de ação quando implementados.

#### **4.3.3 Princípios e critérios de seleção de indicadores**

Com a finalidade de propor um conjunto de indicadores que captasse adequadamente a complexidade de um sistema, diversos autores têm identificado aspectos relevantes que participam do processo de análise e formação de um conjunto de indicadores e, por conseguinte dos índices. Tais aspectos são concebidos sob o termo princípios, critérios de seleção, características, atributos dos indicadores, etc. Os mesmos, variam de acordo com os usos e objetivos perseguidos, suas funções, sua escalas de análises e o tema em foco.

Quanto aos princípios, em novembro de 1996, um grupo internacional de pesquisadores reuniu-se em Bellagio, Itália para revisar o progresso alcançado e fazer uma

síntese das experiências feitas sobre como mensurar a sustentabilidade. Este grupo tem formulado 10 princípios, sendo aprovados unanimemente (Quadro 4.1).

Deve-se destacar que os 10 princípios de Bellagio se vinculam com o paradigma construtivista, uma vez que, através do princípio 8 – Ampla participação, é reconhecido a importância dos valores e a subjetividade dos grupos sociais e dos tomadores de decisão.

Um outro aspecto a ser destacado é que pelo fato de participarem entre vários expertos na formulação dos princípios, lhe outorga um caráter de consenso e unanimidade. Por essa razão, é grande a possibilidade de serem igualmente aplicáveis em diversos casos.

### Quadro 4.1 Os 10 princípios de Bellagio

<p><b>1. Guiando a visão e metas</b> A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ser guiada por uma visão clara do desenvolvimento sustentável e as metas que definem essa visão.</li> </ul> <p><b>2. Uma perspectiva holística</b> A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• incluir uma revisão do sistema em sua totalidade bem como de suas partes;</li> <li>• considerar o bem estar dos subsistemas social, ecológico e econômico, seus estados bem como o rumo e rapidez das mudança a partir desses estados, das partes que o compõem e da interação entre estas partes;</li> <li>• considerar as conseqüências negativas e positivas das atividades humanas de uma maneira que reflita o custo e o benefício para os sistemas humanos e ecológicos em termos monetários e não monetários.</li> </ul> <p><b>3. Elementos essenciais</b> A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar a equidade e disparidade dentro da população atual bem como entre as gerações presentes e futuras. Também deve tratar com problemas tais como o uso de recursos, o consumo excessivo e pobreza, direitos humanos e o acesso aos serviços;</li> <li>• Considerar as condições ecológicas e ambientais sobre as quais depende a vida;</li> <li>• Considerar o desenvolvimento econômico bem como também outras atividades não relacionadas ao mercado que contribuem ao bem estar humano.</li> </ul> <p><b>4. Enfoques adequados</b> A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• adotar um horizonte de tempo a longo prazo para que leve em conta as escalas temporais, tanto a humana como a do ecossistema e assim responda às necessidades de futuras gerações bem como das presentes e a aquelas que tomam decisões a curto prazo;</li> <li>• definir o espaço de área suficiente para que inclua não somente os impactos locais mas também os impactos a longa distância em termos humanos e dos ecossistemas;</li> <li>• construir sobre condições históricas e presentes para antecipar condiciones futuras - Onde queremos ir? Onde podemos ir?</li> </ul> <p><b>5. Enfoque prático</b> A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve estar baseada em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• um conjunto de categorias explícitas em uma estrutura organizativa que una a visão e os objetivos com os indicadores e o critério de avaliação;</li> <li>• um número limitado de pontos chaves para o análises;</li> <li>• um número limitado de indicadores ou uma combinação de indicadores que provejam uma clara visão do progresso;</li> <li>• medidas uniformes quando seja possível para permitir comparações;</li> <li>• uma comparação dos valores dos indicadores com os objetivos, com uma gama de valores de referência ou com os marcos ou direção das tendências, quando sejam apropriadas.</li> </ul>
--

### **6. Transparência**

A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve:

- fazer que os métodos e informações usados sejam acessíveis a todo o mundo;
- fazer explícita todas as opiniões, suposições e incertezas na informação e interpretação;

### **7. Comunicação efetiva**

A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve:

- ser enfocada para as necessidades da comunidade e dos usuários;
- ser baseada nos indicadores e outras ferramentas que estimulam e servem para atrair aquelas que elaboram políticas ou tomam decisões;
- procurar usar desde o início simplicidade e uso de uma linguagem clara e entendível.

### **8. Ampla participação**

A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve:

- obter uma representação ampla de organizações de bases chaves, grupos de profissionais, técnicos e sociais, que incluam a juventude, as mulheres e grupos indígenas- para assegurar que se reconheçam a diversidade e a mudança de valores;
- assegurar-se da participação daquelas que estão em posição de tomar decisões para assim estar seguro de um vínculo estreito entre as políticas adotadas e a ação resultante.

### **9. Avaliação contínua**

A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve:

- Desenvolver uma capacidade medições repetidas que determinem tendências;
- ser iterativa, adotiva, e responsiva às mudanças e incertezas, dos sistemas que são complexos e que mudam freqüentemente;
- ajustar os objetivos, marcos e indicadores tão logo novas visões apareçam;
- Promover o desenvolvimento de um aprendizado coletivo e respostas para aqueles que estão em condições de tomar decisões.

### **10. Capacidade institucional**

A avaliação do progresso para o desenvolvimento sustentável deve estar assegurada por:

- Responsabilidades claramente fornecidas e por um apoio contínuo ao processo de tomada de decisões;
- o prover capacidade institucional para colheita, manutenção e documentação de dados;
- o apoio ao desenvolvimento de capacidades de avaliação a nível local.

Fonte: *United Nations Environment Program* (2001), *Clivas et al.* (2002)

No Quadro 4.2 são apresentados resumidamente alguns critérios de seleção, características, atributos dos indicadores, de acordo com os usos e objetivos perseguidos, suas funções, sua escalas de análises e o tema em foco. Assim, no sentido específico, não há um conjunto universal de critérios para a seleção de indicadores que igualmente são aplicados em todos os casos. Entretanto, no sentido amplo, a OCDE (1993) definiu três critérios básicos: relevância política e utilidade para os usuários, capacidade analítica e capacidade de medição. Do mesmo modo Deus (2000) menciona que há um conjunto de critérios que podem ser resumidos em três grupos básicos: confiabilidade, relação com o problema e prioridades; e utilidade para o usuário.

**Quadro 4.2 Alguns critérios de seleção/características/atributos utilizados para definir indicadores**

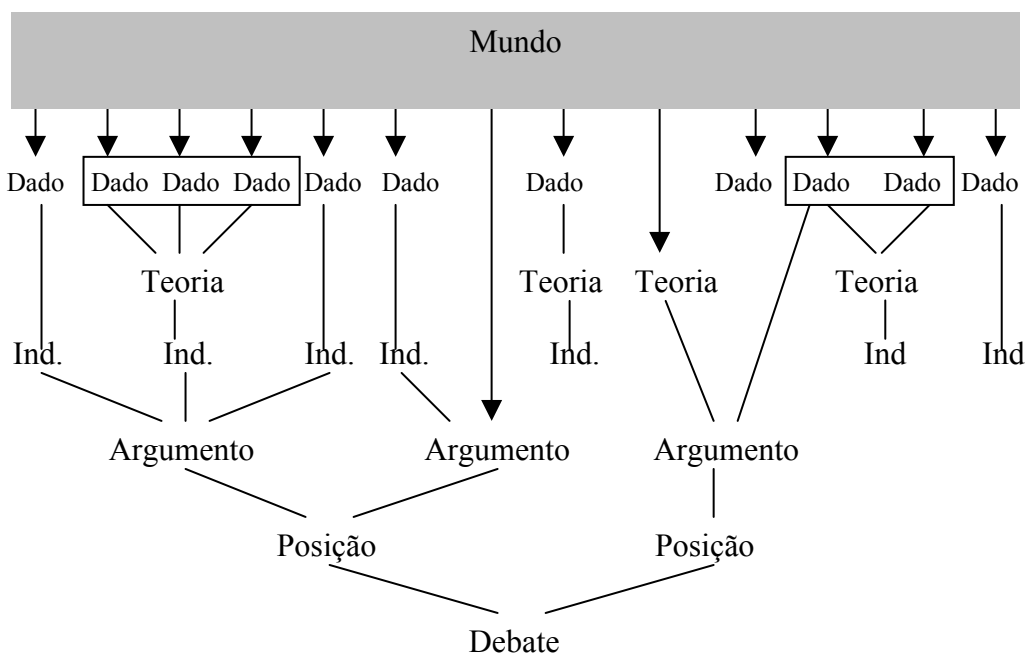
<p><b>Tema em foco:</b> Sistema ecológico</p> <p><b>Usos e objetivos:</b> Indicadores ecológicos para monitoramento, avaliação e gestão dos recursos naturais</p> <p><b>Escala:</b> Local e global <b>Autor:</b> Dale e Beyeler (2001)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Crítérios de seleção</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seja mensurável facilmente</li> <li>2. Seja sensível a tensões no sistema</li> <li>3. Responda à tensão de maneira previsível</li> <li>4. Seja antecipatório</li> <li>5. Prediga mudanças que podem ser evitadas por ações da gestão</li> <li>6. Seja integrativo</li> <li>7. Tenha uma resposta conhecida a perturbações, pressões antropogênicas e mudança no tempo</li> <li>8. Tenha baixa variabilidade em resposta</li> </ol>
<p><b>Tema em foco:</b> Desenvolvimento sustentável</p> <p><b>Usos e objetivos:</b> Índice de sustentabilidade</p> <p><b>Escala:</b> Local <b>Autor:</b> Cogo (1997)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Crítérios de seleção</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Significante para a avaliação da sustentabilidade local</li> <li>2. Relevante para um contexto local</li> <li>3. Facilmente mensurável</li> <li>4. Facilmente compreensível</li> <li>5. Sensitivo</li> <li>6. Coerente com os outros indicadores selecionados</li> <li>7. Conciso</li> <li>8. Reproduzível</li> <li>9. Fidedigno</li> <li>10. Calculável para contextos espaciais pequenos</li> <li>11. Economicamente conveniente</li> </ol>
<p><b>Tema em foco:</b> Sustentabilidade dos recursos hídricos</p> <p><b>Usos e objetivos:</b> Indicadores para gestão dos recursos hídricos</p> <p><b>Escala:</b> Local-global <b>Autor:</b> Winograd <i>et al.</i> (1999)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Crítérios de seleção</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relevância direta com o objetivos do projeto ou problema;</li> <li>2. Limitações em número;</li> <li>3. Claridade em design;</li> <li>4. Coleta realista ou custos desenvolvidos;</li> <li>5. Qualidade alta e confiabilidade; e</li> <li>6. Escala espacial e temporal apropriada.</li> </ol>
<p><b>Tema em foco:</b> Serviços públicos</p> <p><b>Usos e objetivos:</b> Indicadores de desempenho de serviços públicos</p> <p><b>Escala:</b> Local-global <b>Autor:</b> Deus (2000)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Requisitos a serem cumpridos pelos indicadores e índices</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. Proporcionar uma visão das condições, das pressões ambientais e das respostas da sociedade;</li> <li>8. Ser simples, de fácil interpretação e capaz de mostrar as tendências através do tempo;</li> <li>9. Ser aplicáveis em escala local, regional ou nacional, segundo seja o caso;</li> <li>10. Proporcionar uma base para as comparações internacionais; e</li> <li>11. Deve existir um valor de referência para que se possa comparar o seu valor, facilitando assim sua interpretação em termos relativos.</li> </ol>
<p><b>Tema em foco:</b> Ecossistema – solo</p> <p><b>Usos e objetivos:</b> Índice de umidade do solo</p> <p><b>Escala:</b> Local e regional <b>Autor:</b> Curtis <i>et al.</i> (1998)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Atributos dos indicadores</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mostrar baixa variabilidade temporal e espacial;</li> <li>2. Ser altamente responsável das condições de mudança;</li> <li>3. Não ser ambíguos em sua interpretação;</li> <li>4. Ser custo/efetivo e simples de aplicar;</li> <li>5. Ter uma aplicação regional;</li> <li>6. Ser biologicamente relevante, sendo um indicador das condições do ecossistema;</li> <li>7. Ser um simples ou parâmetro comumente mensurado – dado de referência em umbral saudável é mais provável estar disponível para indicador simples;</li> <li>8. Não ser destrutivo do ecossistema; e</li> <li>9. Possa ter resultados resumido para ser entendido por pessoas leigas</li> </ol>
<p><b>Tema em foco:</b> Integridade ecológica</p> <p><b>Usos e objetivos:</b> Índice de integridade ecológica terrestre para gestão dos ecossistemas</p> <p><b>Escala:</b> Global <b>Autor:</b> Andreassen <i>et al.</i> (2001)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Características dos indicadores</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Multi-escala;</li> <li>2. Fundamentado em história natural;</li> <li>3. Relevante e útil;</li> <li>4. Flexível;</li> <li>5. Mensurável; e</li> <li>6. Compreensível: composição, estrutura e função</li> </ol>

#### 4.4 Considerações para o desenvolvimento de indicadores

Na literatura sobre indicadores, são levantados alguns aspectos que devem ser considerados na modelagem de um sistema de indicadores ou mesmo na configuração dos indicadores. A seguir são apresentados e brevemente comentados, alguns deles: o debate na modelagem de um sistema de indicadores, os valores e objetivos na configuração de indicadores, a construção da problemática ambiental, o enfoque sistêmico, a interdisciplinariedade, o problema de escala e a incomensurabilidade.

##### 4.4.1 O debate na modelagem de um sistema de indicadores

De acordo com Tweed e Jones (2000), as organizações encarregadas de melhorar o meio ambiente e promoção da sustentabilidade estão operando em um vazio de conhecimento fidedigno. Para desenvolver indicadores de sustentabilidade devem ocorrer debates. A Figura 4.3 ilustra o debate em torno do desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade. No topo, o *mundo* é descrito como um amorpho da qual todos os dados e teorias são extraídos. Os indicadores podem contemplar dados primários, indicadores simples e compostos derivados de um ou dois conjuntos de dados, ou indicadores complexos que combinam muitos conjuntos de dados diferentes. Um jogo específico pode conter indicadores de diferentes tipos.



**Figura 4.3** Indicadores de sustentabilidade no contexto do discurso ambiental  
Fonte: Extraído de TWEED (2000)



Ao fundo do diagrama, dados, teorias, e indicadores buscam seu caminho no discurso ambiental como parte de muitos argumentos usados para suportar ou opor as posições adotadas por atores diferentes.

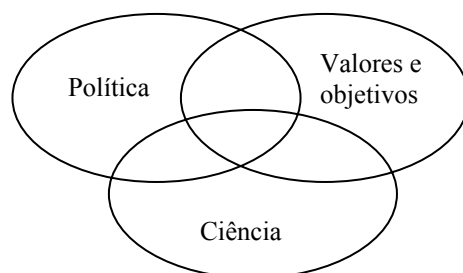
Um ponto importante é que no debate os participantes oferecerão vários tipos de reivindicação de conhecimento, alguns baseados em premissas científicas, outros derivarão de teorias existentes e até mesmo de anedotas.

Outro ponto a ser destacado é que inicia a partir da premissa de busca de dados. Assim, uma vez obtidos os dados, entra-se no território mais familiar de decidir como usar os mesmos para falar sobre sustentabilidade. É neste ponto que normalmente acontece o debate.

#### 4.4.2 Os valores e objetivos na configuração de um sistema de indicadores

Segundo Shields *et al.* (2002), a ciência natural-física não é a resposta exclusiva para atingir a sustentabilidade. É bastante essencial combinar a ciência física com a ciência social de modo que a sociedade: (1) tenha a informação necessária para a gestão da sustentabilidade dos recursos, (2) comunique informação de maneira politicamente neutra, e (3) eduque aos políticos, tomadores de decisão e ao público (NCSE, 2000 *apud* SHIELD *et al.*, 2002). Os indicadores de sustentabilidade podem servir como uma fundamentação para compreender sobre a nossa sociedade, economia, meio ambiente e as interações entre esses três domínios.

Os indicadores residem na interseção de três domínios: valores e objetivos, política e ciência (Figura 4.4). A interseção da política com os valores e objetivos deveria ser uma base ética para a política. As pessoas buscam políticas que encorajam os seus objetivos e também valores que formam a base para esses objetivos (SHIELD *et al.*, 2002).



**Figura 4.4** Ligação de preferência social, política e ciência

Fonte: Shields *et al.* (2002)

A ciência sobrepõe estas duas áreas. Ambos, as políticas públicas e o conjunto de objetivos que uma sociedade escolhe como encorajador das suas metas de sustentabilidade precisarão ser factível e compatível. Porém, políticas e objetivos estão informados por nossa compreensão do mundo em torno de nós, como também nossas idéias sobre natureza e nossa relação com ele (FAIRWEATHER, 1993 *apud* SHIELD *et al.*, 2002). É mais provável que os políticos formulem políticas realizáveis se eles entendem a importância das interações entre o ambiente e sociedade e as implicações de escolher um objetivo sobre outro. E é mais provável que a sociedade selecione objetivos atingíveis se eles entendem o estado e funcionamento de sistemas sociais, econômicos e ambientais e estar atento das conseqüências de suas escolhas. A materialização dos objetivos públicos como concebidos em políticas de sustentabilidade podem ser facilitados pelo uso de indicadores e índices que foram derivados de processos participativos, indicadores que são escolhidos porque eles têm significado para o público e refletem uma compreensão dos valores e objetivos deles.

#### **4.4.3 A construção da problemática ambiental**

Este aspecto não é próprio da literatura dos indicadores, embora muitos autores têm levantado aspectos relevantes aliados à construção da problemática ambiental, tais como a consideração dos valores e objetivos da população e o debate na configuração de um sistema de indicadores. Desta maneira, levando em conta as referidas considerações, este aspecto pode ser perfeitamente aplicado na modelagem de um sistema de indicadores, como é descrito a seguir.

Na perspectiva das metodologias de apoio à decisão, seguindo o paradigma construtivista, um problema caracteriza-se como uma situação onde o decisor deseja que alguma coisa seja diferente de como ela é e não está muito seguro de como obtê-la (ÉDEN *et al.*, 1983 *apud* ENSSLIN *et al.*, 2001). Assim, um problema não é uma entidade física, nenhuma situação é inerentemente ou *objetivamente* um problema (ÉDEN *et al.*, 1983 *apud* ENSSLIN *et al.*, 2001). Ele precisa ser expresso verbalmente, logo definido. A definição de um problema é uma representação, comumente em termos lingüísticos, mas potencialmente através de outro meio de representação (SMITH, 1989; SIMS e DOYLE, 1995). Logo, o problema é construído por cada decisor, a partir das informações do contexto decisório percebidas e interpretadas por ele.

No que diz respeito aos indicadores defende-se que para desenvolvê-los é fundamental a construção do problema, uma vez que a definição dos indicadores é visto como um processo e é necessário compreender o problema ambiental complexo. Nessa perspectiva, uma ferramenta que é utilizada para tal, são os mapas cognitivos. Um mapa cognitivo é uma forma de representar o problema do decisor, bem como lidar com grupos de decisores, cada qual com seu próprio problema. Maiores detalhamentos sobre os mapas cognitivos são fornecidos no Anexo A4.

#### **4.4.4 O enfoque sistêmico**

O termo sistema "denota um conjunto de elementos interdependentes e interagentes ou um grupo de unidades combinadas que formam um todo organizado" (CHIAVENATO, 2000). Existem vários tipos de sistemas. Quanto à sua constituição podem ser físicos ou abstratos. Os sistemas físicos ou concretos referem-se aos compostos por objetos e coisas reais organizados, por exemplo: maquinarias, ecossistemas, etc. Em suma são compostos de *hardware*. Os sistemas abstratos referem-se aos compostos de conceitos, filosofias, planos, hipóteses e idéias. São compostos por *software*. Os mapas cognitivos pertencem a esta categoria. Na realidade, há uma complementaridade entre sistemas físicos e sistemas abstratos: os sistemas físicos (como o ecossistemas dos recursos hídricos, por exemplo) precisam de um sistema abstrato (os mapas cognitivos do Comitê de Bacias) para poder funcionar e desempenhar suas funções.

Sob a base do conceito de sistema, tem emergido o enfoque sistêmico diante o pensamento científico cartesiano - newtoniano que não permite analisar e compreender satisfatoriamente a totalidade de um sistema, visto que foi fundamentado no princípio de "dividir para conhecer" (BRANCO, 1999; PEREIRA, 1997; MARZALL, 1999). Este pensamento, na literatura é caracterizado como reducionista, empírico, objetivista, racionalista, analítico e a-histórica. Assim, a ciência moderna não tem capacidade de abranger a complexidade da dinâmica do real, hoje evidente (BECKER, 1997), por exemplo, a problemática ambiental. Sobre o ponto, de acordo com Marzall e Almeida (1998), o enfoque sistêmico considera que teorias e técnicas pontuais e isoladas não podem solucionar os atuais problemas ambientais, sociais e econômicos, visto que a realidade ambiental é complexa, não apenas pela pluralidade de seus componentes, mas principalmente pela complicada teia de interações que formam (BRANCO, 1990).

Com base no trabalho de Rosnay (1975), Marzall (1999) tem feito uma comparação sintética entre o enfoque sistêmico e analítico. A perspectiva sistêmica aparece geralmente em oposição ao método clássico, de cunho mecanicista e compartimentalizante (MARZALL e ALMEIDA, 1998). Entretanto, ambos enfoques não devem ser opostos, mas sim complementares. Nessa perspectiva, dentro o pensamento epistemológico da complexidade, pode-se propor que o enfoque sistêmico é a consequência ou a evolução do pensamento cartesiano-newtoniano (MARZALL, 1999).

Então, de acordo com Capra (1982), Pereira (1997) o novo paradigma é o sistêmico que contém cinco pressupostos básicos que deverão orientar o pensamento científico daqui por diante (Quadro 4.3).

#### **Quadro 4.3 Pressupostos básicos que deverão orientar o pensamento científico e sua relação com a ciência da decisão**

1. **Da fragmentação para a totalidade.** As partes não podem ser analisadas separadamente, mas em função da sua relação com o todo. As aplicações dessa mudança na tomada de decisões são muito grandes, pois, nesse novo paradigma, tanto a análise de critérios quanto o exame das alternativas e consequências precisa ser consideravelmente ampliado.
2. **Da estrutura para o progresso.** A estrutura de um sistema e o progresso vinculado a ela revelam a teia de seus relacionamentos internos. O paradigma tradicional considera a estrutura sistêmica de modo estático e rígido, enquanto o modelo emergente a vê formada por elementos dinâmicos, mutáveis, relativos, evolutivos e construtivos. Para conviver com essas duas abordagens, os decisores precisam, eles próprios se tornar mais flexíveis e disponíveis para as mudanças.
3. **Da ciência objetiva para a epistêmica.** De acordo com esse pressuposto, a decisão depende da subjetividade do observador e do contexto em que a decisão é tomada. Essa nova abordagem reconhece outras dimensões, além da racionalidade objetiva, trazendo para discussão, no campo da ciência, temas antes negados por ela, tais como: o imaginário, a intuição, e os aspectos mágicos da decisão.
4. **Da construção metafórica em blocos para o conceito de redes.** Essa nova concepção tem causado grande desconforto aos cientistas, a partir da constatação de que nenhum conceito, modelo ou disciplina é mais importante do que o outro e de que eles só funcionam eficazmente por meio de redes interligadas e transdisciplinares. Obviamente, as decisões nesse contexto se tornam muito mais complexas, mas também muito mais eficazes.
5. **Da verdade absoluta para a descrição aproximada.** Se aceitarmos o pressuposto de que tudo é interconectado e não se pode interferir nas partes sem afetar o todo, a ciência terá de rever seus métodos e admitir que não se pode explicar nada de maneira absoluta, mas somente por meio de aproximações sucessivas. Para decidir eficazmente nesse contexto tornam-se necessárias: a mudança dos nossos modelos mentais, ou seja, do quadro de referências perceptivos que condicionam nossos valores e orientam nossas decisões; a opção pelo novo, mesmo que o antigo ainda atenda à maior parte das demandas, o que exige visão de longo prazo e motivação suficiente para enfrentar o desconforto da mudança; o apoio grupal, para que a decisão possa ser implementada e institucionalizada; a existência de instrumentos e ferramentas adequados ao decisor e ao contexto.

Fonte: Capra (1982), Pereira (1997)

O enfoque sistêmico não vai encontrar soluções. É uma forma de detectar problemas que de outra forma não seriam vistos (MORIN, 1977).

A sustentabilidade do desenvolvimento traz implícita a complexidade da realidade. Para contemplar isso, é fundamental aplicar o enfoque sistêmico, como base para o entendimento, estudo e trabalho com a complexidade da sustentabilidade – especificamente, neste caso, o estudo de indicadores. Entretanto, este enfoque não está presente nos trabalhos e programas relativos ao desenvolvimento dos indicadores, salvo algumas poucas exceções (MARZALL, 1999).

Como foi mencionado no Quadro 4.3, um dos pressupostos do enfoque sistêmico, está relacionado com a existência de instrumentos e ferramentas adequados aos decisores e ao contexto. São os mapas cognitivos que se inserem nessa demanda como uma forma de representação do problema. Eles são construídos no processo decisório, tendo os sistemas ecológicos como base e considerando as interações dos atores sociais que fazem parte dele. Este exprime as inter-relações e interdependências dos elementos (conceitos) de natureza diversa, sendo os mesmos, em seu turno, candidatos a um sistema de indicadores.

#### **4.4.5 A interdisciplinariedade**

O tema da interdisciplinariedade emergiu da conscientização de que uma aproximação ao mundo através de uma disciplina particular era tendenciosa e geralmente limitada (FOUREZ, 1994). De forma crescente admite-se que, para estudar uma questão, são necessárias múltiplas aproximações - a interdisciplinaridade.

Segundo Fourez (1994) a interdisciplinariedade na prática compreende duas atitudes diferentes:

A primeira perspectiva espera que uma aproximação interdisciplinar construa uma nova representação do problema que será o mais adequado no absoluto. Estima-se nela, por exemplo, a associação entre as ciências naturais e sociais, sendo mais adequada, mais objetiva e mais universal, porque examina mais aspectos do problema. Supõe-se, então, que essa *superciência* não será tendenciosa por cada uma das aproximações particulares, ou, ao menos, que suporá de forma absoluta, um progresso em relação com a antiga.

A segunda perspectiva considera uma *prática* específica para aproximar-se aos problemas da existência cotidiana. O objetivo não será criar uma nova disciplina científica (superciência) nem um discurso universal (mais do que as disciplinas singulares), mas sim resolver um problema concreto.

Ambas as perspectivas, convergem em estimar que as *lentes* de uma disciplina são excessivamente estreitas para estudar os problemas em toda sua complexidade. Entretanto, a grande diferença reside em que a primeira ao querer reunir várias disciplinas em um processo que quer ser neutro, mascara todas as questões de tipo *político* próprias da interdisciplinariedade. Pelo contrário, na segunda perspectiva, a interdisciplinariedade se percebe como uma prática essencialmente *política*, isto é, como uma negociação entre diferentes pontos de vista para decidir uma representação que se considere adequada com vistas a uma ação. Então, torna-se evidente que não se pode utilizar critérios exteriores e puramente *racionais* para *amenizar* as diferentes disciplinas que interatuarão. Deve-se aceitar distintas confrontações a partir de diferentes pontos de vista e tomar uma decisão que, em último termo, não surgirá de conhecimentos, mas sim de um risco aceito, de uma escolha ética e política.

No entanto, Fourez (1994) assinala a interdisciplinariedade mantida numa perspectiva tecnocrática, na medida em que as decisões dependeriam unicamente de negociações entre expertos, sem deixar que se desenvolva um debate democrático mais amplo.

De acordo com Jantsch *apud* Silva (2000a), são propostos quatro modelos de relação entre as disciplinas: a multidisciplinariedade – sistema que produz conhecimento somente pela coordenação entre as disciplinas; a pluridisciplinariedade na qual há cooperação, mas sem coordenação entre as disciplinas; a interdisciplinariedade, onde há cooperação e coordenação entre disciplinas e; a transdisciplinariedade - sistema que produz conhecimento pela cooperação e coordenação entre as disciplinas, com o objetivo de transcendê-las. Na literatura, normalmente os quatro modelos são estudados sob uma denominação genérica do termo interdisciplinariedade.

Esses modelos são diferenciados pelo grau de relacionamento e interação entre as disciplinas. Assim, a transdisciplinariedade é o modelo com maior interação. Neste âmbito, um pesquisador torna-se transdisciplinar, segundo Silva (2000a), quando consegue: a) identificar sua pertinência disciplinar específica e construir sua inserção no espaço de não resistência com os demais pesquisadores, e b) transitar sem resistência pelas demais pertinências oriundas das outras disciplinas. Para maiores detalhes sobre este assunto, ver Silva (2000a).

No que diz respeito à questão ambiental, de acordo com Rohde (1996) "a noção do ambiente é multicêntrica pois ela muda de conteúdo em decorrência da abordagem disciplinar central em função da qual ela é alternativamente posta e pensada". Este fato, exige o relacionamento entre as disciplinas, a multi, inter, ou transdisciplinariedade.

As ciências ambientais envolvem diversas áreas do conhecimento científico e tecnológico, no qual é fundamental a interdisciplinariedade para a compreensão da problemática ambiental complexa. De acordo com UNESCO (1986) *apud* Leff (2000), a problemática ambiental é o campo privilegiado das inter-relações sociedade-natureza, razão pela qual seu conhecimento demanda uma abordagem holística e um método interdisciplinar que permitam a integração das ciências da natureza e da sociedade; das esferas do ideal e do material, da economia, da tecnologia e da cultura.

No que diz respeito ao tema específico –estudo dos indicadores, tem-se insistido que para contemplar a complexidade da realidade ambiental, seguindo o paradigma construtivista, é fundamental a inter ou transdisciplinariedade *democrática* (FOUREZ, 1994). Assim, ao longo das diferentes etapas do processo de desenvolvimento dos indicadores exigem-se a participação de diversos expertos ou especialistas, bem como a participação dos atores sociais. No âmbito dos comitês de bacia, pressupõe-se que o comitê envolve um conjunto de sujeitos entre especialistas e atores sociais, mas para se tornarem inter ou transdisciplinares, eles precisam ser preparados e fortalecidos visando ter debates e negociações dentro o sistema inter ou transdisciplinar.

Entretanto, o discurso da interdisciplinariedade já tem até crítica, a partir da filosofia da *práxis* (SILVA, 2000a). Os principais pontos são: a) o sujeito interdisciplinar é considerado idealista, pois é baseada no pressuposto do primado explicativo das idéias e de sua autonomia frente ao real, dando suficiência absoluta ao sujeito pensante sobre o objeto; b) quanto ao método a interdisciplinariedade é vista como uma resposta, um remédio a todos os males da fragmentação do saber, o que não é aceita pela filosofia da *práxis*, baseada numa apologia da construção de consensos e harmonia e desconhecendo as determinações históricas, as contradições e a luta de classes no interior da sociedade, e c) no sentido a-histórico da interdisciplinariedade, está baseada no fato de que esta não reconhece que as ciências disciplinares são os frutos de maior racionalidade da história de emancipação do ser humano e não fragmentos de uma unidade que, agora, busca-se desesperadamente reencontrar, através da interdisciplinariedade.

#### 4.4.6 O problema de escala

Ao considerar a sustentabilidade em diferentes níveis de escala, deve-se compreender o conceito de processos dominantes. Existem diferentes leis físicas dominantes do processo em cada nível, eles parecem ser excludentes quando vistos de um nível diferente, mas têm um vínculo entre os diferentes níveis (KLEMES, 1983; DOOGE, 1997; SILVA, O., 2001; RIGBY *et al.*, 2000). Por exemplo, quanto aos indicadores, se nós estamos usando indicadores para avaliar a sustentabilidade de diferentes sistemas de recursos hídricos, em nível de bacias hidrográficas, nós precisamos poder relacionar e analisar esta informação para avaliar a sustentabilidade em um *nível mais alto*.

Assim, o tipo de indicadores a ser construído e usado é influenciado pelo nível de escala no qual o sistema está sendo analisado, isto é, é afetado pelas forças dominantes dos processos (de natureza física, econômica, social, etc.) que ocorrem nessa escala.

O Quadro 4.4 ilustra como os paradigmas ou objetivos e fatores predominantes são diferenciados segundo os níveis de escala no âmbito da sustentabilidade da agricultura (SMITH e McDONALD, 1998). Os aspectos socioeconômicos são mais relevantes em escalas maiores, enquanto que em escalas menores são priorizados aspectos específicos da realidade biofísica (MARZALL, 1999).

**Quadro 4.4 Fatores predominantes segundo os níveis de escala na sustentabilidade da agricultura**

Nível de escala	Paradigma dominante	Fatores predominantes
Regional/nacional	Satisfação de alimentos	<b>Socioeconômicos:</b> Emprego, equidade social, controle de usos do solo, pressão da população, etc.
Bacia hidrográfica	Funções ambientais	<b>Ecológicos:</b> Drenagem natural, cobertura vegetal, qualidade e quantidade de água subterrânea e superficial, conservação da biodiversidade e habitat, etc.
Fazenda	Viabilidade socioeconômica	<b>Socioeconômicos:</b> Base de informação, capacidade de planejamento, atitude conservacionista, incentivos de conservação, rentabilidade, disponibilidade de insumos, disponibilidade de mercado, incertezas econômicas, etc.
Campo de lavoura	Produtividade do solo	<b>Biofísicos:</b> balanço de nutrientes, potencial do solo, eficiência de usos de água, susceptibilidade a pragas e doenças, etc.

Fonte: Smith e McDonald (1998)

Quanto a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, para avaliá-la precisaríamos relacionar e analisar a informação nesse nível, onde podem concorrer diferentes forças atuantes que dominam os processos. Por exemplo, as forças do tipo: a) físico/hidrográfico que são relacionadas com a bacia hidrográfica, onde envolvem as causas e efeitos da



problemática ambiental, b) econômico que são relacionadas com os pólos de desenvolvimento regional, onde cada pólo acumula capital em função das suas potencialidades econômicas, c) político-administrativo que são relacionadas com os municípios e estados, onde cada município ou estado são governados com base em políticas e leis próprias, d) uma outra força do tipo natural ambiental é associada com as unidades ambientais naturais, onde cada unidade ambiental tende a ter um comportamento e funções homogêneos devido as suas características espaciais, climáticas e biodiversidade de natureza homogênea ou com menor variabilidade. Assim, em uma bacia hidrográfica, envolvendo fatores biofísicos, econômicos e sociais, os indicadores devem estar vinculados à operação desses fatores.

#### **4.4.7 Incomensurabilidade**

Para Martinez Alier (1995) a incomensurabilidade significa que não há uma unidade comum de medida. Assim, na sustentabilidade de um sistema, como o da bacia hidrográfica, por exemplo, estão operando fatores biofísicos, econômicos e sociais. Então, não há uma unidade comum para mensurá-los, isto não significa que não possamos avaliar a sustentabilidade com uma base razoavelmente aceitável, sobre diferentes escalas de valores, como freqüentemente se faz usando modelos multicritérios para comparar alternativas a serem adotadas para tomar decisões. Nessa perspectiva, mais adiante será descrita sinteticamente a função de valor que permite homogeneizar diversas unidades de medida.

Martinez Alier (1995) salienta que:

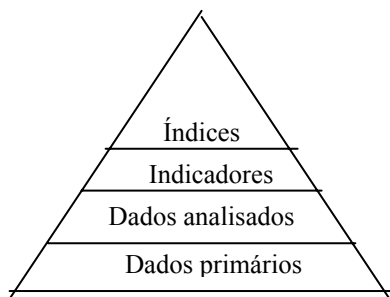
para medir a sustentabilidade, não podemos apoiar-nos em estimações caprichosas do desgaste do capital natural, mas devemos considerar os indicadores físicos, químicos e biológicos, com a advertência muito importante que não existe indicador biofísico de sustentabilidade que possa englobar todos.

#### **4.5 Elementos metodológicos para a formulação de indicadores**

Diversos autores, objetivados pelo desenvolvimento de indicadores, têm proposto e utilizado diferentes elementos de caráter conceitual, metodológico e técnico para construir, organizar e identificar indicadores. A seguir são apresentados e comentados brevemente alguns deles:

#### 4.5.1 Estrutura para ordenação de indicadores e índices

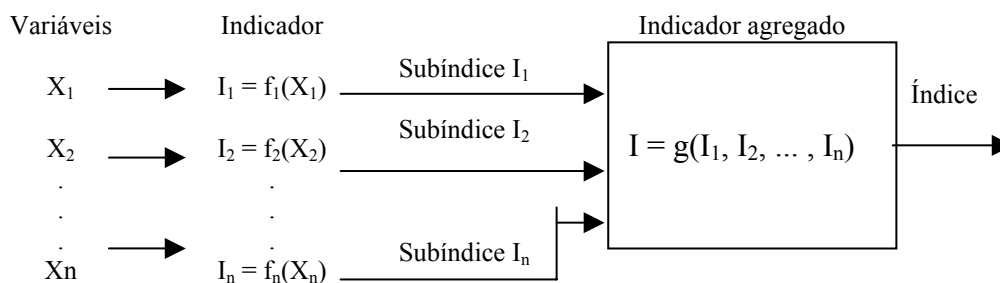
De acordo com Hammond *et al.* (1995) a fonte de origem de informação e seu processo de formulação, identifica-se com uma pirâmide de informação (Figura 4.5), a qual desde sua base contempla a transformação de dados primários para dados analisados, estes por sua vez, para indicadores e, finalmente, estes para índices.



**Figura 4.5 Pirâmide de informação**

Fonte: Hammond *et al.* (1995)

Ott (1978) propôs um esquema de fluxo da informação para formulação de indicadores e índices (Figura 4.6), no qual, a partir das variáveis, estes são agregados e transformados em subíndices, os quais, numa agregação final, compõem um índice geral.



**Figura 4.6 Fluxo de informações na construção do índice**

Fonte: Ott (1978)

Em termos gerais, os indicadores resultam da aplicação de funções complexas aos dados primários (RIGBY *et al.*, 2000). Os índices são produto da aplicação de funções simples sobre variáveis de nível baixo (GALLOPIN, 1997). A diferença entre indicadores e índices reside na complexidade de funções pelas quais eles são obtidas, não por seu nível hierárquico (GALLOPIN, 1997). Isto contrasta com as estruturas propostas por Ott (1978) e Hammon *et al.* (1995), isto é, ambas as propostas concordam no sentido de que ao final do processamento serão obtidos os índices.

As propostas de Ott (1978) e Hammon *et al.* (1995) são idéias que se limitam apenas ajudar a organizar e agrupar indicadores, não é suficiente para formular indicadores. Alguns autores têm adotado como tal, enquanto outros, têm modificado.

Para Bollmann e Marques (2000) a estrutura de Ott (1978) é proposta desde um ponto de vista matemático, entretanto, esta estrutura "não leva em consideração os critérios de relação das variáveis que compõem o indicador, descrevendo apenas as etapas de composição de subíndices e de agregação destes". Para preencher esta lacuna, os autores propõem modificar de forma que considerasse "uma etapa inicial de escolha das variáveis como parte do processo de estruturação dos indicadores ambientais". Assim os autores definem três etapas: a) escolha dos parâmetros que compõem o indicador, b) uniformização das informações através do cálculo de subíndices próprios para cada variável envolvida e c) agregação de informações para compor o indicador final. Não é objeto desta Seção apresentar e discutir os detalhamentos das referidas etapas, sendo as mesmas adequadas às particularidades do trabalho dos autores. Não obstante, por ser crítica a etapa inicial de qualquer método ou modelo de formulação de indicadores, considera-se importante destacar as diferentes formas de conduzir essa etapa inicial: como escolher as variáveis que compõem o indicador?

#### **4.5.2 Ferramentas para escolha de variáveis**

Na Seção 4.2 foram descritos os princípios e alguns critérios para seleção de indicadores. Nesta Seção, com o intuito de sistematizar sinteticamente alguns procedimentos relacionados com a escolha de variáveis, são apresentados os mesmos genericamente, como segue:

**Com base na experiência particular dos especialistas** - Este procedimento foi a primeira tentativa de construção de indicadores. Usos e experiências podem ser vistos em trabalhos sobre qualidade da água. Apesar de serem ricas, apresentam limitações quanto à individualidade da abordagem. (BOLLMANN e MARQUES, 2000).

**Uso de ferramentas estatísticas** - Dentre as técnicas advindas da estatística, destaca-se a análise multivariada, a qual permite determinar e interpretar os dados de qualidade ambiental (BOLLMANN e MARQUES, 2000).

Deve-se deixar claro que os métodos estatísticos permitem analisar algumas inter-relações entre variáveis, apenas do ponto de vista estatístico. As explicações das relações causais devem-se buscar e refletir em outras teorias. Então, quando empregadas ferramentas estatísticas, como ter confiança de que as variáveis utilizadas são representativas ou explicativas do fenômeno?.

**Método de pesquisa por opinião** - Com o propósito de considerar diversas óticas na construção e reduzir as incertezas, os especialistas na temática contribuem para uma definição de variáveis a compor indicadores. Uma das técnicas frequentemente utilizadas tem sido a técnica DELHI, onde os especialistas a serem consultados contemplam a multiplicidade de formação acadêmica, multiplicidade de atuação profissional e experiência profissional (BOLLMANN e MARQUES, 2000).

Normalmente, as experiências mostram que a pesquisa por opinião está restrita a especialistas, não envolve os atores locais que conhecem a realidade e convivem com a problemática ambiental.

**Uso de critérios para seleção de indicadores** - Como foi apresentado na Seção 4.3.3, com o propósito de selecionar indicadores adequados, foram estabelecidos diversos critérios, características, atributos ou requisitos a serem considerados. Esses termos utilizados variam de autor para autor. O conjunto de aspectos concebidos como critérios ou outro termo, são diferenciados de acordo com os objetivos perseguidos ou problema focalizado, bem como segundo suas funções, sua escala de análise. Para maior detalhe ver a referida Seção.

**Uso de questionários estruturados ou semi- estruturados** - Os questionários são formulados pelos especialistas, estes numa entrevista, são preenchidos pelos usuários ou grupos sociais envolvidos no problema. Para maiores detalhamentos desta ferramenta e sua aplicação ver Deus (2000) que define indicadores de serviços de limpeza.

**Listagem racional** - Com a idéia sensata e racional é elaborada uma listagem de aspectos que são considerados e dimensionados pelo estudo. Esta listagem serve como guia para a definição dos indicadores (COOMBES e WONG, 1994). Uma aplicação dessa ferramenta é vista no trabalho de Dobrovolski (2001) que define os perfis ambientais.

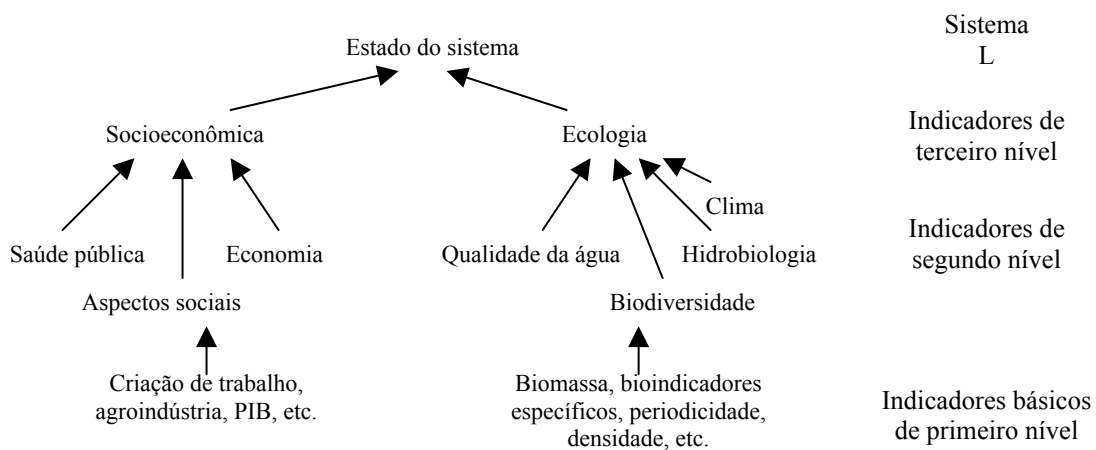
**Outros procedimentos** - Com base na rastreabilidade e contextualização do fenômeno em torno de um aspecto, também são definidos os indicadores. Entre alguns trabalhos que aplicaram esta ferramenta ver Leeuw (2002) que define indicadores de poluição do ar e Callens e Tyteca (1999) que define indicadores de eficiência.

Em termos gerais, apesar de existir esse conjunto de ferramentas para escolha de variáveis, ainda persiste o problema de identificação de variáveis e/ou indicadores: como analisar as relações de causa - efeito e as interações entre os indicadores?.

#### 4.5.3 Estruturas conceituais

Uma estrutura conceitual serve de guia no processo de formulação de indicadores multinível bem como para analisar os resultados desse conjunto de indicadores. Dentre os tipos de estruturas conceituais, podemos destacar os seguintes:

**Estrutura multinível de indicadores** - A UNESCO (1987) propôs uma guia metodológico para a avaliação integrada do desenvolvimento de recursos hídricos. Este inclui um esquema conceitual que serve como guia para fazer uma listagem e, simultaneamente, hierarquizar indicadores, de acordo como as características do ambiente local. Este esquema apresenta três níveis de indicadores (Figura 4.7).



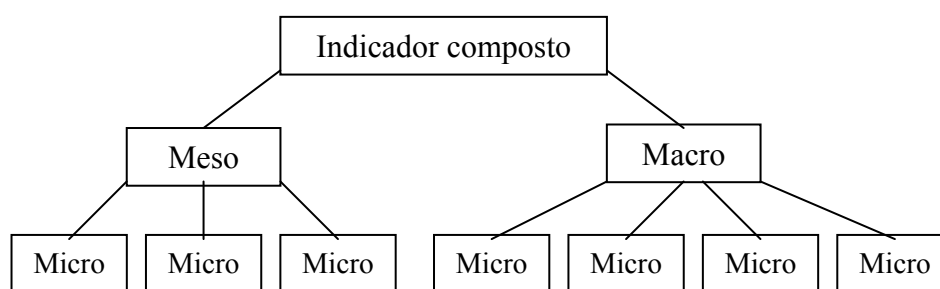
**Figura 4.7 Três níveis de indicadores**

Fonte: UNESCO (1987)

Apesar de ser concebida sob conceitos do enfoque sistêmico, a proposta da UNESCO (1987) não permite analisar as relações causa - efeito nem as interações entre os indicadores. Além disso, tanto a teoria quanto suas aplicações práticas, procuram reduzir os indicadores em duas dimensões: socioeconômico e ecológico, como se todas as pessoas

tivessem as mesmas oportunidades e padrões de consumo, não sendo transparente os aspectos sociais como a pobreza.

**Estrutura de agregação hierárquica** - Segundo Nijkamp (1997), em geral uma metodologia útil para limitar o número de indicadores, mantendo-o completo e coeso, é o uso da estrutura de agregação hierárquica (Figura 4.8). Ela baseia-se numa composição arborescente de agregação e desagregação de indicadores, de forma que pode ser feita uma distinção entre indicadores simples e compostos. Tal estrutura arborescente, normalmente, também permite distinguir, de acordo com sua aplicabilidade, escalas de tempo (por exemplo, médio a longo prazo) e escalas geográficas (por exemplo, município ou país).

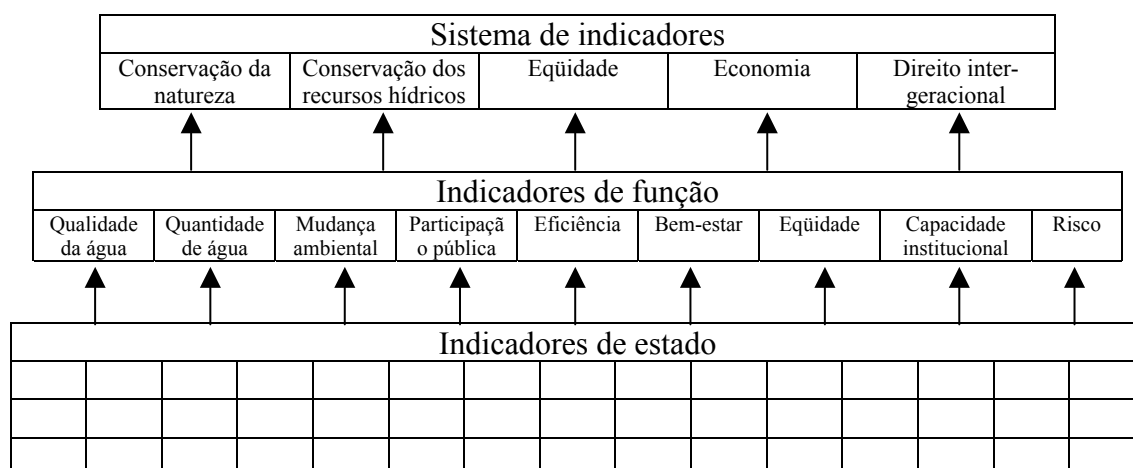


**Figura 4.8 Estrutura arborescente de agregação hierárquica**

Fonte: Nijkamp (1997)

**Estrutura andaime de sustentabilidade** - Com o propósito de desenvolver um sistema de indicadores para os sistemas de recursos hídricos, Ioris (2001) propôs uma metodologia denominada Sistema de Indicadores de Sustentabilidade, o mesmo, por sua representação gráfica o denomina: *andaime de sustentabilidade* (Figura 4.9).

Esta estrutura incorpora três níveis de indicadores: estado, função e sistema de indicadores. Os indicadores de estado estão relacionados para dar lugar a indicadores funcionais, estes, por seu turno, terminam em sistema de indicadores. Assim, o sistema de indicadores resulta da agregação dos indicadores de nível mais baixo. Neste processo são levadas em conta algumas propriedades e/ou requisitos dos indicadores e ao mesmo tempo os critérios a serem atendidos.



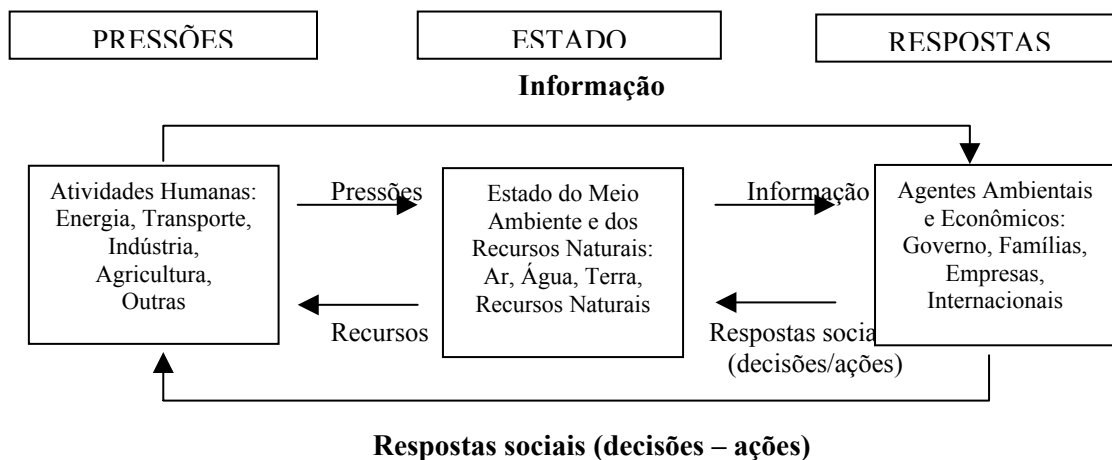
**Figura 4.9 Representação gráfica do esquema *andaime de sustentabilidade***  
 Fonte: Ioris (2001)

Para o caso dos recursos hídricos, na Figura 4.9 pode-se observar que o sistema de indicadores é complexo, incluindo tanto indicadores de caráter *subjetivos* e *objetivos* (IORIS, 2001). Assim, os indicadores de nível baixo (indicadores de estado) atendem a nove critérios (qualidade da água, quantidade de água, mudança ambiental, bem-estar, eficiência, participação pública, eqüidade, capacidade institucional para lidar com a gestão da água, com o risco e percepção de risco) associados aos indicadores de nível intermediário (indicadores de função), estes, por sua vez, atendem a cinco requisitos (conservação da natureza, conservação dos recursos hídricos, eqüidade, economia e direito inter-geracional) associados aos indicadores de nível superior (sistema de indicadores).

**Estrutura Pressão -Estado - Resposta** - A estrutura Pressão - Resposta tem sido proposta por Friend e Rapport (1979) *apud* Rigby *et al.* (2000), a partir do qual, foi desenvolvida a estrutura Pressão - Estado - Resposta (P-E-R). Este esquema (Figura 4.10), de acordo com a *ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT* (OECD, 1993), está baseada sobre o conceito de causalidade: as atividades antrópicas exercem pressão sobre o meio ambiente e muda o estado da qualidade e quantidade dos recursos naturais. Logo, a sociedade dá resposta a estas mudanças através de políticas ambientais, econômicas e setoriais.

A estrutura P-E-R auxilia em gerar conjuntos de indicadores e organizá-los para cada temática, em três categorias: a) indicadores de pressão ambiental, b) indicadores das condições ambientais e c) indicadores de resposta social. Este procedimento e análise possibilitam construir uma matriz de indicadores. Adicionalmente, neste processo, o uso dos indicadores é associado a 4 finalidades: a) medição do desempenho ambiental, b)

integração das preocupações ambientais nas políticas setoriais, c) integração nas tomadas de decisões econômicas e ambientais e d) informação sobre o estado do meio ambiente.



**Figura 4.10 Estrutura Pressão - Estado - Resposta (P-E-R)**

Fonte: OECD (1993)

A estrutura P-E-R tem sido adotada pela OECD (1993) e amplamente aceita por vários programas ligados ao desenvolvimento sustentável, por exemplo, foi utilizada pelo Banco Mundial, Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas e por outros organismos. Não obstante, outros programas e estudiosos sobre indicadores ambientais preferem utilizar variantes da estrutura P-E-R., entre elas pode-se mencionar: a estrutura Força motriz - Estado - Resposta (F-E-R) utilizada pelo Banco Mundial (WORLD BANK, 1995), a estrutura Pressão - Estado - Impacto/efeito - Resposta (P-E-I/E-R) utilizada pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (WINOGRAD et al., 1996) e a estrutura Força motriz - Pressão - Estado - Impacto - Resposta (F-P-E-I-R) utilizada por Jesinghaus (1998), *Livestock and Environment Toolbox* (LET, 2002).

A estrutura P-E-R apresenta deficiências quanto a sua consideração de aspectos subjetivos e/ou socio-culturais. Por exemplo, com relação ao documento do *Department for Policy Coordination and Sustainable Development* (UNITED NATIONS, 1997), Marzall (1999) questiona:

o indicador de bem estar da população (antropometria nutricional, prosperidade e pobreza), até que ponto mede realmente o bem estar de uma população? Onde se encaixam os valores culturais? A riqueza material reflete necessariamente um maior bem estar do ser humano, ou existem outros valores que são mais (ou menos) importantes?



**A estrutura P-E-R e F-E-R, algumas diferenças:**

A estrutura **Força motriz - Estado - Resposta** (F-E-R) permite incluir melhor as variáveis não ambientais. A substituição da categoria *pressão* na estrutura P-E-R pela categoria *força motriz* foi motivada para contemplar além dos aspectos ambientais os aspectos do subsistema humano - social (GALLOPÍN, 1997). Desta maneira são incluídos os aspectos econômicos, sociais e institucionais do desenvolvimento sustentável (RIGBY *et al.*, 2000). A extensão deste enfoque, para todos os aspectos do desenvolvimento sustentável (social, econômico, ambiental e institucional), é justificado por ser importante particularmente em países em desenvolvimento, nos quais, é importante o equilíbrio entre os aspectos de desenvolvimento e meio ambiente no âmbito do desenvolvimento sustentável, para assegurar futuros padrões de crescimento sustentável (GALLOPÍN, 1997).

Outro aspecto da estrutura F-E-R que o separa de seu predecessor (a estrutura P-E-R) é que não é assumida nenhuma causalidade entre indicadores em cada um das categorias.

A categoria da força motriz impacta sobre o meio ambiente, este pode ser tanto positivo como negativo. Isto não é o caso para a categoria de pressão (MORTENSEN, 1997). Assim, os indicadores de "força motriz representam atividades antrópicas, processos e padrões que têm um impacto sobre o desenvolvimento sustentável" (MORTENSEN, 1997).

**A estrutura P-E-R e F-E-I/E-R, algumas diferenças:**

A estrutura Pressão-Estado-Impacto/efeito-Resposta (WINOGRAD *et al.*, 1996), contempla as seguintes categorias de indicadores: a) os relacionados com as causas diretas ou indiretas do problema (pressão sobre o meio ambiente), b) os relacionados com a qualidade do meio ambiente (condição ou estado do meio ambiente), c) os relacionados com os impactos e efeitos das atividades antrópicas sobre o meio ambiente e vice - versa, d) os relacionados com as ações que a sociedade responde, adicionalmente, e) o indicadores prospectivos de previsão em função de cenários alternativos. Desta maneira, esta estrutura enfatiza e acrescenta a categoria impacto/efeito, que não é considerado na estrutura P-E-R. Em termos gerais, a categoria impacto e efeito permite analisar melhor a

cadeia causal nas inter-relações entre sociedade e natureza, envolvendo, por exemplo, ecossistemas, funções ecológicas, além da sociedade e a população (DEUS, 1998).

### **A estrutura Forças motriz - Pressão - Estado - Impacto - Resposta:**

Com o propósito de descrever melhor a cadeia de causalidade, alguns autores formularam a estrutura **Força motriz - Pressão - Estado - Impacto - Resposta** (F-P-E-I) que inclui as estruturas P-E-R e F-E-R como casos especiais (JESINGHAUS, 1998), além da estrutura P-E-I/E-R.

Na estrutura F-P-E-I-R os indicadores de Estado e Impacto estão separados. Os indicadores de estado mostram a condição atual do ambiente. Os indicadores de impacto descrevem os últimos efeitos de mudanças de estado (RIGBY *et al.*, 2000). Esta estrutura, apesar de permitir fornecer resultados melhor elaborados do que as obtidas com a estrutura P-E-R, nestas aproximações, são identificadas cadeias isoladas de causa e efeito para um particular problema ambiental e seus correspondentes indicadores são monitorados (BOSSSEL, 1999). Por exemplo, coloca o autor: emissão de CO<sub>2</sub> (pressão) ⇒ concentração na atmosfera de CO<sub>2</sub> (estado) ⇒ temperatura global (impacto) ⇒ taxa de carbono (resposta).

Esta estrutura conceitual é amplamente utilizada pela sua simplicidade, facilidade no uso e a sua possibilidade de ser aplicada em níveis, escalas e das atividades antrópicas (WINOGRAD *et al.*, 1996). É uma estrutura bastante consistente, bem definida, clara quanto ao que se quer, determinando bem as perguntas. A divisão dentro destes três aspectos (pressão, estado e resposta) permite determinar os pontos onde se deve ter maior preocupação (MARZALL, 1999).

A estrutura P-E-R e suas variantes, não se enquadra dentro o enfoque sistêmico. "A interação da qual fala, na realidade, considera a lógica linear, avaliando o problema (efeito) em função da sua causa, e a partir dessa, a busca da solução. São portanto, os elementos (causa e efeito), não sua interação" (MARZALL, 1999).

Uma séria objeção à estrutura P-E-R e suas variantes é que negligenciam a natureza sistêmica e dinâmica dos processos, e o embute em um sistema total maior que contém muitas retroalimentações. Representações de cadeias de impacto através das cadeias isoladas da estrutura P-E-I-R normalmente não será possível e, freqüentemente,

nem mesmo será uma aproximação adequada. Impactos em uma cadeia causal pode ser pressões, e em outro podem ser estados, e vice-versa. Não são consideradas as múltiplas pressões e impactos. A realidade que normalmente obedece a relações não lineares, entre os diferentes componentes de uma cadeia, não pode ser considerada. Estados e taxas de mudança (ações e fluxos) são tratadas incoerentemente (BOSSSEL, 1999).

A estrutura PER e suas variantes, apesar de ser rica em suas variantes, fornecendo resultados interessantes, não analisa as interações entre indicadores. Entretanto, elas servem mais como guia para a geração de indicadores do que como fonte de geração de indicadores. Não existe um estatuto teórico que represente a complexidade do problema e explique a origem dos indicadores. Como seria possível modelar a estrutura complexa de uma realidade concreta?

**Esquema para a definição de indicadores** - Camino e Müller (1993) tem proposto um corpo de conceitos para definir um conjunto de indicadores para um sistema, estas são as seguintes:

**Categoria de análise:** Uma categoria é um aspecto de um sistema, significativo do ponto de vista da sustentabilidade.

**Elementos de categoria:** Um elemento é uma parte de uma categoria, significativa do ponto de vista da sustentabilidade.

**Descritores:** Os descritores são características significativas de um elemento de acordo com os principais atributos de sustentabilidade de um sistema determinado.

**Indicadores:** Os indicadores são uma medida do efeito da operação do sistema sobre o descritor; se o sistema é sustentável, tem um efeito positivo sobre o descritor e um efeito negativo, se não for.

Por exemplo, para o caso de um sistema de recursos hídricos a estrutura hierárquica seria o seguinte:

Sistema: Bacia hidrográfica

Categoria: Base de recursos

Elemento: Água

Descritores: Qualidade, quantidade, disponibilidade estacional.

**Estrutura sistêmica e orientadores** - Bossel (1999) propôs um método para definir indicadores apropriados do desenvolvimento sustentável. Este procedimento contempla os seguintes aspectos: compreensão conceitual do sistema total, identificando indicadores representativos, quantificando orientador básico de satisfação, o processo participativo. Um aspecto chave deste procedimento, é que deve utilizar-se um conjunto de orientadores, apresentados no Quadro 4.5. Um outro aspecto a ser destacado é que reconhece os valores e o conhecimento dos atores sociais, para assegurar um conjunto de indicadores inclusive e sua aplicação. Maiores detalhes tanto teóricos quanto práticos encontram-se em Bossel (1999).

#### Quadro 4.5 Orientadores básicos do sistema

<p><b>Ambiente - determinado:</b></p> <p>EXISTÊNCIA: O sistema deve ser compatível e existir no <i>estado ambiental normal</i>. A entrada de informação, energia e material necessário para sustentar o sistema deve estar disponível.</p> <p>EFETIVIDADE: O sistema deve estar em equilíbrio (em cima do longo prazo) ser efetivo (não necessariamente eficiente) em seus esforços de afixar <i>recursos escassos</i> (informação, importe, energia) e mostrar influência em seu ambiente.</p> <p>LIBERDADE DE AÇÃO: O sistema deve ter a habilidade de conviver de vários modos com os desafios impostos pela <i>variedade ambiental</i>.</p> <p>SEGURANÇA: O sistema deve se proteger dos efeitos prejudiciais de <i>variabilidade ambiental</i>, por exemplo, variável, fluuando e condições impossíveis de predição fora do estado ambiental normal.</p> <p>ADAPTABILIDADE: O sistema deveria aprender, adaptar-se e auto-organizar-se para gerar respostas mais apropriadas para desafios impostas através de <i>mudança ambiental</i>.</p> <p>COEXISTÊNCIA: O sistema deve modificar seu comportamento para responder por comportamentos e interesses (orientador) de <i>outros</i> (ator) <i>sistemas</i> em seus ambiente.</p> <p><b>Sistema - determinado:</b></p> <p>REPRODUÇÃO: Auto-reproduzindo (autopoietic) sistemas devem poder reproduzir (ou como e/ou de indivíduos como populações).</p> <p>NECESSIDADES PSICOLÓGICAS: Seres sensíveis têm necessidades psicológicas que devem ser satisfeitas.</p> <p>RESPONSABILIDADE: Os atores conscientes são responsáveis por suas ações e devem obedecer a uma referência normativa.</p>
--

Fonte: Bossel (1999)

#### Uma nova estrutura conceitual: modelagem de mapas cognitivos

Inicialmente, os mapas cognitivos foram propostos para fazer estratégias (EDEN e ACKERMANN, 1998), mas também são propostos para identificar critérios e fazer modelagem, dentro das metodologias multicritério de apoio à decisão (MONTIBELLER,

2001). Quanto ao desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, ainda não foram utilizados os mapas cognitivos. Principais conceitos e sua caracterização dos mapas cognitivos foram apresentados na Seção 4.4.3 e no Anexo A2, aqui, por ter uma estrutura rica para analisar problemas complexos, cabe destacar que, no processo de construção do mapa cognitivo, a sua expansão permite contemplar simultaneamente vários componentes de um sistema. O mapa cognitivo causal permite organizar os conceitos (candidatos a indicadores) e hierarquizá-los, bem como analisar os meios e fins (causas e efeitos) entre conceitos numa cadeia causal, além de analisar suas interações. Este processo também permite considerar os aspectos subjetivos e objetivos. Assim, o processo de construção do mapa cognitivo, numa etapa de diagnóstico, permite materializar o "modelo de pensamento sistêmico" de um grupo de atores sob uma realidade concreta. Estas estruturas não somente serviriam como guias para identificar os indicadores, mas também se constituiriam como fonte de geração de indicadores chaves.

#### **4.6 Padronização ou funções de valor dos indicadores?**

Na literatura sobre indicadores para análise da sustentabilidade, revela-se que não há consenso sobre o uso de um método claramente preferido para lidar com a incomensurabilidade. Este assunto, no âmbito do desenvolvimento de indicadores e índices, é tratado sob o termo de métodos de padronização ou normalização que permitem transformar numericamente diferentes unidades e escalas de medidas em uma unidade e escala comum.

A incomensurabilidade também, no âmbito da análise multicritério, é tratada sob o termo de funções de valor. "Uma função de valor é uma ferramenta julgada adequada, pelos decisores, para auxiliar a articulação de suas preferências, permitindo avaliar ações potenciais, segundo um determinado ponto de vista" (ENSSLIN *et al.*, 2001). Trata-se de ferramentas artificiais que permitem transformar as performances das ações em valores numéricos. O objetivo do uso desta ferramenta é que os decisores reflitam sobre suas preferências de forma quantitativa.

Assim, o conjunto de métodos que permitem padronizar os indicadores, isto é, construir uma unidade e escala de medida comum a todos os indicadores, podem ser agrupados em dois grandes grupos: métodos utilizados na construção de indicadores e

índices (de natureza diversa: econômicos, sociais, biofísicos) e métodos utilizados na análise multicritério.

Dentre os métodos utilizados na construção de indicadores e índices, podem destacar-se os seguintes grupos:

**Métodos baseados na opinião de especialistas** - A técnica DELPHI, é um dos métodos baseado na pesquisa de opinião. Neste método dá-se ampla liberdade aos especialistas para a determinação, segundo sua opinião, da relação entre o índice e a variável em estudo. Este método tem sido utilizado na construção do índice de qualidade da água pela *Nacional Sanitation Foundation* (NSF), onde a cada especialista (de um grupo de especialistas) pediu-se que fizesse uma curva que representasse, segundo sua opinião, a variação da qualidade da água com relação à quantidade de cada contaminante. As relações resultantes denominaram-se "relações funcionais" ou "curvas funcionais" (OTT, 1987; CANTER, 1998).

**Métodos numéricos e/ou estatísticos** - Para eliminar os efeitos de escala e de unidades de medida, uma das estatísticas freqüentemente utilizadas é a função padronizadora de um conjunto de observações de natureza quantitativa. Aplicações desta função encontram-se em Calorio (1997), Lopes (2001).

A equação que permite padronizar é a seguinte:

$$Z = \left( \frac{X_n - \mu}{\sigma} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: Z é o valor padronizado de um indicador qualquer; X<sub>n</sub> é o valor original do indicador; μ é o valor médio do indicador para a amostra; e σ é o desvio padrão populacional.

Uma outra expressão que permite normalizar os valores de cada indicador para uma escala 0,0 - 1,0 é (UNESCO, 1987):

$$SI = \frac{Z_i - Z_i^-}{Z_i^+ - Z_i^-} \quad \text{Ou} \quad SI = \frac{Z_i^+ - Z_i}{Z_i^+ - Z_i^-} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:  $SI$  é o valor padronizado de um indicador qualquer;  $Z_i$  é o valor original do indicador;  $Z_i^+$  é o valor máximo do indicador; e  $Z_i^-$  é o valor mínimo do indicador.

**Métodos de atribuição de pesos** - É um dos métodos amplamente empregado quando as variáveis são de natureza qualitativa. Ele serve justamente para transformar variáveis qualitativas, atribuindo pesos (segundo a opinião dos especialistas), em valores numéricos. Existe várias formas de atribuir os pesos a cada nível de impacto de um descritor. Em alguns casos para atribuir pesos, previamente, são ordenados preferencialmente os níveis de impacto, em outros os casos, a cada aspecto é atribuído pesos iguais ou arbitrariamente (segundo a opinião do especialista) diferentes. A hierarquia entre as alternativas segundo um determinado aspecto é definido pela soma dos pesos. Para maiores detalhamentos sobre aplicações desta técnica, ver os trabalhos de Calorio (1997), Lopes (2001), Taylor *et al.* (1993).

Quanto aos métodos utilizados na análise multicritério, a literatura apresenta diversos métodos para a construção de funções de valor. Para maior detalhe ver Keeney e Raiffa (1993); Beinat (1995). Ensslin *et al.* (2001) destaca três métodos:

**Método da pontuação direta** - É um dos métodos numéricos mais importante e amplamente utilizado. Para usar este método, deve estar construído, previamente, um descritor (qualitativos ou quantitativos) formado por um conjunto de níveis de impacto, ordenados preferencialmente e estando definidos o pior e o melhor nível. A esses dois níveis são associados dois valores que servirão de âncora pra a escala (geralmente usa-se 0 e 100). Em seguida, os decisores são questionados a expressar numericamente a atratividade dos demais níveis em relação às âncoras.

**Método da bissecção** - É um dos métodos também amplamente utilizado, especialmente quando os descritores são quantitativos contínuos. Para usar este método, deve estar construído, previamente, um índice numérico (descritor), onde estão definidos apenas o pior e o melhor nível de impacto. A esses dois níveis são associados dois valores que servirão de âncora pra a escala (0 e 100, respectivamente). Em seguida, os decisores são questionados para identificar o nível cujo valor esteja na metade dos dois valores extremos. Através de subdivisões adicionais pode-se refinar a função de valor.

**Método do julgamento semântico** - É um dos métodos que permite obter a função de valor através de comparações par a par da diferença de atratividade entre ações potenciais. Tais comparações são feitas solicitando que os decisores expressem qualitativamente, através de uma escala ordinal semântica (com palavras), a intensidade de preferência de uma ação sobre a outra.

Um destes métodos é o *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH) que utiliza os julgamentos semânticos dos decisores para, através de modelos de programação linear, determinar a função de valor que melhor representa tais julgamentos. Para maiores detalhamentos ver Bana e Costa e Vasnick (1995).

#### **4.7 Funções de agregação de indicadores**

O processo de agregação das informações é uma das etapas mais importantes no cálculo de qualquer índice. Aqui é onde ocorre a simplificação (ou redução) das informações e provavelmente são introduzidas distorções (OTT, 1978).

Os métodos que permitem agregar informações, isto é, sintetizar numericamente em um valor global a partir de um conjunto de valores parciais, também pode ser agrupado em dois grandes grupos: métodos utilizados na construção de indicadores e índices (de natureza diversa: econômicos, sociais, biofísicos) e métodos utilizados na análise multicritério.

Dentre os métodos utilizados na construção de indicadores e índices, podem ser empregados as seguintes ferramentas: análise multivariada, métodos exclusivos, formas aditivas, formas multiplicativas, a distância euclidiana, métodos não paramétricos, método gráfico tipo radar e análise comparativa.

**Método baseado na análise multivariada** - A análise fatorial, baseia-se na correlação entre um conjunto inicial de variáveis e um conjunto menor de fatores comuns. Com base nas inter-relações exibidas entre os dados originais, resultam as variáveis hipotéticas, que comumente são denominados índices, os mesmos explicam a maior parte da variância do conjunto original. A importância relativa de cada variável será dada pelo seu grau de correlação com as demais (BOLLMANN e MARQUES, 2000). Uma aplicação desta ferramenta foi feita pela Fundação de Planejamento Metropolitano e



Regional (METROPLAN, 1998), onde foi avaliada a qualidade da água, através da determinação de três índices: índice de poluente orgânico, índice de poluente inorgânico e índice de eutrofização.

Uma das maiores restrições a esta ferramenta advém da sua própria fundamentação estatística: as relações de causa efeito bem como as interações entre as variáveis (de natureza biofísica, econômica e social) devem ser refletidas e buscadas em outras teorias, fora do campo da estatística. Nas palavras de Damodar (2000), *uma relação estatística, por mais forte e sugestiva que seja, jamais pode estabelecer uma relação causal; nossas idéias sobre causação devem vir de fora da estatística, inferir de outra teoria*. Assim, os graus de correlação entre as variáveis são apenas aceitas do ponto de vista estatístico. A respeito, Clarke (2000), alerta sobre as limitações impostas pelo uso de técnicas multivariadas, uma vez que, se são utilizadas sem o devido cuidado estatístico pode encaminhar a resultados incorretos. Ainda, o autor destaca que é questionável o uso índices produzidos por técnicas estatísticas multivariadas, em detrimento aos índices empíricos que possam ser sugeridos por especialistas com longa experiência na área.

**Método exclusivo** - Baseia-se na escolha de apenas uma das informações, em detrimento de outras que serão descartadas. A informação escolhida irá compor o indicador final (OTT, 1978; BOLLMANN e MARQUES, 2000). Este processo é feito aplicando os Operadores Máximo ou Mínimo:

$$I = MÁX\{I_1, I_2, \dots, I_n\} \text{ ou } I = MÍN\{I_1, I_2, \dots, I_n\} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: I é o índice calculado para o indicador requerido, In são os índices ou parâmetros primários considerados.

Uma limitação desta técnica advém da natureza dicotômica do operador, onde não é possível se estabelecer uma escala de "gradação de poluição" com valores intermediários (BOLLMANN e MARQUES, 2000).

**Método baseado em formas aditivas** - Dentre estas formas existem as funções de agregação lineares e não lineares.

Dentre as funções de agregação lineares, estas são as funções de agregação mais simples. Podem ser expressas de duas formas:

$$I = \sum_{i=1}^n I_i \quad (\text{Eq. 4})$$

Ou alternativamente, introduzindo pesos:

$$I = \sum_{i=1}^n \alpha_i I_i \quad (\text{Eq. 5})$$

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde: I é índice ambiental que se quer calcular; I<sub>i</sub> é o i-ésimo parâmetro; n é o número de parâmetros considerados; e α<sub>i</sub> é o peso relativo do i-ésimo parâmetro.

Dentre as funções de agregação não lineares, estas são as funções de agregação mais complexas. Podem ser expressa de forma genérica, como a raiz de uma soma de potências:

$$I = \left[ \sum_{i=1}^n (I_i)^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde: p é número positivo maior que 1

Em tais estruturas também podem ser introduzidos pesos α<sub>i</sub> ao i-ésimo parâmetro:

$$I = \left[ \sum_{i=1}^n \alpha_i (I_i)^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (\text{Eq. 8})$$

A partir desta fórmula genérica, com p = 2 e α<sub>i</sub> = 1/n, pode-se derivar a média quadrática simples:

$$I = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} (I_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Eq. 9})$$

Ainda, com p = -1 e α<sub>i</sub> = 1/n, pode-se derivar a média harmônica simples:

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{I_i}} \quad (\text{Eq. 10})$$

Lopes (2001) optou por utilizar esta fórmula, ao invés de outros métodos, porque leva em conta o equilíbrio entre os indicadores e as dimensões da sustentabilidade consideradas, registrando maiores índices aos sistemas mais equilibrados.

As formas aditivas, do ponto de vista matemático têm o problema de ambigüidade. Este problema, por exemplo, se fossem padronizadas as variáveis numa escala de 0 a 100, esta é definida como uma região onde a soma dos indicadores apresenta valor absoluto maior do que 100. Entretanto, introduzindo coeficientes de ponderação ou pesos apropriados pode ser minimizada a região ambígua. As funções não lineares, por exemplo, reduzem a região ambígua. Na medida em que o parâmetro P cresce, a região ambígua decresce (OTT, 1978; BOLLMANN e MARQUES, 2000).

Através da função linear aditiva ponderada, não há região ambígua, mas aparece um problema mais sério denominado *eclipsidade*. Este problema ocorre quando em condições de qualidade ambiental extremamente pobre, existe pelo menos uma variável poluente inaceitável, mas este fato não é refletido no índice global (OTT, 1978; OTT, 1978; BOLLMANN e MARQUES, 2000), mascarando, então, a expressão dessa variável de nível *pior*.

**Método baseado em formas multiplicativas** - Dentre estas formas, genericamente pode ser expressa como:

$$I = \prod_{i=1}^n (I_i)^{w_i} \quad (\text{Eq. 11})$$

$$\text{Sujeito a: } \sum_{i=1}^{N_j} w_i = 1 \quad (\text{Eq. 12})$$

A partir desta fórmula genérica, com  $w_i = 1/n$ , pode-se derivar a média geométrica simples:

$$I = \left( \prod_{i=1}^n I_i \right)^{\frac{1}{n}} \quad (\text{Eq. 13})$$

Nesta função de agregação, como em toda forma de multiplicação, o índice global resultante é zero se qualquer um das variáveis é zero. Esta propriedade elimina o problema da eclipsidade. Com efeito, se qualquer um das variáveis exibe uma qualidade ambiental pobre, o índice global resultante exibe também uma qualidade ambiental pobre. Quanto ao problema de ambigüidade, é eliminado quando,  $I = 0$  se somente se ao menos uma variável é zero (OTT, 1978).

**Método baseado na função de distância composta** - Em UNESCO (1987) tem sido proposto uma fórmula de agregação de indicadores, baseado no conceito da Distância Euclidiana, expressa genericamente como:

$$I_j = \left( \sum_{i=1}^{N_j} \alpha_{ij} S_{ij}^{P_j} \right)^{\frac{1}{P_j}} \quad (\text{Eq. 14})$$

Onde  $I_j$ : valor da distância composta (índice) para um grupo de indicadores de nível  $j$ ;

$N_j$ : número de elementos no grupo de indicadores de nível  $j$ ;

$I_{ij}$ : valor do índice básico ou composto  $i$  em um grupo (de indicadores básicos ou compostos) de nível  $j$ ;

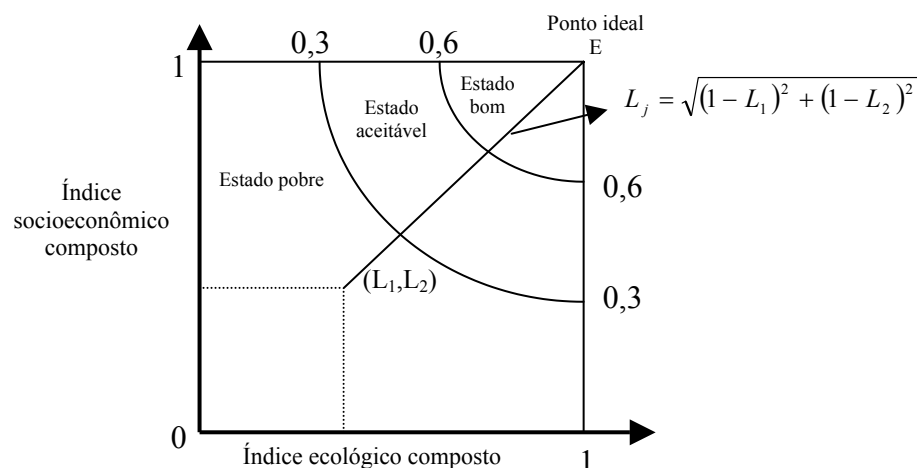
$P_j$ : fator de equilíbrio (ou desvio) para o grupo de indicadores de nível  $j$

$\alpha_{ij}$ : fator de ponderação (taxa de substituição)  $i$  em um grupo (de indicadores básicos ou compostos) de nível  $j$ ;

As taxas de substituição são estabelecidas de modo que  $\sum_{i=1}^{N_j} \alpha_i = 1$  (Eq. 15)

Os dois parâmetros  $P$  e  $\alpha$  servem como um esquema de dupla ponderação. O parâmetro  $\alpha$  expressa a importância relativa dos indicadores e o parâmetro  $P$  reflete a importância do máximo desvio.

Em particular, para  $P = 1$ , todos os desvios são igualmente ponderados e a equação se aproxima a uma função de agregação aditiva do tipo linear. Para  $P = 2$ , cada desvio é ponderado em proporção a sua magnitude e se aproxima a uma função de agregação aditiva não linear do tipo quadrática.



**Figura 4.11 Composição de um indicador sob duas dimensões**  
Fonte: UNESCO (1987)

Como mostra a Figura 4.11,  $L_j$  é a distância entre o ponto ideal, E, e o ponto correspondente ao estado atual de um sistema. Assim, quanto menor a distância, melhor o valor global do índice. Esta característica faz com que o método permita comparar o ponto de equilíbrio artificial atingido pelas medidas mitigadoras e compensatórias dos danos ambientais com o ponto ideal, E (BOLLMANN e MARQUES, 2000).

**Métodos não paramétricos** - Trata-se de uma aplicação dos procedimentos de Classificação Não-paramétrica de Kendal. Este método foi aplicado em 1974 por Harkins para analisar os dados de qualidade da água (OTT, 1978). Recentemente, este método foi aplicado no trabalho de Deus (2001) na construção de um índice para gerenciamento de serviços de limpeza urbana. Os passos metodológicos para a construção de índices aplicando este método estão descritos de forma didática em Ott (2001), Deus (2000).

**Método gráfico tipo radar** - Trata-se do cálculo da magnitude da área do polígono formado pela plotagem dos valores dos indicadores no gráfico tipo radar. Este método foi aplicado no trabalho de Calorio (1997) na construção de índices para análise de sustentabilidade em estabelecimentos agrícolas familiares. O autor apresenta o procedimento para a construção de índices de forma didática.

**Método de análise comparativa** - Bollmann e Marques (2000) tem proposto o nome de "análise comparativa" com a finalidade de englobar procedimentos muito usados na determinação de indicadores biológicos de qualidade ambiental baseados em listagens de organismos considerados indicadores, cuja presença e ausência (ou mesmo cujo padrão populacional) pode indicar o grau de perturbação observado no ambiente devido à poluição.

Dentro os métodos utilizados na análise multicritério, podem ser destacados os seguintes: A fórmula de agregação aditiva e programação de compromisso.

**A fórmula de agregação aditiva** - Esta técnica baseia-se na teoria de utilidades. É utilizada dentro das metodologias multicritério de apoio à decisão. A fórmula de agregação aditiva é dada pela equação abaixo (ENSSLIN *et al.*, 2001):

$$V_{(a)} = \sum_{i=1}^n w_i v_i(a) \quad (\text{Eq. 16})$$

$$\text{Sujeito a: } \sum_{i=1}^{N_j} \alpha_i = 1 \quad (\text{Eq. 17})$$

Onde:  $V(a)$  é o valor global da ação  $a$ ;  $v_i$  é o valor parcial da ação  $a$  no critério  $i$ ;  $w_i$  é o coeficiente de ponderação (taxa de substituição) dos critérios  $i$ ; e  $n$  é o número de critérios do modelo.

Em Schultz (2001) são discutidas as limitações do *Index of Watershed Indicators* (IWI) propostas pela *Environmental Protection Agency* (EPA). Em suma, essas limitações interferem com seus quatro propósitos de caracterização, comunicação, apoio à decisão e medição. Ele sugere o uso da *Multiattribute Utility Theory* (MAUT), sendo uma forma da função de agregação aditiva, que podem ajudar a resolver esses problemas. Não obstante, apesar das vantagens descritas por Schultz (2001) pelo uso da MAUT não se recomenda o uso dessas funções, como se argumenta a seguir.

Para usar esta fórmula, previamente, deve ser verificada a independência preferencial entre os critérios (ENSSLIN *et al.*, 2001). Isso significa que a fórmula de agregação aditiva não pode ser utilizada para agregação de indicadores, uma vez que, no âmbito sistêmico, via de regra, há interação e independência entre os indicadores

(MARZALL, 1999). Uma outra razão que limita o seu uso para agregar indicadores é que tem problemas de eclipse.

**Programação de compromisso** - Esta técnica baseia-se em uma noção geométrica do melhor. No método, são identificadas as soluções que estão mais perto da solução ideal, mediante o uso de uma medida de proximidade. Considera-se esta medida como sendo a distância que separa uma dada solução, da solução ideal (BRAGA e GOBETTI, 1997). Em suma, uma solução de compromisso fica definida operacionalmente por:

$$\min \left\{ L_s(x) = \left( \sum_{i=1}^n \alpha_i^s \left[ \frac{f_i^* - f_i(x)}{f_i^* - f_i^{**}} \right]^s \right)^{\frac{1}{s}} \right\} = L_s(x_s^*) \quad (\text{Eq. 18})$$

Onde:  $f_i^*$  representa os valores como sendo os melhores no conjunto finito dos  $f_i(x)$ ;  $f_i^{**}$  representa o vetor dos piores valores na matriz de avaliação; o parâmetro  $s$  se refere à importância que tem os desvios máximos; e o parâmetro  $\alpha_i$  se refere à importância relativa do critério  $i$ .

Este método, ao contrário da fórmula de agregação aditiva, não exige que os indicadores possam verificar a propriedade de isolabilidade, isto é, independência preferencial. Por outro lado, a escolha do valor de  $s$  reflete a importância que o decisor atribui aos desvios máximos. Estas duas características, por tanto, viabilizam sua aplicação como função de agregação de indicadores, uma vez que através dos parâmetros  $s$  e  $\alpha$  é possível modelar as interações e independência dos indicadores. Entretanto, por ser de natureza aditiva, este método está sujeito a problemas de eclipse.

#### 4.8 Considerações finais sobre a formulação de indicadores

Algumas teorias surgiram em um estágio de interface com outras áreas do conhecimento, por tanto, não puderam ser devidamente contempladas. Uma delas que é julgado fundamental tanto para a formulação de um sistema de indicadores quanto para sua aplicação é o "paradigma dado - informação- conhecimento – inteligência". (HARRIS e BATTY *apud* SOUZA, 1999). De acordo com Souza (1999), enquanto dado é convertido em informação por um processamento que lhe confere forma e coerência, processos científicos de generalização e causa e efeito convertem informação em

conhecimento. Ao aplicarmos a habilidade de utilizar o conhecimento de uma forma eficiente e de acordo com certos objetivos, estaremos transformando conhecimento em inteligência. A relação deste paradigma com a formulação de um sistema de indicadores reside em que um conjunto de dados não expressa informação, mas uma vez processados, segundo os valores e/ou objetivos, como o fazem na formulação dos indicadores, são transformados em informação. Em um estágio final, o produto da modelagem de um sistema de indicadores pode ser considerado como inteligência.

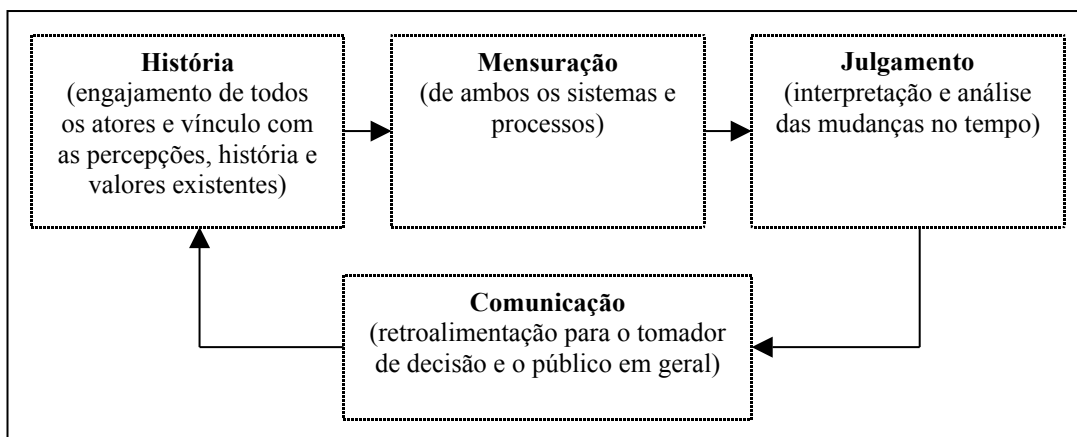
Uma outra teoria refere-se à teoria das capacitações, onde o desenvolvimento é visto como uma expansão de liberdades substantivas. Então, a abordagem da pobreza é concebida como privação de capacidades (que é intrinsecamente importante), ao invés da abordagem utilitarista da renda (que é importante apenas instrumentalmente). Assim, sustenta-se que a pobreza tem um caráter multidimensional (SEN, 1989, SEN, 2000, SEN, 2001). Nesta teoria, o sistema de indicadores ambientais – neste caso específico do sistema de recursos hídricos, podem ser inseridos como meios do maior objetivo de reduzir a pobreza.

Finalmente, as ferramentas empregadas para formulação dos indicadores, eventualmente, não se podem considerar excludentes, podendo ser complementares de acordo a suas afinidades e necessidade de empregá-los.

#### **4.9 Relação entre indicadores de sustentabilidade, sistema de apoio a decisão e gestão ambiental**

Sinteticamente, o conjunto de passos do processo de planejamento e gestão ambiental pode ser agrupado em três grandes fases (BURTON, 2001): fase de documentação fase de planejamento e fase de intervenção. O ponto de partida do processo é a caracterização do uso dos recursos naturais dentro da fase de documentação, como produto desta fase vem a constituir o diagnóstico, este por sua vez, é basicamente o insumo para o processo da fase de planejamento, que em seu turno são formulados os planos de ação, os quais, como produto do processo de planejamento e como insumo para o processo da fase de intervenção, são executados.





Construindo sobre forças do passado, presente e futuro

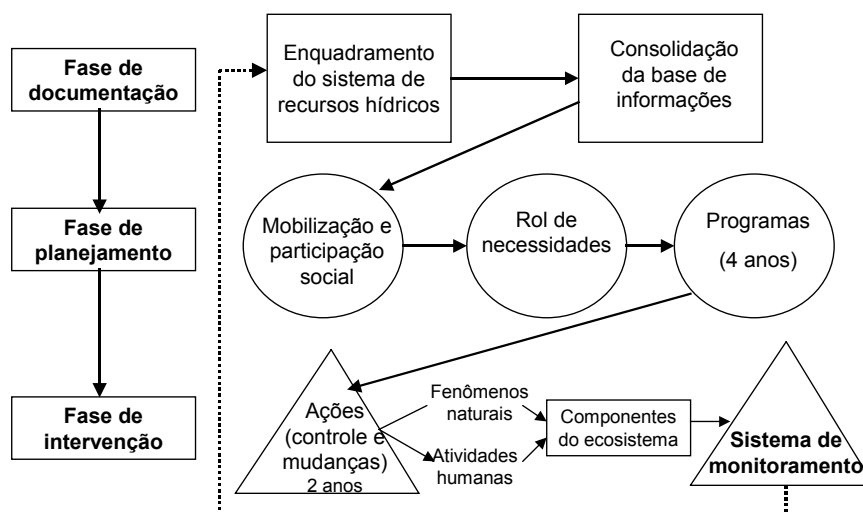
**Figura 4.12 Ciclo de medida do desempenho e avaliação do progresso**

Fonte: Hodge *et al.* (1999)

Encerrando o esquema do sistema de gestão ambiental, tem-se o monitoramento. Essa é a etapa responsável pela retroalimentação do processo de planejamento e gestão ambiental. Sobre o ponto, de acordo com Hodge *et al.* (1999) qualquer processo de mensuração e avaliação do progresso da sustentabilidade, na prática, usa o ciclo representado na Figura 4.12.

Adotando o processo de planejamento e gestão ambiental acima descrito, sob o que tem concebido, a princípio o Comitesinos, como processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos, é esquematizado o mesmo sinteticamente na Figura 4.13. Observa-se que a fase de documentação é caracterizada pelo enquadramento do sistema de recursos hídricos e pela consolidação de uma base de informações. Certamente, nesta fase houve ampla participação no processo de enquadramento dos recursos hídricos.

A próxima fase é de planejamento, esta fase é caracterizada pela mobilização e participação social na formulação de planos de ação (programas). Nesta fase, de acordo com Kohn (1994) ocorre um passo crucial centrado no processo de tomada de decisões acerca do desempenho dos projetos a serem implantados ou já implantados. Essas decisões podem levar: i) à revisão de projetos já operacionalizados, ii) à suspensão de projetos ambientais em andamento, e iii) ao desenvolvimento de novos projetos, segundo os quadros ambientais examinados.



**Figura 4.13 Esquema do processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos**  
 Fonte: elaboração a partir do Comitêsinos<sup>19</sup>.

Finalmente a fase de intervenção é caracterizada pelo acompanhamento aos planos de ação (que envolve ações de controle ou mitigadoras, bem como ações modificadoras) e/ou monitoramento de processos, de resultados e da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos. Esta tarefa permite uma constante atualização dos diagnósticos elaborados, uma vez que, quando for aplicado um determinado projeto, tanto por causa dos fenômenos naturais quanto pelas atividades humanas ocorrem mudanças nos componentes do sistema de recursos hídricos.

Para efetuar o monitoramento são reavaliados os indicadores do sistema de recursos hídricos para aprimorar os fenômenos ambientais de interesse. Esses indicadores, Segundo Kohn (1994), pelo fato de se constituírem em uma medida do desempenho dos fatores ambientais a que estão associados, são também indicadores da qualidade ambiental. Assim, o elenco de indicadores aferidos de meio biofísico e antrópico reflete, numericamente, em um intervalo de tempo, o cenário ambiental ocorrente. Esse cenário deve ser avaliado, no seu todo e ponto a ponto, a partir das previsões efetuadas para o cenário de sucessão, na fase da planificação ambiental. As evidências e tendências constatadas, junto com os parâmetros de avaliação disponíveis, permitirão aos gestores uma visão bastante ampla da transformação procedida e das decisões a serem tomadas.

<sup>19</sup> COMITESINOS. 2002. Reunião da Comissão Permanente de Assessoramento. São Leopoldo, 10 de julho de 2002.

#### 4.10 Resumo do capítulo

O Capítulo examina a importância dos indicadores e reconhece alguns conceitos metodológicos e ferramentas que vem sendo utilizado no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, visando neste caso específico de avaliar a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos. Os pontos chaves abordados neste Capítulo são os seguintes:

- Existem basicamente três etapas cruciais na formulação de indicadores: Como escolher as variáveis? Como tratar a incomensurabilidade? E como agrupar as informações? Na perspectiva construtivista, a primeira pode ser feita através da modelagem de mapas cognitivos. A segunda pode ser feita através da técnica do MACBETH advinda da análise multicritério. A terceira pode ser feita utilizando o modelo matemático: programação de compromisso, advinda da análise multicritério que leva em conta a hierarquia, interação e dependência entre os indicadores.
- Se for adotado o paradigma construtivista, bem como os vínculos conceituais da análise multicritério e dos indicadores, o estado atual do desenvolvimento de indicadores seria apropriado para consubstanciar decisões que requeiram um conhecimento da problemática ambiental. Logo, a partir dessa integração, seria superada uma das maiores dificuldades, salientada por Marzall (1999), em integrar os indicadores na perspectiva da teoria sistêmica e elaborar conjuntos de indicadores levando em conta a sua interdisciplinariedade.
- Os critérios de seleção variam de acordo com os usos e objetivos perseguidos, suas funções, sua escalas de análises e o tema em foco. Assim, não há um conjunto universal de critérios para a seleção de indicadores que igualmente são aplicados em todos os casos.
- Há necessidade de propor uma metodologia integrada no sentido de que possa atender as 5 principais funções dos indicadores: compreender o problema, resolução de conflitos, motivação, controle e apoio à decisão, ao longo do processo de construção dos indicadores. Acredita-se que adotando o paradigma construtivista e fazendo ligações teórico-conceituais dos indicadores com a análise multicritério é possível propor essa metodologia.

- Deveria deixar claro que não existem indicadores universais, mas sim cada sistema terá seu próprio conjunto de indicadores, visto que um sistema de indicadores capta a complexidade de um determinado sistema e não de outro. Além disso os indicadores são formulados com base em um conjunto de critérios que tem relação com o problema e/ou objetivo.
- As propostas de conceitos metodológicos e ferramentas empregadas para a formulação de indicadores é bastante recente, apresenta problemas conceituais e lacunas que ainda estão surgindo e está, portanto, longe, por enquanto, de permitir afirmações conclusivas (MARZALL, 1999).

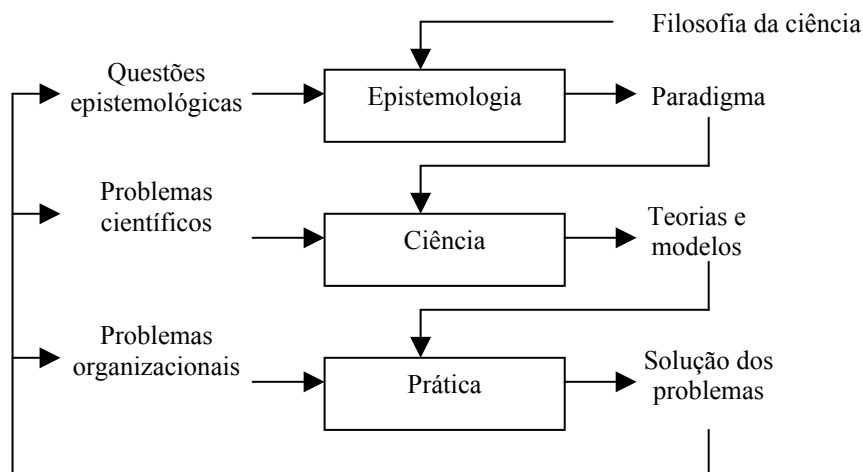
## **5 DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE MODELAGEM DE UM SISTEMA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - MISGERH**

### **5.1 Introdução**

Nos Capítulos 2, 3 e 4 foram apresentados os referenciais teóricos relativos à questão ambiental, sistema de apoio à decisão e indicadores de sustentabilidade, respectivamente. Os três temas podem ser vistos como conjuntos difusos, com elementos comuns, o que viria constituir este Capítulo. Nessa perspectiva com base nos referidos Capítulos, o objetivo deste Capítulo é mostrar como foi concebido um método de modelagem de um sistema de indicadores sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos (MISGERH), caracterizar o mesmo e mostrar as etapas que a constituem.

O método MISGERH foi concebido no esquema proposto por Van Gigch (1989). A Figura 5.1 mostra a relação hierárquica de níveis epistemológicos, com relação à Pesquisa Operacional, PO. Por adaptação, pode ser observado que o paradigma escolhido pelo pesquisador para desenvolver indicadores, através da ciência, influencia às teorias e modelos a serem adotados, estes por sua vez, através da prática, influenciam as soluções dos problemas.

Com relação ao paradigma assumido pelo trabalho, especificamente, nas Seções 3.4 e 3.6 são apresentados o paradigma e suas conseqüências. Quanto as teorias e modelos adotados, na verdade, em termos gerais englobariam o referencial teórico apresentados em três capítulos: Capítulo 2- relativo à questão ambiental, Capítulo 3 – referente ao sistema de apoio à decisão e Capítulo 4 - relativo ao desenvolvimento de indicadores. Em termos específicos é constituída pelo presente Capítulo que trata sobre o método proposto para desenvolver indicadores.



**Figura 5.1 A hierarquia de níveis epistemológicos**  
 Fonte: Adaptado de Van Gigch (1989)

Finalmente, no que diz respeito à prática para solucionar problemas, no Capítulo 6 é apresentada a metodologia de pesquisa e no Capítulo 7 é apresentada uma aplicação do método proposto, através de um estudo de caso: a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos.

## 5.2 Caracterização do método de desenvolvimento de um sistema de indicadores de sustentabilidade

O método MISGERH pode ser considerado como um dos produtos do presente trabalho. Numa visão construtivista, foi concebido, elaborado e aplicado para compreender e sensibilizar os atores do mesmo em relação à problemática dos recursos hídricos e ambiental. O método de avaliação da sustentabilidade de um sistema de recursos hídricos pode ser visto como um instrumento ou meio para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, este por sua vez, para contribuir ao alcance do objetivo maior almejado: melhoria do desempenho ambiental dos sistemas setoriais e o alcance da sustentabilidade plena do sistema de recursos hídricos.

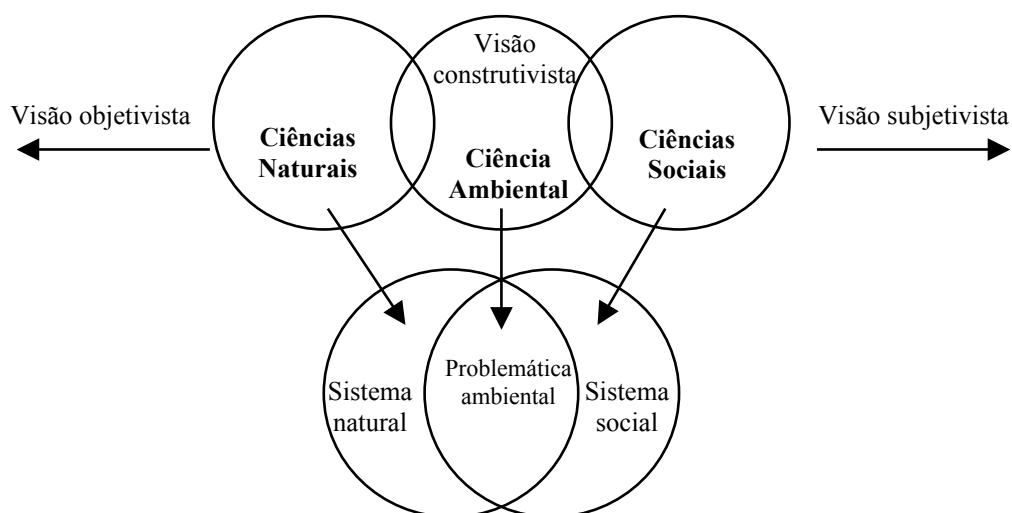
### Qual é a proposta básica do método MISGERH?

A proposta básica do método MISGERH é oferecer aos comitês de bacias e aos órgãos públicos ambientais um instrumento que permita obter, simultaneamente, como resultado, um sistema de indicadores de sustentabilidade e como processo, a participação dos atores sociais, visando ter maior conhecimento do problema e legitimidade do processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos numa bacia hidrográfica. Em

outras palavras, o método propõe desenvolver, com a participação dos atores sociais, um modelo multicritério para avaliar a sustentabilidade dos recursos hídricos. Como consequência disso, o método propõe, além de dar subsídios ao desenvolvimento de um sistema de informações sobre recursos hídricos, também propiciar uma reflexão, geração do saber e integração de conhecimentos nos atores envolvidos na problemática dos recursos hídricos e ambientais, para melhor compreender de tais problemas.

### 5.2.1 Que paradigma científico adota o método MISGERH?

Nos Capítulos 2, 3 e 4 foi eventualmente empregado o termo paradigma. Sobre este ponto, a palavra paradigma tem sido utilizada de forma ampla significando padrão ou modelo. A partir do trabalho de Kuhn a noção de paradigma passou a designar uma "constelação de princípios e práticas" (conceitos, valores, técnicas) partilhados e utilizados por um grupo de pesquisadores para definir e legitimar problemas e soluções<sup>20</sup>.



**Figura 5.2 Posicionamento da ciência ambiental com relação ao paradigma científico**

À luz da referida concepção de paradigma, nos mencionados textos revela-se que, historicamente, o sistema natural tem sido estudado pela ciência natural sob uma visão objetivista e o sistema social-humano tem sido estudado pela ciência social-humana sob uma visão subjetivista, em consequência disso, criou-se um vazio nas inter-relações entre ambas ciências. Logo, a configuração da ciência dominada pelo pensamento cartesiano - newtoniano tem influenciado nesse problema. Nesse contexto, referindo-se à ciência

<sup>20</sup> ALMEIDA, J. 2001. Apontamentos da Disciplina Sociedade e Natureza. Porto Alegre: Curso de Pós - Graduação em Desenvolvimento Rural, UFRGS.

ambiental que estuda problemática ambiental, há uma questão crucial: Com qual visão deve ser desenvolvida a ciência ambiental, de forma a considerar a efetuação humana sobre a efetuação natural e da efetuação natural sobre a efetuação humana? A Figura 5.2 mostra o posicionamento da ciência ambiental com relação ao paradigma científico. Nessa perspectiva, acredita-se que a visão construtivista é o mais adequado quando se deseja estudar a problemática ambiental, por conseguinte, fazer gestão ambiental – neste caso específico gestão dos recursos hídricos. Logo, o método de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade adota o paradigma construtivista.

De acordo com a concepção de paradigma, descrito acima, uma vez adotado o paradigma científico, este influi tanto a metodologia a ser proposta, quanto o uso prático do mesmo. Assim, a seguir serão apresentadas, sinteticamente, as bases científicas do método e a eficácia do método quando colocado em prática.

### **5.2.2 Quais são as bases científicas do método MISGERH?**

O método é concebido e fundamentado cientificamente em três referenciais teóricas: planejamento e gestão dos recursos hídricos, apoio à decisão e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade. O método busca aproveitar as vantagens potenciais de todas essas teorias e metodologias, através de uma integração de abordagens, técnicas e procedimentos peculiares a cada uma delas.

### **5.2.3 Que aspectos devem ser considerados na construção de indicadores?**

Seguindo o paradigma construtivista, na configuração dos indicadores são considerados os seguintes aspectos:

**Os valores e objetivos na configuração de indicadores** - Tweed e Jones (2000) presume que os indicadores de sustentabilidade podem ser desenvolvidos a partir de um debate, no qual os participantes oferecerão vários tipos de reivindicação de conhecimento, alguns baseados em premissas científicas, outros derivarão de teorias existentes e até mesmo de anedotas. Com efeito, os indicadores residem na interseção entre a ciência, política e os valores e objetivos públicos (SHIELDS *et al.*, 2002). Então, o desenvolvimento de indicadores pode ser entendido como um processo participativo, no qual não deve ser ignorado a sobreposição da ciência, política e os valores e objetivos públicos. Nesta perspectiva, de acordo com Domingues (2000), a definição dos



indicadores, embora tem sido abordada tecnicamente, é antes de tudo uma questão política, na medida em que a política fornece os instrumentos para a construção das bases estruturais, segura, para o desenvolvimento sustentável.

**Construção da problemática ambiental** - Um dos pressupostos do método é que para desenvolver indicadores de sustentabilidade deve-se estruturar a problemática ambiental, visando gerar conhecimento, refletir e compreender entre os atores com relação ao problema em foco. Nesta perspectiva, são construídos os mapas cognitivos que representam a visão dos atores sobre a problemática ambiental, uma vez que ela é construída pela participação entre os atores. E os mapas cognitivos são vistos como ferramentas para estruturação de sistemas de indicadores, pois contempla elementos, candidatos a indicadores de natureza diversa.

**O enfoque sistêmico** - A problemática ambiental é de natureza complexa, razão pela qual o seu estudo demanda um enfoque sistêmico, permitindo determinar os elementos de um sistema, suas relações, sua estrutura, sua função, sua condição e seu significado como todo. Permite adotar um entendimento ecológico, considerando o sistema como um fenômeno vivo, resultado da integração de seus componentes internos e seu relacionamento com o ambiente. Com este enfoque é construído o mapa cognitivo ou representação do problema, de caráter dinâmico no tempo, em busca de adaptação (MONTIBELLER, 2000) e exprime as inter-relações e interdependências dos elementos de natureza diversa, sendo os mesmos, candidatos a um sistema de indicadores.

**A abordagem interdisciplinar** - A problemática ambiental é o campo privilegiado das inter-relações sociedade e natureza, razão pela qual o seu estudo demanda uma abordagem interdisciplinar, que permita a integração das ciências da natureza e da sociedade (UNESCO, 1986). Com esta abordagem é construído o mapa cognitivo, onde, através da participação dos atores sociais locais e especialistas, gera-se conhecimentos, ocorrem reflexões, negociações e compreensão acerca do problema entre os atores sociais envolvidos. Assim o mapa cognitivo pode ser visto como um produto (documento) do processo da trans-disciplinariedade.

**O problema de escala** - Num território, em função da escala espacial, podem concorrer diferentes forças que dominam os processos. Estes podem ser do tipo físico/hidrográfico, econômico, político-administrativo e natural-ambiental. Assim,

diferentes escalas permitem observar diferentes aspectos de uma realidade (DOOGE, 1997). O método leva em conta este problema, tanto na construção do mapa cognitivo, quanto na construção dos indicadores. Nesta perspectiva, a problemática ambiental a ser construída pertence a uma bacia hidrográfica. Adicionalmente, na construção da problemática ambiental considera-se a dimensão temporal. O mapa cognitivo é produto da história das relações de uma comunidade com seu meio. Essa representação permite que os atores reinventem seus mundos, reforçando ou transformando os mundos de seus antecessores.

**Incomensurabilidade** - Incomensurabilidade significa que não há uma unidade comum de medida (MARTINEZ ALIER, 1995). Entretanto, o método, adotando a Metodologia Multicritério, inclui um sistema de indicadores de natureza diversa (objetivos e subjetivos) e avalia a sustentabilidade sobre diferentes escalas de valores, construídos de acordo ao sistema de valores dos atores envolvidos.

#### **5.2.4 Grandes questões em discussão com relação aos indicadores e o método proposto**

Seguindo com a caracterização do método proposto, nesta Seção será respondido com bases teóricas adotadas neste trabalho, às maiores questões em discussão no que diz respeito aos indicadores, levantadas por Spangenberg e Bonniot (1998).

##### **As maiores questões em nível macro são:**

- Qual é o máximo número de indicadores que podem ser simultaneamente aplicados, dada a complexidade do sistema econômico e social e os limites resultantes da capacidade para guiar?

A identificação dos indicadores e/ou definição começa com o processo de construção do problema em foco, com a participação dos atores sociais envolvidos nesse problema. O Comitê de Bacia contempla todos os atores sociais: os usuários da água, a população e os órgãos públicos. Este processo é feito através da construção dos mapas cognitivos, os quais permitem a modelagem de conceitos: candidatos a indicadores. Logo, numa etapa de construção de uma árvore de critérios, é definido o número de indicadores em diferentes níveis hierárquicos. Nessa perspectiva, o número máximo de indicadores a serem definidos depende principalmente do contexto do problema e da escala contemplada. Um mapa cognitivo *bem trabalhado*, ou seja, quanto maior é refletido,

analisado e *apurado* melhor representa o problema, em consequência, melhor permite enxergar os indicadores chaves do sistema.

No método proposto deve-se esclarecer se o número de indicadores é do sistema como um todo ou em cada nível hierárquico. As metodologias multicritério, recomendam aproximadamente definir uma família com no máximo 10 critérios fundamentais. Entretanto, na prática são aceitas até 12 critérios. Além disso, em níveis inferiores aos critérios fundamentais é aceito até mais do que dois subcritérios. Então, o número de indicadores básicos varia para cada critério fundamental, segundo o aspecto ou fenômeno em estudo. Na definição dos indicadores básicos até os indicadores de maior hierarquia (fundamentais) é importante observar as interações e dependências entre eles. Estas características são os que determinarão o número de indicadores hierárquicos razoavelmente aceitos, num sistema.

- Qual é o número mínimo de indicadores necessários para refletir as ameaças chaves corretamente da sustentabilidade, dada a complexidade do sistema econômico, social e ecológico?

Esta questão é o inverso da primeira questão, no sentido de que agora se precisa saber o número mínimo de indicadores. Logo a resposta a esta questão é a mesma o da primeira. Entretanto, pode-se acrescentar com o seguinte argumento: no método proposto contempla-se tanto a sustentabilidade como do fluxo de bens e serviços quanto a sustentabilidade como estoque dos recursos naturais –neste caso específico da água. Existe um grupo de indicadores que permitem refletir as ameaças com relação à sustentabilidade tanto a nível *local* ou setorial quanto a nível *global* do sistema de recursos hídricos.

- Será que esses indicadores são melhor obtidos por agregação de dados ou por raciocínio sistemático?

Seguindo o paradigma construtivista, com o enfoque sistêmico e interdisciplinar *democrático*, os indicadores são construídos.

Como foi dito, os mapas cognitivos permitem a modelagem de conceitos, candidatos a indicadores. Esta estrutura pode ser vista como um corpo de conceitos ou um modelo teórico que respalda a estrutura hierárquica do conjunto de indicadores do sistema. No processo de construção desta estrutura, os indicadores são identificados com base na

aprendizagem pela participação, através do raciocínio sistemático, considerando não apenas os aspectos objetivos, mas também os aspectos subjetivos. Nesta etapa não há preocupações com relação à existência ou disponibilidade de dados, mas sim há preocupações com o entendimento do problema e a partir daí poder enxergar os indicadores chaves que *realmente* captam a complexidade do sistema. Em uma outra etapa seguinte, quando previamente são associados os descritores e funções de valor a cada critério, utiliza-se um modelo matemático: programação de compromisso para agregar os indicadores segundo sua hierarquia (na arborescência de critérios). Este modelo matemático, utilizado na análise multicritério, leva em conta a interação e dependência entre os indicadores. Estas características podem ser modeladas através de dois parâmetros: o primeiro refere-se à importância que o decisor atribui aos desvios máximos; o segundo refere-se à importância relativa de um determinado critério.

- Quais então são os indicadores mais úteis para descrever o progresso para a sustentabilidade?

O conjunto de indicadores é útil, na medida em que eles são legítimos aos decisores. Com efeito, seguindo o paradigma construtivista, são desenvolvidos os indicadores com a participação dos atores sociais. Assim, o mapa cognitivo representa a visão dos atores sobre o problema em foco. Logo, o sistema de indicadores é legítimo aos atores- o Comitê de Bacias.

**As maiores questões em nível micro são:**

- Quais dos indicadores já usados pelas companhias são significativos para a sustentabilidade?

Na literatura nacional e internacional sobre indicadores existem inúmeros indicadores de natureza diversa. Com relação ao tema específico da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, os indicadores propostos são diferenciados caso por caso, eles têm um significado importante, desde que sejam bem documentados ou argumentados e sejam razoavelmente aceitos.

- Que combinações de indicadores disponíveis são um melhor conjunto para uma tomada de decisão estratégica?

Deve-se deixar claro que não existem indicadores universais, isto é, não há um conjunto de indicadores disponíveis e aplicáveis para todos os casos. Assim, um conjunto de indicadores capta a complexidade de um determinado sistema e não de outra. Isto porque as realidades dos sistemas são diferenciadas e o conjunto de indicadores propostos na literatura também são diferenciados de acordo com o problema em foco ou objetivo perseguido, além de serem empregados, para sua formulação, diferentes critérios metodológicos. Além disso, mesmo que o problema enfocado seja o mesmo, dois ou mais estudos sobre um determinado sistema não forneceriam os mesmos resultados, isto é, o conjunto de indicadores propostos, como produto desses estudos, seriam diferenciados, visto que o sistema de valores dos pesquisadores envolvidos nesses estudos são diferenciados. Entretanto, seguindo o paradigma construtivista, para obter um conjunto de indicadores razoavelmente aceitos pelos atores envolvidos e útil para uma tomada de decisão estratégica, exige-se uma ampla participação dos atores sociais no processo de formulação dos indicadores.

- Que vazios existem, e como eles são preenchidos, preferivelmente com dados já existentes?

Em alguns estudos sobre indicadores, colocam-se como critério de seleção ou requisito a existência de dados. Seguindo o paradigma construtivista, no processo de formulação de indicadores, não há preocupações com relação à existência ou disponibilidade de dados, mas sim há preocupações com o entendimento do problema e a partir daí poder enxergar os indicadores chaves que *realmente* captam a complexidade do sistema. Uma vez estruturado o problema e identificado indicadores chaves, são buscados os dados, estes podem ser de natureza qualitativa ou quantitativa. Normalmente, os dados qualitativos não são disponíveis quanto os dados quantitativos.

- Como um conjunto de indicadores de sustentabilidade deveria ser usado em tomadas de decisão em uma companhia?

Se for construído o sistema de indicadores segundo a metodologia proposta e adotando o paradigma construtivista, há uma grande probabilidade de ser empregado em dois níveis de tomadas de decisões: numa atuação setorial, onde principalmente os usuários da água, uma vez, avaliada a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, saberiam o que fazer para contribuir à sustentabilidade desse sistema; numa atuação dos

órgãos públicos, eles também saberiam o que fazer para contribuir à sustentabilidade dos sistemas de recursos hídricos. Isto porque, a modelagem do sistema de indicadores permite avaliar, a partir dos interesses privados, a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços; bem como, a partir dos interesses públicos, a sustentabilidade como estoque de recursos naturais-recursos hídricos.

- Ainda, Woodhouse *et al.* (2000) levanta a questão de quem escolhe e/ou identifica os indicadores e sob que bases?

Freqüentemente, em estudos sobre indicadores, baseados numa racionalidade objetiva, os pesquisadores externos (ao sistema) são os que determinam os indicadores. No método proposto é o contrário, onde, seguindo o paradigma construtivista, através da aprendizagem pela participação, com ajuda de um facilitador/pesquisador, é construído e/ou moldado o problema em foco, no qual são considerados os valores e/ou objetivos dos atores sociais. A partir desta modelagem, são determinados os indicadores chaves que captam a complexidade do sistema. Nesse processo, certamente são consultados aos especialistas, na medida em que crescem as necessidades de formular indicadores básicos ou específicos. Assim, há uma combinação entre os conhecimentos científicos e *não científicos* (no sentido em que não seguem normas).

### **5.3 Etapas para o desenvolvimento de indicadores**

As etapas para o desenvolvimento de indicadores baseiam-se no enfoque sistêmico e adotam a Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas (ENSSLIN *et al.*, 2001). Pode ser dividida em quatro grandes etapas: Identificação do Contexto do Problema, Estruturação do Problema, Estruturação do Modelo Multicritério e Avaliação das Ações Potenciais.

No Anexo A1 é apresentado em forma sintética o método MISGERH.

Ao compararmos os passos metodológicos para o desenvolvimento de indicadores, podemos entender que os mesmos são vinculados ao estudo do comportamento dinâmico dos sistemas complexos, constituído por três etapas fundamentais: análise do sistema, modelização e simulação. O Quadro 5.1 mostra sua relação com o desenvolvimento de indicadores.

**Quadro 5.1 Relação entre os passos metodológicos do estudo do comportamento dos sistemas complexos e do desenvolvimento de indicadores**

<b>Estudo do comportamento dinâmico dos sistemas complexos</b>	<b>Desenvolvimento de indicadores</b>
<b>Etapa 1 - Análise do sistema:</b> Define os limites do sistema, os elementos mais importantes, os tipos de interações, etc.	<b>Etapa 1 - Identificação do Contexto do Problema:</b> Define as ações disponíveis e a problemática de referência.
	<b>Etapa 2 - Estruturação do Problema:</b> Constrói-se o mapa cognitivo, analisa-se o mapa cognitivo e determina-se a família de pontos de vista, que comporão os indicadores.
<b>Etapa 2 - Modelização:</b> Define esquemas ou estruturas das relações determinadas na etapa de análise.	<b>Etapa 3 - Estruturação do Modelo Multicritério:</b> Estrutura-se uma árvore de pontos de vista, constrói-se descritores para cada ponto de vista, constroi-se funções de valor associado aos descritores, define-se taxas de substituição entre os pontos de vista.
<b>Etapa 3 - Simulação:</b> Estuda o comportamento do sistema no tempo, podendo observar a variação de diferentes elementos ao mesmo tempo.	<b>Etapa 4 - Avaliação das Ações Potenciais:</b> Avaliação local e global da performance das ações potenciais, análise de sensibilidade análise dos resultados do modelo e recomendações.

Conforme mostra o Quadro 5.1, cada uma das etapas têm objetivos e em função disso são subdivididas em atividades.

### **5.3.1 Etapa 1 - Identificação do Contexto do Problema**

Esta etapa adota os mesmos conceitos e seguem os mesmos procedimentos da Metodologia Multicritério. Uma síntese é apresentada no Anexo A1 e para maiores detalhes também podem ser consultados em Ensslin *et al.* (2001), Holz (1999).

### **5.3.2 Etapa 2 - Estruturação do Problema**

Esta etapa adota os mesmos conceitos e seguem os mesmos procedimentos da Metodologia Multicritério. Em forma sintética é apresentado no Anexo A1 e para maiores detalhes podem ser consultados em Ensslin *et al.* (2001), Holz (1999).

Adicionalmente, são empregados os conceitos de função de produção e o modelo FI-P-E-I-R.

**Funções de produção** - A função de produção é uma relação matemática, que descreve a maneira pela qual a qualidade e quantidade de um determinado produto obtido,

dependem da qualidade e da quantidade de determinados insumos usados, para uma dada tecnologia, por unidade de tempo (RAMOS, 1988; HOFFMANN *et al.*, 1992).

De acordo com Popp *et al.* (2001), para um objetivo, a produção em um dado período de tempo,  $t$ , de um determinado produto,  $Y_i$ , é função dos insumos manufaturados (construídos),  $x_{lit}$ , e insumos naturais. Assim, os insumos naturais provêm vários tipos de produtos e serviços, eles são mensurados pelo índice de qualidade do recurso,  $r_{qi}$ , associado a um dado objetivo  $i$ :

$$Y_{it} = f(x_{lit}, r_{qit}) \quad (\text{Eq. 19})$$

Em alguns casos, os produtos associados a um objetivo,  $Y_i$ , podem servir como um insumo dentro de outra produção,  $Y_j$ , associado a outro objetivo,  $j$ :

$$Y_{jt} = g(x_{ljt}, Y_{it}, r_{qjt}) \quad (\text{Eq. 20})$$

Substituindo a Eq. 19 na Eq. 20 para  $Y_i$ ,  $Y_j$  pode ser expressa alternativamente como:

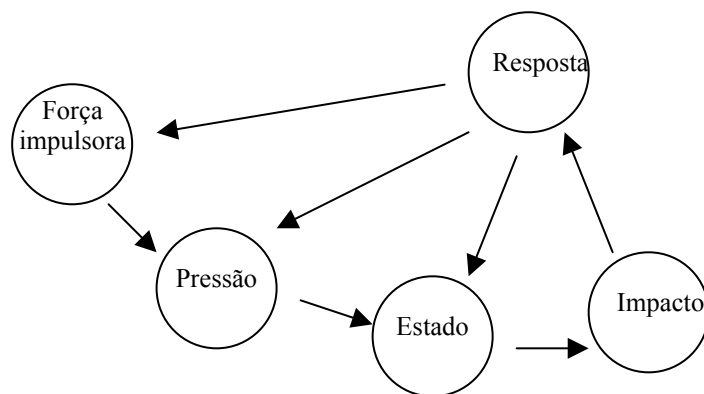
$$Y_{jt} = f(x_{ljt}, r_{qjt}, x_{lit}, r_{qit}) \quad (\text{Eq. 21})$$

A inter-relação dos fatores na Eq. 3 é uma primeira ilustração sobre porque tão poucos estudos tentam mostrar exemplos empíricos de sustentabilidade, quando um recurso gera múltiplos produtos. A qualidade do recurso para um produto pode inversamente ou diretamente ser correlacionado para contribuir a qualquer outro produto. Assim o insumo que favorece a um produto, pode afetar a outro produto.

**O modelo FI-P-E-I-R** - O modelo Força impulsora – Pressão – Estado – Impacto – Resposta (FI-P-E-I-R) fornece um mecanismo integral para a análise de problemas ambientais e permite construir relações de causa - efeito entre os vários sectores da atividade humana e o meio ambiente.

A Figura 5.3 mostra o modelo FI-P-E-I-R, onde, a Força impulsora representa as causas diretas e origem das pressões sobre o meio ambiente (esses fatores influem sobre uma gama de variáveis relevantes). A Pressão descreve as variáveis que diretamente causam ou podem causar problemas ambientais. O Estado mostra a condição do meio ambiente. O Impacto descreve o efeito último de mudanças de estado, em termos de danos causados, sobre a população, a economia e o ecossistema. A Resposta mostra o esforço da sociedade (por exemplo, políticas, gestão, tomadas de decisão) para resolver o problema.





**Figura 5.3 O modelo Força impulsora - Pressão – Estado – Impacto – Resposta**

Fonte: Giupponi *et al.* (2002)

Na ótica do contexto decisional, segundo Giupponi *et al.* (2002), o impacto representa a existência do problema. A resposta refere-se ao ato de decisão. A Força impulsora, pressão e estado são possíveis níveis de intervenção, onde, um tomador de decisão pode escolher uma delas ou combinação delas, como um concreto objeto para essa resposta. Não obstante, os níveis diferem em sua resposta. Por exemplo, na gestão dos recursos hídricos não será possível intervir sobre o sistema socioeconômico (Forças impulsoras), provavelmente terá que operar-se diretamente sobre a Pressão na ordem de mitigação do Impacto. Também se pode intervir sobre o estado, mas, enquanto esta ação termina, a situação pode retornar para sua anterior condição. Portanto, uma resposta necessita ser considerada em termos de efetividade para obter resultados positivos para todo o sistema socioeconômico e ambiental.

### 5.3.3 Etapa 3 - Estruturação do Modelo Multicritério

Nesta etapa, além dos conceitos e procedimentos adotados da Metodologia Multicritério são utilizados os seguintes conceitos:

**Propriedades do sistema de indicadores** - Em termos gerais, o sistema de indicadores deve capturar a complexidade do sistema: representar a estrutura, função e composição do sistema. Para tal, seguindo a Metodologia Multicritério, com exceção da propriedade de isolável, adota-se o resto das propriedades dos critérios: Mensurável, Compreensível, Essencial, Completo, Operacional, Controlável, Não redundante e Conciso. Maiores detalhamentos encontram-se em Ensslin *et al.* (2001).

Adicionalmente, para escolher os indicadores, pode ser levado em conta um conjunto de critérios na perspectiva ecológica, sugeridos por Dale e Beyeler (2001). Estes são os seguintes:

- **Ser mensurável facilmente:** A métrica do indicador deveria ser direta, de fácil entendimento, simples de aplicar e prover informação para os gestores e políticos relevantes, cientificamente razoáveis, facilmente documentados e a medição barata (custo-efetivo).
- **Ser sensível a tensões no sistema:** O indicador deveria responder a tensões colocadas no sistema por ações humanas e ter sensibilidade a variações naturais. Enquanto alguns indicadores podem responder a todas as mudanças dramáticas no sistema, o indicador mais útil é aquele que exhibe sensibilidade alta para uma particular mudança e, talvez, tensão sutil, servindo assim como um indicador da integridade do sistema reduzido.
- **Responder à tensão de maneira previsível:** A resposta do indicador deveria ser não ambígua e previsível, até mesmo se o indicador responde à tensão por uma mudança gradual. Idealmente, há algum nível de resposta de umbral ao qual a resposta observável acontece antes do nível de preocupação.
- **Ser antecipatório,** por exemplo, significa uma mudança iminente nas características-chaves do sistema ecológico: A mudança no indicador deveria ser mensurável antes de acontecer mudanças significativas na integridade do sistema ecológico.
- **Predizer mudanças que podem ser evitadas por ações da gestão:** O valor do indicador depende de sua relação com possíveis mudanças por ações de gestão. No entanto, efeitos frequentes de grandes perturbações servem como um exemplo de contador de mudanças que não podem ser evitadas por ações de gestão. Efeitos ecológicos de vulcões, grandes incêndios e furacões não podem ser preditos através de indicadores ecológicos nem podem ser intimidados.
- **Ser integrativo:** Uma família plena de indicadores provê uma medida da cobertura dos gradientes-chaves através dos sistemas ecológicos (por exemplo, gradientes por solos, tipos de vegetação, temperatura, espaço, tempo, etc.): a família de

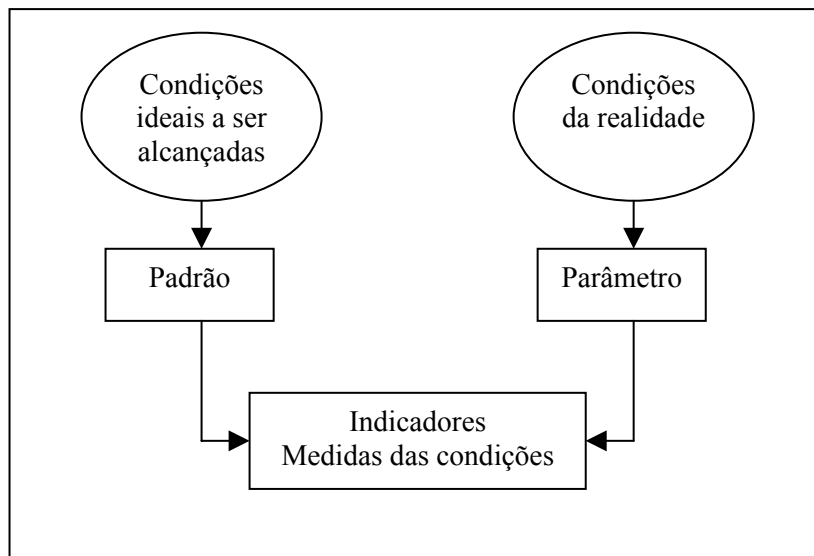
indicadores para um local deveria integrar através de gradientes ambientais chaves. Por exemplo, o indicador não singular é aplicável através de toda a escala espacial de preocupação.

- **Ter uma resposta conhecida a perturbações, pressões antropogênicas e mudança no tempo:** O indicador deveria ter uma reação bem-documentada a perturbações naturais e pressões antropogênicas no sistema. Este critério pertenceria a condições que têm sido estudadas extensivamente e tem um padrão claramente estabelecido de resposta.
- **Ter baixa variabilidade em resposta:** Indicadores que têm um alcance pequeno em resposta a tensões particulares permitem distinguir melhor a variabilidade.

**Relação entre padrão, parâmetro e indicadores** - De acordo com Kranhenhofer (2001), um padrão representa um conjunto de valores e/ou situações consideradas como ideais a serem alcançadas e o parâmetro representa os aspectos da realidade que são determinantes para que o padrão possa ser atingido. Essa realidade é descrita pelos indicadores, que evidência mudanças que ocorrem em um dado sistema, em função da ação humana.

A Figura 5.4 destaca a interação de dois caminhos para desenvolver os indicadores: a) estabelecer a situação desejável, isto é, os padrões e os indicadores para mensurá-los; b) identificar aspectos da realidade, isto é, os parâmetros e os indicadores para mensurá-los.

Para o autor acima, os indicadores são estabelecidos pelo padrão, de acordo com os valores e objetivos dos atores sociais e a partir da sua realidade (preocupação).



**Figura 5.4 Visualização gráfica da interação entre padrão, parâmetros e indicadores**

Fonte: Krahenhofer (2001)

#### 5.3.4 Etapa 4 - Avaliação das Ações Potenciais

Nesta etapa, além dos conceitos e procedimentos adotados da Metodologia Multicritério são utilizados os seguintes conceitos:

**A distância euclidiana como modelo matemático para agregação de indicadores** - Sob o conceito de sistema de indicadores ou critérios, entre os indicadores há interação e dependência. Então, a agregação dos critérios deve ser feita utilizando-se um modelo matemático que satisfaça essa condição. Para tal, no presente trabalho, adota-se o conceito da Distância Euclidiana, dada pela equação abaixo:

$$I_j = 100 - \frac{\left( \sum_{i=1}^{N_j} \alpha_{ij} (100 - I_{ij})^{P_j} \right)^{\frac{1}{P_j}}}{(N_j)^{\frac{1}{P_j}}} \quad (\text{Eq. 22})$$

Onde,  $I_j$ : valor do índice composto para um grupo de indicadores de nível  $j$ ;

$N_j$ : número de elementos no grupo de indicadores de nível  $j$ ;

$I_{ij}$ : valor do índice básico ou composto  $i$  em um grupo (de indicadores básicos ou compostos) de nível  $j$ ;

$P_j$ : fator de equilíbrio (ou desvio) para o grupo de indicadores de nível  $j$

$\alpha_{ij}$ : fator de ponderação (taxa de substituição)  $i$  em um grupo (de indicadores básicos ou compostos) de nível  $j$ ;

As taxas de substituição são estabelecidos de modo que  $\sum_{i=1}^{N_j} \alpha_i = 1$  (Eq. 23)

Esta fórmula também denominada função de distância composta (UNESCO, 1987) é genérica no sentido que é possível sua aplicação em qualquer nível de composição dos índices, sendo submetida às seguintes restrições: o valor parcial de uma ação fictícia com impacto no nível *melhor* é igual a 100 em todos os critérios; o valor parcial de uma ação com impacto no nível *pior* é igual a 0 em todos os critérios; o valor global de uma ação *melhor* com todos os impactos no nível "melhor é 100; e o valor global de uma ação *pior* com todos os impactos no nível *pior* é 0.

Os dois parâmetros  $P$  e  $\alpha$  servem como um esquema de dupla ponderação. O parâmetro  $\alpha$  expressa a importância relativa dos indicadores e o parâmetro  $P$  reflete a importância do máximo desvio.

Em particular, para  $P = 1$ , todos os desvios são igualmente ponderados e a equação se aproxima a uma função de agregação aditiva do tipo linear. Para  $P = 2$ , cada desvio é ponderado em proporção a sua magnitude e se aproxima a uma função de agregação aditiva não linear.

No presente trabalho pode-se adotar o parâmetro  $P = 2$ , uma vez que é reduzida razoavelmente a região ambígua.

Em termos gerais, de acordo com a árvore de critérios, a partir dos indicadores básicos, pode-se compor os indicadores hierarquicamente. Para tal, esses critérios, em cada nível hierárquico, podem ser vistos como objetivos. Assim, ao aplicar a Equação 21, um problema multiobjetivo geral com  $N$  objetivos será transformado para um problema com objetivo singular.

**Eco-eficiência**, segundo Simone e Popoff (1997),

é entendida como a combinação de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e proporcionem qualidade de vida, enquanto progressivamente reduzem o impacto ecológico e a intensidade de uso dos recursos através do ciclo de vida, para um nível pelo menos em consonância com a capacidade do planeta Terra.

Ainda, segundo os autores, para melhorar a Eco-eficiência, as organizações produtivas podem: reduzir a intensidade de uso de matérias primas de bens e serviços, reduzir a intensidade de energia de bens e serviços, reduzir a dispersão de substâncias tóxicas, aumentar a reciclabilidade de materiais, maximizar o uso sustentável de recursos renováveis, estender a durabilidade dos produtos e melhorar a intensidade de serviços de bens e serviços.

Do ponto de vista da sustentabilidade como fluxo de bens e serviços, este conceito é associado aos sistemas setoriais produtivos. Em termos matemáticos, a Eco-eficiência é expressa pela Equação a seguir:

$$Eco - eficiência = \frac{Valor\ do\ produto\ ou\ serviço}{Influência\ ambiental} \quad (Eq. 24)$$

O objetivo da Eco-eficiência é maximizar o valor do produto ou serviço, enquanto minimiza os impactos ambientais adversos, minimizando a utilização de recursos e minimizando as emissões de resíduos ao meio ambiente. Fazendo uma relação do conceito da Eco-eficiência com os conceitos de força impulsora, pressão, estado e resposta, o valor do produto ou serviço é representado pelos fatores força-impulsora, pressão e estado, enquanto a influência ambiental é representada pelo fator resposta. Assim, quanto melhor a força-impulsora, pressão e estado, maior o benefício pelo uso da água; e quanto maior a resposta melhor para o meio ambiente.

**Sensibilidade e resiliência** - Coughlan (1995) tem utilizado o conceito de sensibilidade e resiliência para classificar a reação do solo a seu uso. Adotando esses conceitos a um sistema de recursos hídricos, a sensibilidade pode ser mensurada como o grau para o qual o benefício (produção), pelo uso da água, muda através de processos naturais (acelerado pelas atividades humanas). A resiliência pode ser mensurada como a

capacidade do sistema de recursos hídricos para restaurar sua capacidade (de produção) quando aplicado de uma melhor gestão.

De acordo com os conceitos de sensibilidade e resiliência, os mesmos podem ser determinados em termos de índice ou coeficiente.

### Índices de sensibilidade e resiliência:

O índice de sensibilidade pode ser expresso por:

$$ISEN = \frac{\left( (100 - FI)^4 + (100 - P)^4 + (100 - E)^4 + (100 - I)^4 \right)^{\frac{1}{4}}}{(4)^{\frac{1}{4}}} \quad (\text{Eq. 25})$$

e o índice de resiliência pode ser expresso por:

$$IRES = 100 - \frac{\left( (100 - E)^3 + (100 - I)^3 + (100 - R)^3 \right)^{\frac{1}{3}}}{(3)^{\frac{1}{3}}} \quad (\text{Eq. 26})$$

Onde FI: fator de Força -Impulsora; P: fator Pressão; E: fator de Estado; e R: fator de Resposta. As taxas de substituição são estabelecidas empregando a Equação 23.

### Coefficiente de sensibilidade e resiliência:

O coeficiente de sensibilidade pode ser expresso por:

$$CSEN = \frac{100 - \frac{\left( (100 - FI)^2 + (100 - P)^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{2^{\frac{1}{2}}}}{100 - \frac{\left( (100 - E)^2 + (100 - I)^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{2^{\frac{1}{2}}}} \quad (\text{Eq. 27})$$

e o coeficiente de resiliência pode ser expresso por:

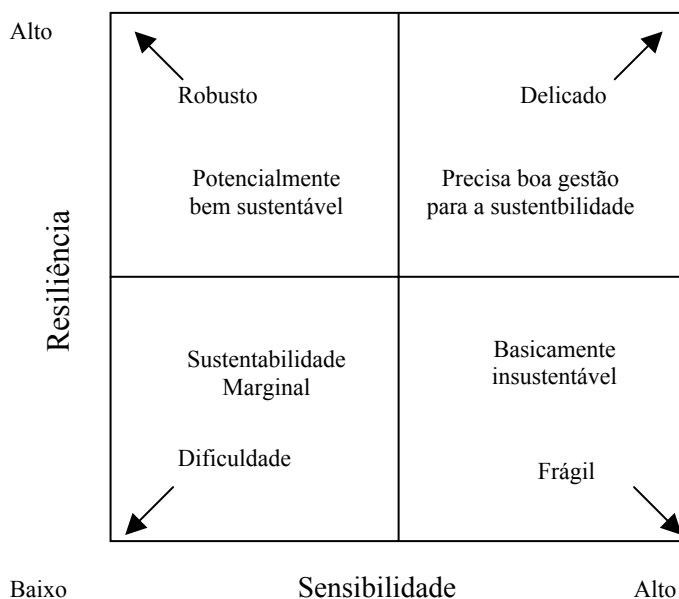
$$CRES = \frac{100 - \frac{\left( (100 - E)^2 + (100 - I)^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{2^{\frac{1}{2}}}}{R} \quad (\text{Eq. 28})$$

Onde FI: fator de Força -Impulsora; P: fator Pressão; E: fator de Estado; e R: fator de Resposta.

Na Equação 25 e 26 os fatores de Força -Impulsora e Pressão representam o benefício e os fatores de Estado e Impacto representam a intensidade de uso da água. Assim, quanto maior a Força- Impulsora e a Pressão, maior o benefício pelo uso da água; e quanto maior o impacto e pior o Estado da qualidade da água, maior o uso da água.

Na Equação 27 e 28 os fatores de Estado e Impacto representam a intensidade de uso da água e o fator de Resposta representa a gestão dos recursos hídricos. Assim, quanto maior o impacto e pior o estado da qualidade da água, maior o uso da água; e quanto maior a resposta, melhor a gestão dos recursos hídricos.

Uma vez determinada a sensibilidade e a resiliência em termos de coeficiente ou índice, pode ser caracterizado o sistema de recursos hídricos, de acordo com a Figura 5.5 a seguir.



**Figura 5.5** Categorias do potencial de sustentabilidade do sistema

Fonte: Blaikie e Brookfield (1987)



## 5.4 Resumo do capítulo

Durante este Capítulo, com base no referencial teórico (Cap. 2, 3 e 4) foi caracterizado o método MISGERH, foram apresentadas as etapas constituintes dessa método, bem como detalhadas suas principais atividades. Podem ser salientados os seguintes pontos:

- Como declarado no início do trabalho e em especial neste Capítulo, o método proposto adota o paradigma construtivista que está embasado sob três convicções: da inseparabilidade do aspecto objetivo e subjetivo, da aprendizagem pela participação e do construtivismo.
- O método proposto adota os passos metodológicos da metodologia multicritério de apoio à decisão. Este fato, principalmente utilizando os mapas cognitivos, permite fazer uma modelagem de um sistema de indicadores, onde é possível analisar as hierarquias, interações e interdependências entre os indicadores.
- Basicamente, duas diferenças podem ser destacadas do método proposto com relação à metodologia multicritério de apoio à decisão: na fase de formulação dos indicadores além de serem utilizadas os procedimentos da análise multicritério, são utilizados conceitos e teorias próprias da literatura sobre indicadores. Uma outra diferença é que na fase de avaliação, para agregação das informações é empregado um modelo matemático baseado em programação de compromisso, o que permite analisar a sustentabilidade dos sistema de recursos hídricos, utilizando conceitos de eco- eficiência, sensibilidade e resiliência.
- O método pode ser aplicado não apenas para desenvolver indicadores de sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, mas também pode ser empregado em outro tipo de sistema.

## 6 METODOLOGIA

### 6.1 Introdução

No Capítulo 1, Introdução, foi estabelecido alguns pressupostos teóricos e os objetivos do estudo. No Capítulo 5 foi descrito o método para desenvolver indicadores de sustentabilidade, com base no quadro teórico ou sistema conceitual estabelecido nos Capítulos 2, 3 e 4. Neste capítulo essas preocupações essencialmente lógicas e teóricas cedem lugar aos problemas mais práticos de verificação empírica (GIL, 1999) e das operações necessárias, como coleta de evidências e sua análise, etc., para alcançar os objetivos do estudo. Assim, em termos gerais, descreve-se como será executado a presente pesquisa, considerando os seguintes aspectos: o delineamento da pesquisa e o plano operativo da pesquisa.

### 6.2 Delineamento da pesquisa

Com o delineamento da pesquisa será caracterizado a pesquisa e descrito o desenho metodológico a ser adotado, através dos seguintes elementos: classificação da pesquisa, estratégia de pesquisa, o método de pesquisa, e as técnicas e procedimentos de pesquisa.

#### 6.2.1 Classificação da pesquisa

As pesquisas podem ser classificadas segundo inúmeros critérios. A presente pesquisa apenas será enquadrada sob os seguintes critérios: nível de pesquisa, tipo de pesquisa, conteúdo de informação e natureza.

**Do ponto de vista do nível de pesquisa** ou objetivos, Gil (1999) tem identificado três níveis de pesquisas: exploratória, descritiva e explicativa. Em termos gerais, o presente estudo é do nível exploratório e descritivo, pelas razões seguintes: a) tem a principal finalidade de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias no processo de formulação e estruturação de problemas mais precisos, como é a realidade concreta da

Bacia dos Sinos; b) proporciona visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato, como a problemática ambiental e dos recursos hídricos; c) constitui a primeira etapa de uma investigação mais ampla, de modo que o produto final deste processo passa a ser um problema estruturado mais esclarecido, passível de investigação mediante procedimentos mais sistematizados de natureza quantitativa e qualitativa; d) enfatiza a descrição das características dos fenômenos ou estabelecimento de relações entre variáveis ou dados qualitativos, além de determinar a natureza dessa relação; e) aprimora levantar as opiniões, atitudes e crenças dos atores envolvidos na problemática ambiental e dos recursos hídricos.

**Em relação ao tipo de pesquisa**, Koche (1998), levando em conta o "procedimento geral que é utilizado na forma de investigar o problema", identifica três tipos de pesquisas: bibliográfica, descritiva e experimental. Nesta perspectiva, o presente estudo é predominantemente do tipo descritivo, mas transita para o experimental. Vamos ver porque. De acordo com Koche (1998), nas pesquisas descritivas, são estudados os fenômenos socio-ambientais, sem manipulá-los, localizando situações existentes, espontâneos, no seu *ambiente natural* do sistema, constatando e avaliando o tipo da relação entre variáveis ou dados qualitativos. Ou seja, o observador atua passivamente, mas na presente pesquisa o observador não é apenas um observador passivo, ele assume funções que podem variar de interações sociais com o Comitê de Bacia a atividades funcionais dentro o Comitê de Bacia.

Deve-se explicitar também que o presente estudo, envolve a pesquisa bibliográfica, na qual, através de exercícios lógicos de análise e síntese, elabora-se, sistematiza-se conceitos e teorias que permeiam diferentes áreas de conhecimentos, através de livros, artigos de periódicos, relatórios de consultoria, etc.

No campo das ciências sociais se distinguem dois tipos de pesquisas, **segundo o conteúdo de informação** (BARRIENTOS, 1999): quantitativas e qualitativas. Nesta perspectiva, o presente estudo representa uma pesquisa quali-quantitativa.

Segundo Chizzotti (1995), a abordagem qualitativa parte do fundamento de que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, uma interdependência viva entre o sujeito e o objeto, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito. O conhecimento não se reduz a um rol de dados isolados, conectados por uma

teoria explicativa; o sujeito - observador é parte integrante do processo de conhecimento e interpreta os fenômenos, atribuindo-lhes um significado. O objeto não é um dado inerte e neutro; está possuído de significados e relações que sujeitos concretos criam em suas ações.

**Quanto à natureza da pesquisa**, o presente estudo pode ser classificado, como pesquisa aplicada, devido a que (a) está orientada para servir de apoio ao planejamento e gestão dos recursos hídricos conseqüentemente e, (b) além de envolver verdades e interesses locais "objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática em soluções de problemas específicos" e imediatos (SILVA e MENEZES, 2000).

### 6.2.2 Estratégia de pesquisa

Uma estratégia abrangente de pesquisa, possui um *desenho de pesquisa* ou um plano de ação, isto é, "uma seqüência lógica que conecta os dados empíricos às questões de pesquisa iniciais de estudo e, em última análise às suas conclusões" (YIN, 2001).

A estratégia de pesquisa pode ser identificada com base no circunflexo de McGrath (1982) *apud* Montibeller (2000), o qual é um esquema de representação dos diversos tipos de estratégias de pesquisa (Figura 6.1). Neste diagrama, este estudo, enquadra-se à estratégia de pesquisa do Tipo 1, transitando do Estudo de Campo para Experimento de Campo, pelas razões seguintes: a) tem maior preocupação com o realismo do contexto onde o comportamento é observado na prática, em detrimento à precisão de medição do comportamento do sistema (que acontece em experiências de laboratório); b) estuda-se o comportamento particular do sistema, em detrimento da generalização à população (que ocorre nas pesquisas amostrais), pois a modelagem será inspirada num estudo de caso.

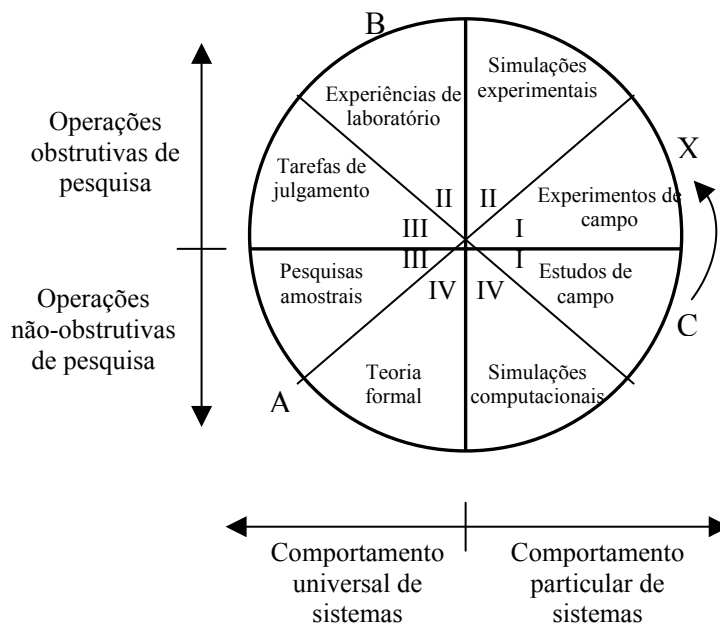
O Estudo de campo difere do Experimento de Campo porque no primeiro não há operações obstrutivas ou interferência do pesquisador na pesquisa, ao passo que no segundo existem operações obstrutivas de pesquisa, havendo influência do pesquisador.

Yin (2001) propõe o Estudo de Caso como estratégia de pesquisa, o qual se caracteriza tecnicamente por ser:

uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos

e por enfrentar

uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos dados, e, como resultado, baseia-se em várias fontes de evidência, com os dados precisando convergir em um formato de triângulo, e, como outro resultado, beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados.



#### Tipos de ambientação do experimento

- I. Ocorre no ambiente natural do sistema
- II. Ambiente controlado e criado artificialmente
- III. Comportamento do sistema não depende do ambiente
- IV. Não requer observação do comportamento do sistema

#### Objetivos da pesquisa

- A. Ponto de máxima preocupação com a generalização à população
- B. Ponto de máxima preocupação com a precisão de medição do comportamento
- C. Ponto de máxima preocupação com o realismo do contexto

### Figura 6.1 Estratégias de pesquisa

Fonte: McGrath (1982) *apud* Montibeller (2000)

Para o autor, o Estudo de Caso se configura sob três condições: a) na forma da questão de pesquisa proposta, salientam apenas as questões *como?* E, *por que?* b) não exige controle sobre os eventos comportamentais e c) focaliza acontecimentos contemporâneos.

Ainda, para o autor, em termos gerais, a diferença entre o Experimento e o Estudo de Caso como estratégia de pesquisa reside no controle sobre eventos comportamentais o que sim é exigido no Experimento e, pelo contrário, não é exigido no Estudo de Caso. Uma outra diferença entre ambas estratégias consiste em que "um experimento deliberadamente separa um fenômeno de seu contexto, de forma que se possa dedicar

alguma atenção apenas algumas variáveis", enquanto num Estudo de Caso, "os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos". Ora, levando em conta essas considerações, no circunflexo de McGrath (1982) *apud* Montibeller (2000), o Estudo de Caso se aproxima ou equivaleria ao Estudo de Campo.

Em conseqüência, levando em conta o circunflexo de McGrath (1982) *apud* Montibeller (2000) e a proposta de Yin (2001), a presente pesquisa adota (ou transita sob) duas estratégias de pesquisa: "Estudo de Campo" ou "Estudo de Caso" e "Experimento de Campo". Em síntese pode ser denominado "Experimento em Estudo de Caso". Até esse ponto, as várias estratégias não são mutuamente exclusivas (YIN, 2001). Porque, a fase de pesquisa de campo deste estudo (Quadro 6.2), por ser um "Estudo de campo", ocorreu no ambiente natural do sistema e por ser "Experimento de campo", preferencialmente, houve operações obstrutivas de pesquisa ou se exigiu controle sobre eventos comportamentais, uma vez que houve maior envolvimento do pesquisador sobre a problemática dos recursos hídricos, intensificando-se a sua interação com o Comitêsinos.

### 6.2.3 Método de pesquisa

À luz das características mencionadas na Seção anterior este estudo vale-se de algum método de pesquisa oriunda das Ciências Sociais, isto é, um modelo de Pesquisa Participante<sup>21</sup>. A mesma, em termos gerais, é considerada como um "método alternativo de produção de conhecimentos coletivamente para a transformação da realidade" (BARRIENTOS, 1999).

Não é objetivo deste Capítulo discutir sobre os estilos de investigação participativa, apenas pode-se destacar, sinteticamente, que estes têm surgido na medida em que foram feitas inúmeras críticas de caráter epistemológico ao modelo clássico de pesquisa dominante, denominado "modelo positivista de ciência" (SILVA, 1991; BRANDÃO, 1990), sendo este, basicamente, um produto de uma adequação às Ciências Sociais do método científico utilizado nas Ciências Naturais.

---

<sup>21</sup> Utiliza-se o termo pesquisa participante como uma denominação genérica de estilos de processos participativos numa pesquisa, estes são: "pesquisa participativa", "investigação-alternativa", "pesquisa-ação", "observação participante", "investigação militante", "estudo-ação", "pesquisa-confronto", "auto-senso", pesquisa-popular", etc. (SILVA, 1991; BRANDÃO, 1990).

Além disso, os estilos de investigação participativa são explicados em função de pressupostos que norteiam o conceito de ciência e prática científica, em geral, e da ação educativa em particular. Suas principais características são sintetizadas em três pontos centrais: a) ação política explícita, b) superação da dicotomia sujeito - objeto no processo investigativo, isto é, há interação entre os sujeitos pesquisador e o povo ou grupo de pessoas da população, e c) vinculação teoria-prática (GAJARO, 1984 *apud* SILVA, 1991; BARRIENTOS, 1999).

Numa abordagem construtivista, em termos específicos, o método de pesquisa indicado é a Pesquisa-Ação, sendo o mesmo um tipo de Pesquisa Participante. O método de Pesquisa-Ação tem sido alvo de críticas, diante das quais Montibeller (2000) tem formado um posicionamento sólido, com base no paradigma científico: construtivista, onde, o autor elaborou argumentos que podem ser apropriados para toda pesquisa que venha adotar o paradigma construtivista no âmbito da ciência do apoio à decisão.

O presente estudo não adota o método de Pesquisa-Ação, porque não cumpre rigorosamente com as fases seqüenciais da Pesquisa-Ação proposta por Thiollent (1997), uma vez que o Comitesinos teve uma agenda comprometida e possui vários atores, sendo necessário tempo suficiente para seguir com as referidas fases. Além disso, a prática efetiva da abordagem construtivista através do método de Pesquisa-Ação passa por uma mudança de pensamento e prévia preparação do Comitesinos.

No entanto, o presente estudo, no âmbito da estratégia de pesquisa do Estudo de Caso, adotou o método de pesquisa: Observação participante. Este tipo de observação tem seu lugar, quando o pesquisador se envolve com o grupo observado (ou fica tão próximo quanto um membro do grupo) e participa em suas atividades normais mais ou menos intensamente (MANN, 1995; SIERRA BRAVO, 1999). Ainda, a Observação participante, como um tipo de pesquisa qualitativa, pretende penetrar e compreender o sentido íntimo de um fenômeno ou realidade social, mais além de seus aspectos externos e quantitativos (SIERRA BRAVO, 1999).

Desta maneira, o pesquisador tem conduzido este estudo como um processo dinâmico, participativo, interativo e interpretativo, não tendo uma posição passiva, neutra e descritiva. Maiores detalhamentos da prática deste método, utilizado neste trabalho como uma técnica de coleta de dados, será descrito mais adiante.

#### **6.2.4 Componentes do desenho de pesquisa do Estudo de Caso:**

O desenho de pesquisa do Estudo de Caso, possui cinco componentes (YIN, 2001): as questões de um estudo; suas proposições, se houver; sua(s) unidade(s) de análise; a lógica que une os dados às proposições e; os critérios para se interpretar as descobertas. Os três primeiros, referem-se à quais os dados que devem ser coletados e os dois últimos, referem-se a o que deve ser feito após os dados terem sido coletados.

##### **As questões do estudo:**

Como foi mencionado no Capítulo 1, o presente estudo, possui uma pergunta chave, relacionada ao objetivo geral: como avaliar a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, por exemplo, o caso da Bacia dos Sinos? A partir dela, desdobrando-a, foram identificadas, basicamente, quatro perguntas, sendo descritas na Seção 1 - Introdução.

##### **As proposições do estudo:**

As proposições do estudo são mencionados no Capítulo 1. Os mesmos foram construídas, através de um exercício lógico, com base em três elementos: formulação do problema de pesquisa, mencionados no Capítulo 1; formulação dos objetivos, mencionados também no Capítulo 1; e o marco teórico, mencionados nos Capítulos 2, 3 e 4.

Logo, visando responder ao problema de pesquisa proposto, a partir das proposições do estudo e levando em conta os referidos três elementos que serviram como bases para sua construção, foram identificados alguns eixos de estudo como balizadores da pesquisa de campo, denominados parâmetros de pesquisa. O Quadro 6.1 sintetiza os vínculos dos objetivos específicos (com relação à pesquisa de campo) com seus parâmetros de pesquisa e as suas fontes de evidências, consideradas no desenvolvimento da pesquisa.

##### **A unidade de análise:**

Como foi descrito no Capítulo 1, o contexto da problemática ambiental e dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas são diferenciados, caso por caso. Assim, a problemática da sustentabilidade da Bacia dos Sinos com seu respectivo Comitês, são



constitui uma unidade de análise. O mesmo, então, possui um desenho de pesquisa do "tipo 1" (YIN, 2001), sendo estudo de um caso e holístico.

### Quadro 6.1 Relação dos objetivos com parâmetros de pesquisa, com os resultados e com a fonte de evidências

Objetivos	Parâmetros de pesquisa	Resultados	Fonte de evidência
1) Estruturar a problemática ambiental considerando todos os aspectos relevantes que envolve o paradigma do desenvolvimento sustentável.	Caracterizar a Bacia dos Sinos Estruturar o mapa cognitivo congregado; Verificar, segundo a visão do Comitê de Bacias, qual o nível de abrangência sobre a questão ambiental.	1a) Gerado elementos primários; 1b) Formulado os conceitos; 1c) Construídos 12 mapas cognitivos simples (um por setor); 1d) Construído um mapa cognitivo congregado.	Análise de documentos; Entrevistas; Observação participante; Referencial teórico.
2) Analisar as relações de influência do elemento água e suas interfaces.	Analisar o mapa cognitivo congregado; Verificar a compatibilidade do enquadramento dos recursos hídricos com o mapa cognitivo; Identificar <i>Clusters</i> na perspectiva dos objetivos privados e dos interesses públicos.	2a) Enquadramento de mapas cognitivos; 2b) Definido as áreas de interesse ( <i>Clusters</i> ); 2c) Analisado os mapas cognitivos.	Observação participante; Entrevistas; Referencial teórico.
3) Identificar e construir indicadores, de natureza subjetiva/qualitativa e objetiva/quantitativa.	Identificar famílias de indicadores para avaliar a sustentabilidade; Construir descritores em cada critério/indicador; Verificar a dependência entre os indicadores.	3a) Construído três arborescências de indicadores na dimensão econômica social e ambiental; 3b) Operacionalizado a família de indicadores/critérios.	Observação participante; Entrevistas; Referencial teórico.
4) Mostrar a aplicação do método de avaliação da sustentabilidade.	Avaliar a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos com dados hipotéticos.	4a) Avaliada hipoteticamente a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.	Referencial teórico e dados hipotéticos.

### A ligação lógica dos dados com as proposições de estudo:

Como foi mencionada na Introdução deste Capítulo, a parte empírica deste estudo consistiu da verificação de evidências no âmbito da problemática dos recursos hídricos, bem como da aferição do método MISGERH, aplicando-o no âmbito do Comitesinos. Na fase de pesquisa de campo, a intervenção prática foi, predominantemente, através da Observação participante. Além disso, utilizaram-se múltiplas fontes de evidência para esta aferição, em conseqüência, para responder aos objetivos do estudo. Entre as principais técnicas de coleta de dados empregados foram: "Análise de documentos", "Observação direta simples" e "Entrevista" (SIERRA BRAVO, 1999). Certamente todas elas convergiram em relação ao mesmo conjunto de fatos, por tratar-se de um estudo de caso (YIN, 2001). Deve-se salientar, no entanto, que o referencial teórico constitui-se a base fundamental para a construção do estudo, isto é, na ligação lógica dos dados com as proposições do estudo e com suas conclusões.

Quanto à **Análise de documentos**, neste trabalho foram consultados e analisados os materiais produzidos pelo Comitesinos, Prefeituras Municipais, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), Fundação de Planejamento

Metropolitano e Regional (METROPLAN), Programa para o Desenvolvimento Ecologicamente Sustentável e Socialmente Justo da Região Hidrográfica do Guaíba (PRÓ-GUAÍBA), além de outros documentos produzidos pelas universidades e empresas consultoras, as quais estão devidamente citadas ao longo do texto e na Seção de Bibliografia.

Quanto à **Observação participante**, o pesquisador deste trabalho incorporando-se nas reuniões do Comitesinos, nas reuniões da Comissão Permanente de Assessoramento, nas visitas de campo independentemente ou acompanhando às diferentes atividades que vêm realizando o Comitesinos, principalmente relacionados com a educação ambiental. Nestes espaços, o pesquisador além de fazer uma observação direta e simples, participou ativamente em interação com o grupo de estudo.

Com relação à **Entrevista**, neste trabalho, objetivando determinar o que os atores sociais pensam, sentem e acreditam, foram realizados depoimentos, entrevistas focadas às categorias do Comitesino, bem como entrevistas a especialistas, funcionários de instituições públicas relacionadas com a temática ambiental.

Devido a que observar e participar exige grande esforço cognitivo, as intervenções foram gravadas, além de ser elaborado um diário de anotações ao longo do trabalho de campo, com comentários e observações do pesquisador sobre a intervenção. Além disso, foram tiradas fotografias do local de estudo, apresentando características importantes do mesmo.

### **Os critérios para se interpretar as descobertas:**

Yin (2001) defende que há necessidade de uma estratégia geral para análise das evidências.

O objetivo final disso é tratar as evidências de uma maneira justa, produzir conclusões analíticas irrefutáveis e eliminar interpretações alternativas. O papel da estratégia geral é ajudar o pesquisador a escolher entre as diferentes técnicas e concluir, com sucesso, a fase analítica da pesquisa.

Neste estudo, a estratégia analítica geral adotada é "baseando-se em proposições teóricas" (YIN, 2001). Tal estratégia consiste em seguir as proposições teóricas que levaram ao estudo de caso. Os mesmos, "dariam forma ao plano da coleta de dados e, por conseguinte, estabeleceriam a prioridade às técnicas analíticas relevantes" (YIN, 2001).

Como estratégia analítica específica, utilizou-se a lógica de "adequação ao padrão" (YIN, 2001). "Essa lógica compara um padrão fundamentalmente empírico com outro de base prognóstica (ou com várias outras previsões alternativas). Se os padrões coincidirem, os resultados podem ajudar o estudo de caso a reforçar sua validade interna" Yin (2001). Nesse intuito, na presente pesquisa, comparou-se os dados coletados com o referencial teórico do estudo, dando-se resposta ao problema de pesquisa. Portanto, deve-se comentar que o referencial teórico constituiu com uma base para balizar o estudo de caso e de suas respectivas conclusões.

Finalmente, deve-se esclarecer que tanto a operação de coleta de dados como sua análise são feitas de maneira recursiva ou mesmo simultânea, pois, trata-se, basicamente, de um processo construtivo, através da interação social, sobre uma realidade concreta: problemática de sustentabilidade dos recursos hídricos da Bacia dos Sinos.

### **6.3 Plano operativo da pesquisa: descrição do estudo**

De acordo com Barrientos (1999), o plano operativo de pesquisa explica o método, as técnicas e as atividades que permitem coletar informações, de modo que se mostre a validade interna e externa. No Quadro 6.2 apresenta-se o plano operativo geral da presente pesquisa. Em seguida será descrito os referidos passos metodológicos adotados.

#### **O Projeto de Pesquisa:**

Com base no domínio de experiências do pesquisador e orientado por suas convicções (que foram concebidas durante as disciplinas cursadas no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, além do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural e o Programa de Pós-Graduação em Economia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul), foi concebida a idéia de avaliar, sistematicamente e holisticamente, a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica. Tal idéia induziu a começar, efetivamente, com a pesquisa bibliográfica. Ela contemplou uma diversidade de temas: gestão ambiental e dos recursos hídricos, metodologias de apoio à decisão, desenvolvimento sustentável, indicadores de sustentabilidade, epistemologia ambiental, relação sociedade - natureza, além das leis relacionados com o tema ambiental e dos recursos hídricos.

**Quadro 6.2 Descrição resumida do plano operativo geral da pesquisa**

<b>Etapas (tipo de pesquisa)</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Período de realização</b>	<b>Atividades</b>	<b>Produtos</b>
<b>Projeto de pesquisa: pesquisa bibliográfica</b>	Marco teórico	Ano 1999 a 2001	<b>Revisão bibliográfica:</b> Sobre gestão de bacias hidrográficas Sobre sistema de apoio à decisão Sobre desenvolvimento de indicadores	Elaborada a fundamentação teórica
	Formulação do problema, objetivos, proposições e justificativas	Janeiro de 2001 a Agosto, 2001	Definição da problemática da pesquisa (tema de pesquisa) Formulação de objetivos, construção de proposições, elaboração da justificativa, etc.	Formulado o problema, objetivos e proposições
	Estratégia de pesquisa	Agosto de 2001 a Dezembro, 2001	Delimitação do método de pesquisa, técnicas e instrumentos operativos.	Definido a metodologia de pesquisa
	Concepção do Método para Des. de Ind. de Sus	Setembro, 2001 a Dezembro, 2001	Elaboração do método e procedimentos para desenvolver indicadores de sustentabilidade.	Formulado o Método para Des. de Ind. de Sus.
<b>Realização da pesquisa: pesquisa de campo</b>	Etapa 1 - Identificação do contexto	Janeiro, 2002 a Junho, 2002	<b>Visita de campo:</b> Participação em reuniões do Comitesinos Difusão da proposta de pesquisa Diagnósticos institucionais: contato, identificação e coordenação com os atores; Identificação da problemática ambiental Visita e verificação no campo das características e processos/eventos ambientais.	Definido o foco da pesquisa (problema a ser estruturado)
	Etapa 2 - Estruturação do problema	Julho, 2002 a Agosto, 2002	<b>Visita de campo:</b> Participação em reuniões do Comitesinos; Visita e verificação no campo das características e processos/eventos ambientais. <b>Trabalho de gabinete:</b> Construção dos mapas cognitivos; Integração de mapas cognitivos; Elaboração de questionários.	Estruturado a problemática ambiental por setores
	Etapa 3 - Estruturação do modelo	Setembro, 2002 a Dezembro, 2002	<b>Visita de campo:</b> Participação em reuniões do Comitesinos; Consultas e entrevistas aos membros do comitesinos; Visita e verificação no campo das características e processos/eventos ambientais. <b>Trabalho de gabinete:</b> Análises dos mapas cognitivos; Desenvolvimento de famílias de indicadores; Construção dos descritores.	Estruturado o modelo multicritério; Identificado sistema de indicadores.
	Etapa 4 - Avaliação	Janeiro, 2003 a Agosto, 2003	<b>Visita de campo:</b> Participação em reuniões do Comitesinos; Consultas e entrevistas aos membros do comitesinos e especialistas; Visita e verificação no campo as características e processos/eventos ambientais. <b>Trabalho de gabinete:</b> Construção das ações potenciais; Avaliação das ações potenciais; Análise de sensibilidade do modelo.	Ilustrado (hipoteticamente) a aplicação do método MISGERH
<b>Elaboração do relatório</b>	Redação e apresentação da pesquisa	Até julho 2004	<b>Trabalho de gabinete:</b> Processamento das informações e conclusões Elaboração e apresentação da pesquisa	Tese elaborada e apresentada

A partir desse elenco de temas, a configuração do marco teórico foi estabelecido sob 3 eixos temáticos: Gestão ambiental em bacias hidrográficas, sistema de apoio à decisão sob a visão construtivista e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade. Essas três áreas de conhecimento, concebidas como conjuntos difusos, possuem um conjunto de elementos com pertinência comum. Levando em conta o mesmo, de modo recursivo ou simultâneo, foi possível, de um lado: formular as questões de pesquisa, os objetivos de pesquisa e as proposições de pesquisa, além dos aspectos de justificativa, originalidade, não trivialidade e contribuição científica. Foi possível, de outro lado: delinear a metodologia de pesquisa e propor um método de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade.

Deve-se ressaltar que, apesar de existir ampla literatura sobre as referidas áreas de conhecimento, não foi fácil conceber a referida configuração do projeto de pesquisa, por tratar-se de um assunto novo e, por conseguinte, deveria ser aferido por um método novo. A primeira concepção da pesquisa era suportada, basicamente, pelo sistema de apoio à decisão adotando o paradigma construtivista, além de sua interface com o desenvolvimento sustentável. Porém, as áreas de conhecimento que deveriam ser cruzadas eram: Gestão ambiental em bacias hidrográficas, sistema de apoio à decisão sob a visão construtivista e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade. Este marco teórico revelou-se como estratégico para balizar a pesquisa, em consequência, ele sofreu ajustes em todos seus aspectos de fundo e forma. A área de conhecimento sobre desenvolvimento sustentável tornou-se apenas operacional, além de estar inserido como objetivo dentro a área de conhecimento da gestão ambiental em bacias hidrográficas.

Com relação aos aspectos do projeto de pesquisa, como já foi mencionado anteriormente, foram balizados pelo referencial teórico. Maiores detalhamentos sobre como foram formuladas são descritos na Seção 6.2.3 e sua descrição encontra-se no Capítulo 1.

Com relação à estratégia de pesquisa, como foi mencionado no Capítulo 5, era necessário que seja compatível, epistemologicamente, com a visão construtivista. Assim, foi delineado a metodologia de pesquisa no âmbito da estratégia de pesquisa do Estudo de Caso e do método pesquisa da Observação participante.

Como uma conclusão da revisão de literatura e pelas orientações das proposições de pesquisa, era necessário propor um método para desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, usando como modelo o mapa cognitivo e adotando a visão construtivista. O Capítulo 5 trata em detalhe sobre esse assunto.

### **Realização da pesquisa:**

A realização da pesquisa envolve a pesquisa de campo, onde, o pesquisador, dotado de sua bagagem de conhecimento teórico (Capítulos 2, 3 e 4) e instrumentos diversos (Capítulos 5 e 6), tem atuado sobre uma realidade concreta, como é o caso da Bacia dos Sinos. Assim a pesquisa de campo delimitou-se ao contexto dessa bacia hidrográfica. Os resultados da pesquisa de campo, bem como sua análise estão apresentados no Capítulo 7.

### **Elaboração do relatório:**

Utilizando os instrumentos, mencionados na Seção 6.2.3, foi elaborado o relatório de pesquisa, de acordo com as Normas Técnicas.

## **6.4 Resumo do capítulo**

Este Capítulo discute sobre como fazer na prática a verificação dos pressupostos da pesquisa. No texto foram abordados principalmente os seguintes pontos:

- A pesquisa foi caracterizada, do ponto de vista do nível de pesquisa, como pesquisa de nível exploratório e descritivo; em relação ao tipo de pesquisa, como estudo descritivo transitando para o experimental; segundo o conteúdo de informação, como pesquisa predominantemente quali-quantitativa; e quanto à natureza da pesquisa, como pesquisa aplicada.
- A pesquisa adota a estratégia de pesquisa de Estudo de Caso. Dentro essa estratégia, adota também, predominantemente, o método da Observação participante.
- Nesta perspectiva, o pesquisador tem conduzido este estudo como um processo dinâmico, participativo, interativo e interpretativo, não tendo uma posição passiva, neutra e descritiva.

## **7 ESTUDO DE CASO: A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS**

### **7.1 Introdução**

Nos Capítulos 2, 3 e 4 do presente trabalho, mostrou-se uma fundamentação teórica para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, no Capítulo 5 mostrou-se os passos metodológicos a serem adotados para formular indicadores e no Capítulo 6, adotando uma estratégia de pesquisa: Estudo de caso e um método de pesquisa:: Observação participante, foram descritos como será realizada a pesquisa na prática. Então, o objetivo deste Capítulo é, através de um estudo de caso, comprovar a aplicabilidade prática da metodologia, bem como sua eficácia e sua robustez.

Neste contexto, o presente estudo será realizado na Bacia Hidrográfica do Rio do Sinos, o mesmo foi escolhido por possuir diversidade de condições físicas locais, socioeconômicas e problemáticas ambientais, além de ser o verso do primeiro Comitê de Bacia do Brasil, onde o Comitê Sinos já tem sua trajetória de organização e atuação dinâmica, mostrando sua predisposição de estudar junto ao pesquisador, no contexto da gestão de bacias. Assim, no âmbito da realização do presente estudo, o autor participou acompanhando as reuniões do Comitê Sinos, desde 2001, no papel de pesquisador e, certamente, as diferentes categorias do próprio Comitê participaram no papel de decisores.

Cabe fazer notar que a obtenção de informações do presente estudo, não se limitou só ao contexto das reuniões do Comitesinos, outras atividades que vem realizando o Comitesinos, também constituíram fontes de informações, tais como relacionados com a educação ambiental. Eventuais inspeções específicas em visitas de campo, também ajudaram a compreender o problema. Além disso, se realizaram entrevistas individuais nos órgãos públicos relacionados com o tema dos recursos hídricos e meio ambiente, bem como com os responsáveis de algumas categorias do Comitesinos.

Contudo, para ilustrar o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade com base na realidade da Bacia dos Sinos, inicialmente será apresentada uma breve caracterização da bacia. Em seguida serão apresentadas e analisadas a modelagem dos mapas cognitivos e sua relação com o enquadramento dos recursos hídricos. Finalmente, serão apresentadas e analisadas as construções de indicadores, bem como os testes de independência preferencial mútua do sistema de indicadores.

## **7.2 Caracterização da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos**

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos está situado no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, faz parte da Região Hidrográfica do Guaíba. Geograficamente está ao sul entre os paralelos 29° 20' e 30° 10' e a leste entre os meridianos 50° 15' e 51° 20'. Encontra-se entre os 600 e 10 m de altitude. A bacia tem aproximadamente uma área de 3.798,14 Km<sup>2</sup>, contemplando 32 municípios.

Entre os aspectos que o caracteriza à bacia, do ponto de vista *físico - natural*, podemos destacar a geomorfologia e solos, clima, hidrografia e águas subterrâneas, uso do solo e vegetação.

### **Geomorfologia e solos:**

A Bacia do Rio dos Sinos, nos domínios da bacia Paraná, apresenta rochas de origem vulcânica e sedimentar. Entre as rochas que a compõem são da Formação Serra Geral, Formação Botocatú, Formação Sanga do Cabral e Sedimentos Recentes (SÃO LEOPOLDO, 1999). Em termos Gerais, as cabeceiras da bacia representam a formação Serra Geral, constituída por rochas vulcânicas (composta predominantemente por basaltos), onde a topografia é acidentada, o relevo é em degraus, e os solos são argilosos profundos para situações de alta pedregosidade e afloramentos rochosos. A parte central da bacia representa a Formação Botocatú, constituída por rochas sedimentares (composta por arenitos), onde o relevo é moderado e os solos são suscetíveis à erosão. No terço inferior da bacia predominam as litologias como argilitas, folhelhos, silitas e arenitos intercalados, onde o relevo é suave e predomínio de solos argilosos (MAGNA ENGENHARIA, 1996a; SÃO LEOPOLDO, 1999). Também ocorrem Sedimentos Recentes como areias e argilas depositadas nas calhas dos rios e em suas planícies de inundação (SÃO LEOPOLDO, 1999).



Com relação aos solos, na bacia predomina o solo de horizonte B textural (planossolo, podzólico vermelho amarelo, laterítico bruno avermelhado, brunizém avermelhado) do tipo argiloso. Numa estreita faixa, no nordeste da bacia, ocorrem os cambissolos húmicos, siltosos profundos, de textura pesada, desenvolvidos a partir de basaltos, Numa pequena área em torno às cidades de Gramado e Canela ocorrem os solos litológico, cambissolos húmicos e lateríticos bruno avermelhados. Em geral, a fertilidade dos solos é de moderada a forte, ainda em algumas áreas, o seu potencial erosivo é algo significativo (MAGNA ENGENHARIA, 1996).



**Figura 7.1** Localização da área de estudo: Bacia Hidrográfica dos Sinos

Fonte: Comitesinos (1999)

#### **Características climáticas:**

A região da Bacia Rio do Sinos, representa a interface de duas zonas climáticas, subtropical – região de menores altitudes e temperada – região de maiores altitudes. Em geral, segundo a classificação de Köppen é mesotérmico subtropical, mas com períodos de temperado. A variação de temperatura é influenciada tanto de massas tropicais de ar oriundas do atlântico, como de massas atlântico – polares. Assim as estações de inverno - frio e verão - muito quente são bem diferenciadas. As precipitações são bem distribuídas ao longo do ano. Na zona subtropical a precipitação média anual é de 1.459 mm e a

temperatura média mensal é de 19,4° C. Na zona temperada a precipitação média anual é de 2.162 mm e a temperatura média mensal é de 14,4° C. Em termos globais, a evapotranspiração potencial média mensal oscila entre 40 mm e 170 mm e a umidade relativa do ar ao longo do ano, em média, varia entre 72% e 86% (MAGNA ENGENHARIA, 1996a).

O vento ocorre de acordo com as estações do ano: na primavera, no verão e no outono predominam ventos do leste e sudeste e no inverno predominam ventos do sul, sudeste e oeste. A região é bem ensolarada, em média ocorrem 2.402 horas/ano, de uma máxima de 4.295 horas (SERVIÇO DE METEOROLOGIA – SEMMAM *apud* SÃO LEOPOLDO, 1999).

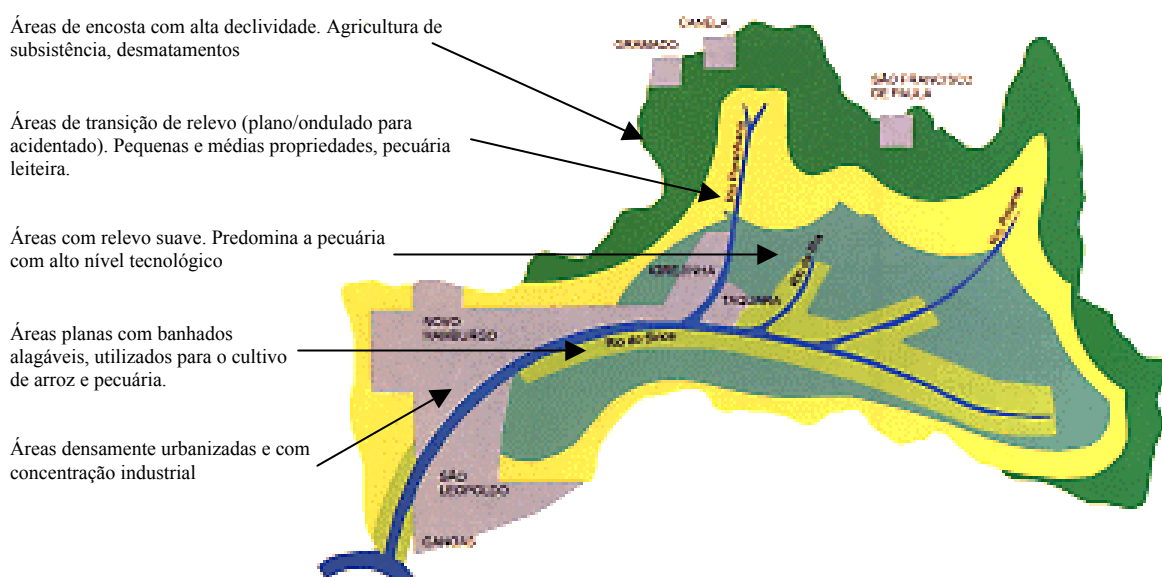
### **Hidrografia e águas subterrâneas:**

O Rio dos Sinos tem suas nascentes no município de Santo Antônio da Patrulha. O rio, a partir de uma altitude cerca de 600 m, percorre aproximadamente 190 Km até sua Foz, no delta do Jacuí, onde sua declividade é muito suave ou nula. No trecho médio tem três afluentes importantes: o rio Paranhana, o rio Rolante e o rio da Ilha, além dos afluentes como os arroios Sapiranga, Pampa, Luis Rau, João Correia e Sapucaia. A vazão média de longo período é entorno de 65 m<sup>3</sup>/s, para área de contribuição definida por uma seção em Campo Bom.

Na bacia do Rio dos Sinos, as águas subterrâneas ocorrem principalmente nas rochas, isto é, a partir dos basaltos e dos arenitos da série Botucatu, em cujas formações circula água subterrânea, principalmente em fendas verticais e vazios existentes entre as calhas. Os maiores fluxos hidráulicos dão-se nas zonas de fraturas de rochas basálticas, as quais constituem maior importância para a extração da água de subsolo, o que não ocorre nos arenitos que, apesar de armazenarem grandes volumes de água, não permitem sua extração devido à reduzida transmissibilidade das zonas porosas. Via de regra, o comportamento da água subterrânea é de aquífero livre, podendo todavia serem evidenciadas localmente condições de artesianismo provocadas pelos movimentos tectônicos associados aos falhamentos geológicos (MAGNA ENGENHARIA, 1996a)

### Uso do solo e vegetação:

A Figura 7.2 mostra alguns detalhes do uso do solo. Em termos gerais, nas regiões de altitude média até as cabeceiras há predominância de atividades agropecuárias, junto às áreas desmatadas irracionalmente nas encostas e nascentes de cursos de água, onde estão apenas manchas de floresta nativa. Nas regiões de altitude mais baixa, a urbanização é mais expressiva. Nas zonas alagadiças junto às margens do Rio dos Sinos, em seu baixo curso, encontram-se ainda alguns banhados que abrigam uma importante biodiversidade florística e faunística

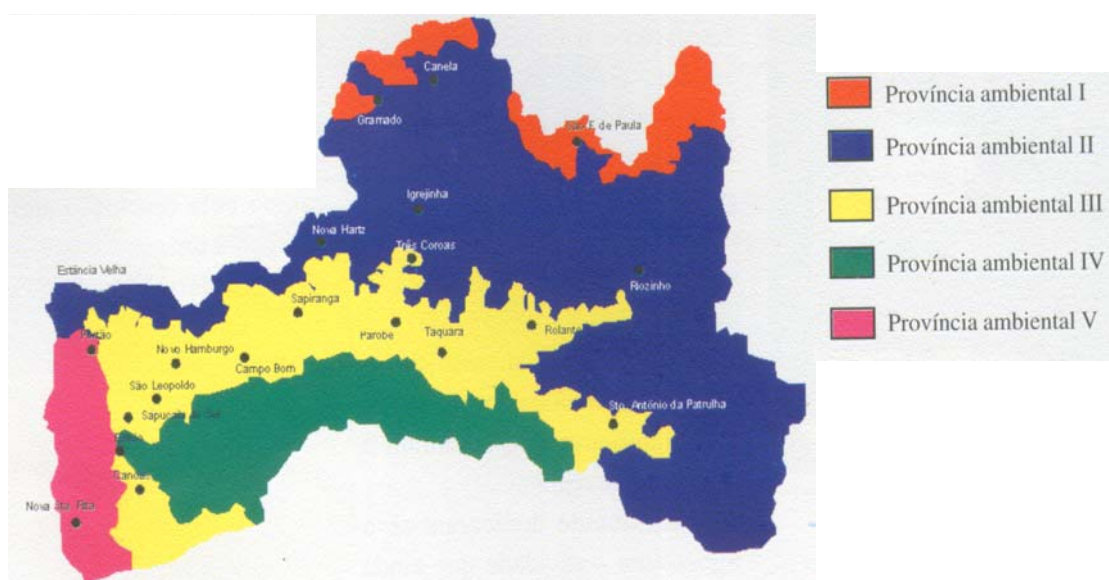


**Figura 7.2** Uso do solo na Bacia dos Sinos

Fonte: Comitesinos (2002)

Na região da bacia a cobertura vegetal original encontra-se bastante alterada (SÃO LEOPOLDO, 1999). Suas formações vegetais originárias foram: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mixta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Área de Tensão Ecológica e Vegetação com Influência Fluvial (RIO GRANDE DO SUL, 1994). Entre suas unidades de conservação destacam-se: a Floresta Nacional de São Francisco de Paula (1.140 ha), Floresta Nacional de Canela (500 ha), Reserva Biológica da Serra Geral (1.700 ha), Parque Zoológico (822 ha) e Área de Proteção Ambiental Morro da Bourrussia (617,5 ha). Do ponto de vista ecológico, a bacia é dividida em 5 regiões ambientais conforme seus ecossistemas, tipos de solo, vegetação e altitude (Figura 7.3).

Quanto à fauna, pela ação antrópica diversas espécies estão ameaçadas de extinção ou foram extintas. Entre os mamíferos: o barbado, o lobo-guará, gato do mato, dentre outros., são ameaçados de extinção. Outros como o puma, onça pintada, ariranha, cervo do pantanal estão extintos na região. Entre as aves: o sabiá-cica, o pavão do mato, são ameaçados e o macaco e a jacutinga estão extintos na região. Entre os répteis, o jacaré do papo amarelo está ameaçado de extinção.



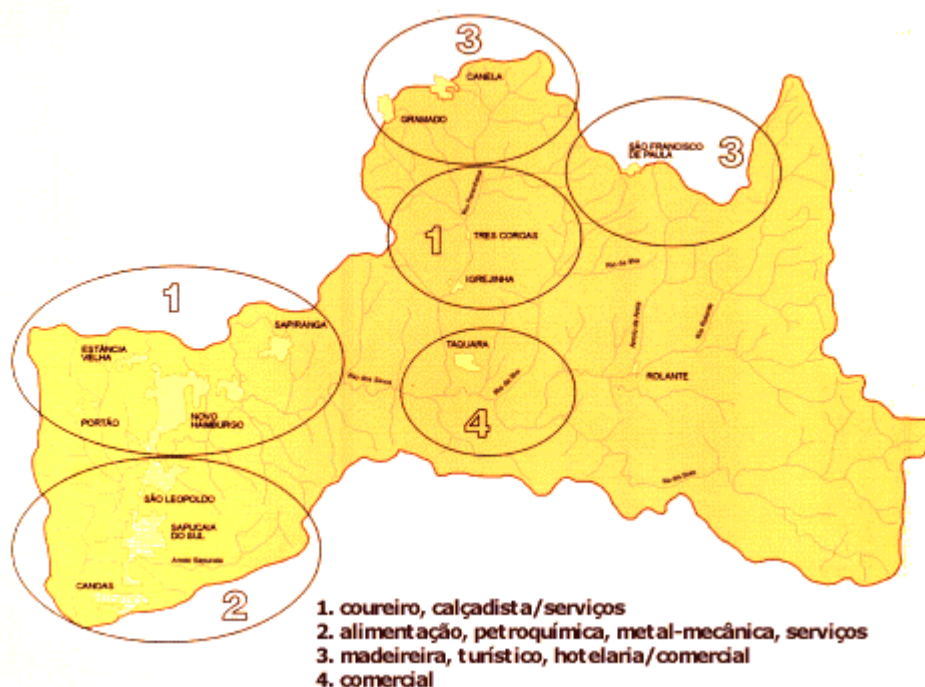
**Figura 7.3** Províncias ambientais da Bacia dos Sinos  
Fonte: Comitesinos (1999)

### 7.2.1 Breve descrição do contexto socioeconômico, dos usos da água e ambiental

A região da bacia tem acentuado crescimento populacional, sendo aproximadamente de 1.200.000 habitantes, com uma densidade em torno de 300 ha/Km<sup>2</sup>. Os principais núcleos urbanos com maior concentração demográfica, conseqüentemente com maior grau de urbanização localizam-se no trecho inferior da bacia: Novo Hamburgo, Canoas, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Esteio.

Assim, a bacia suporta a maior pressão antrópica de toda a região hidrográfica do Guaíba, tendo o maior parque industrial (em 1991, possuía 28,5% dos estabelecimentos industriais do estado, que gerava 37% do valor adicionado fiscal do total estadual, segundo a FIBGE, 1991). De acordo com o Comitesinos (2000), as atividades produtivas distribuem-se da seguinte forma: ramo madeireiro-moveleiro, turístico, hoteleiro e comercial na parte serrana (Gramado, Canela e São Francisco de Paula); ramo coureiro-

calçadista na porção intermediária (Igrejinha, Parobé, Sapiranga, Campo Bom, Estância Velha e Novo Hamburgo); e ramo industrial - metal-mecânico, alimentício e petroquímico, na parte inferior (São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Esteio e Canoas).



**Figura 7.4 Atividades econômicas na Bacia dos Sinos**

Fonte: Comitesinos (2000)

Com relação à agropecuária, é pouco desenvolvida, ocorre no curso superior do Rio dos Sinos, onde predomina a agricultura de subsistência com destaque da cultura de arroz, além da avicultura, suinocultura e pecuária leiteira e de corte (Figura 7.4).

Adicionalmente, a bacia possui 21,43% das usinas geradoras de energia elétrica do Estado, ofertando 6,86% e consumindo 22,29% do total estadual.

Ainda, de acordo com a Fundação de Economia e Estatística (FEE, 1998), os municípios que compõem a bacia, em 1998 gerou US\$ 15.404.704.954 de Produto Interno Bruto, correspondente a 21,85% do total estadual. Neste contexto, enquanto a Bacia dos Sinos é responsável por um Produto Interno Bruto significativo, o Rio dos Sinos sofre as conseqüências, sendo considerado o mais contaminado de toda a região.

Como pode ser visto na Figura 7.2 e Figura 7.4, os usos de água na bacia estão diretamente relacionados com a ocupação do solo e o desenvolvimento da região. Assim, a

população vale-se do rio para os mais diversos fins (MAGNA ENGENHARIA, 1996a; FEPAM, 1999; COMITESINOS, 1999), estas são:

#### **Os usos consuntivos:**

**Abastecimento de água potável:** Predominantemente a água utilizada origina-se em mananciais superficiais. As captações do tipo superficial, sem barragens, ocorrem ao longo de todo o rio, desde Santo Antônio da Patrulha até Esteio. A água subterrânea é utilizada como reforço aos sistemas de captação superficial em Estância Velha, Igrejinha, Nova Hartz, Riozinho, Parobé e Portão. Os sistemas de abastecimento público, são responsabilizados pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), abrangendo a maioria dos municípios da bacia, com exceção de São Leopoldo e Novo Hamburgo que são atendidas por suas autarquias municipais, o Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE) e a Companhia Municipal de Serviço de Água (COMUSA), respectivamente.

**Abastecimento industrial:** Dependendo do processo industrial, as indústrias utilizam água de modo intensivo, tendo seu impacto mais pela perda da qualidade da água do Rio dos Sinos do que pelo volume que consome. As atividades industriais mais poluidoras concentram-se principalmente nos municípios de Estância Velha, Novo Hamburgo, Portão, São Leopoldo e Sapucaia do Sul; além de outros como Campo Bom, Canoas, Esteio e Sapiranga.

**Irrigação de culturas:** A irrigação não é muito intensa, sendo representada pela irrigação do cultivo de arroz, que ocorre nos trechos médio a inferior da maioria dos rios da bacia, principalmente na margem próxima ao município de Nova Santa Rita, Taquara, Rolante e Santo Antônio da Patrulha.

**Pesca artesanal:** A aquicultura está concentrada principalmente no rio Paranhana, onde ocorre a criação de peixes em pequenos açudes, nos municípios de Gramado, Canela e Taquara.

**Dessedentação de animais:** Este tipo de uso acontece principalmente nos rebanhos de bovinos, suínos e ovinos, além dos aviários e pocilgas.

**Os usos não consuntivos:**

**Navegação:** em termos gerais, como via natural de transporte, os cursos d'água são favoráveis, a partir da zona de Novo Hamburgo para jusante. Mas, a navegação fluvial a jusante de São Leopoldo é pouco significativa, devido principalmente a diversos fatores limitantes (ocorrência de meandros, lâmina de água deficiente, provocada pela descarga de material sólido em suspensão e por arraste), restringindo-se a pequenas embarcações, merecendo destaque o transporte de areia para construção, além dos eventuais transportes de soja, carvão e calcário. Adicionalmente, pode ser destacado uma instalação portuária, o terminal privativo da empresa Bianchini S/A (MAGNA ENGENHARIA, 1996a; FEPAM, 1999).

**Geração de energia elétrica:** ocorrem nos cursos superior do rio Paranhana e arroio Santa Maria, acrescentado com vazões transportadas do rio Santa Cruz, formador do rio Cai. Neste rio, através das barragens do sistema salto e por meio de túneis e adutoras (da Companhia Estadual de Energia Elétrica -CEEE), regulariza-se a vazão transposta para o rio Paranhana, onde a geração de energia nas usinas de Bugres e Canastra é de 8.000 e 30.000 kw de potência máxima, respectivamente.

**Diluição e afastamento de efluentes:** o rio tem sido utilizado para o destino final de dejetos da população e despejos líquidos domésticos em áreas urbanas e rurais, bem como efluentes industriais, ao longo de todos os cursos d'água. A maior poluição é de origem industrial, da concentração de curtumes na bacia, além das indústrias metalúrgicas, óleos vegetais, têxteis, papel e papelão, químicas petroquímicas, etc. Também ocorre eventuais lixívias de lixões ou de aterros sanitários mal implantados no passado.

**Recreação:** como uma opção de **lazer aquático**, a população usa o rio para banhos e esportes náuticos, através de diversos balneários existentes na bacia. Também, como uma opção de **harmonia paisagística**, o rio e suas margens, bem como seus ecossistemas são usados para o descanso e contemplação nas "várias prainhas", como o povo gosta de dizer (COMITESINOS, 1999).

Assim, a qualidade e a quantidade de água está comprometida. Em áreas urbanas ocorre o lançamento de efluentes industriais e esgotos cloacais nos rios e arroios. Somam-se a estes, vários focos de lixo dispostas de modo clandestino e inadequado e diversos

detritos carregados pela drenagem fluvial (COMITESINOS, 1999). Entre outros problemas correlatos, são as poluições difusas, dispersa no espaço de modo que a água da chuva acaba levando para os cursos d' água. O crescimento das favelas e a ocupação desordenada do solo acentuam os problemas ao meio ambiente da região.

Com relação à presença de resíduos sólidos urbanos, em termos gerais, Deus (2000), verificou que a situação dos Serviços de Limpeza Urbana encontra-se entre médio (com IQEOP<sub>SLU</sub><sup>22</sup> próximo de 50%) e razoável (com IQEOP<sub>SLU</sub> próximo de 70%). A autora salienta que são necessários investimentos, principalmente no setor operacional e incentivo a participação da comunidade para que se mantenha o controle sanitário e ambiental regional.

Em áreas rurais, não somente os dejetos humanos e dos animais de criação intensiva poluem as águas, mas também a agricultura, decorrentes do uso de agrotóxicos e disposição inadequada de suas embalagens contaminam as águas. Além disso, os desmatamentos acarretam a erosão de solos e aumentam o assoreamento dos cursos d'água. A mineração extrativa de areias e material de construção tem provocado mudanças na paisagem da região gerando sedimentos, reativando resíduos tóxicos que estavam neutralizados no leito do rio. Ainda, além dos problemas relativos aos recursos hídricos, deve-se salientar a existência da caça e pesca ilegais, ameaçando a fauna da região (COMITESINOS, 1999).

### **7.2.2 O Comitê da Bacia dos Sinos**

Durante a ocupação dos primeiros europeus o Vale dos Sinos possuía águas limpas, embora turvas em épocas de muita chuva, mas não prejudicava a abundância da vida. O cenário começou a mudar quando foi realocada a Real Feitoria do Linho Cânhamo em Faxinal do Courita, que mais tarde passou a ser São Leopoldo.

Em 1824, a ocupação ganhou intensidade pelos imigrantes germânicos. Para Tramontini a escolha pela fixação inicial em São Leopoldo se deu porque apresentava local ideal para um porto e o Rio dos Sinos era a via de transporte que ligava com Porto Alegre (COMITESINOS, 2002a). Certamente, o desenvolvimento da região teve influência germânica, reafirmando sua cultura em todos os sentidos, principalmente no

---

<sup>22</sup> IQEOP<sub>SLU</sub>: Índice Geral de Qualidade e Eficiência dos Serviços de Limpeza Urbana (DEUS, 2000).



que diz respeito à valorização das matas. As colônias tiveram interesse em preservar a qualidade das águas do Sinos porque utilizavam para consumo doméstico. Isto explica a precocidade das leis de regulamentação do uso das águas, bem como das atitudes fiscalizadoras, principalmente diante as atividades como os curtumes e os matadouros. Na área rural, o cuidado com o Rio dos Sinos se dava porque as atividades agrícolas necessitam boas condições d'água.

A partir dos anos 30, quando o artesanato perde espaço para o desenvolvimento industrial, toma conta a idéia do progresso, a qualquer custo. Ao lado disso, na zona, houve grandes investimentos em saúde pública e tratamentos de águas. Neste contexto, a natureza contrasta com o progresso e preservar o rio deixa de ser importante. As leis de proteção perdem eficácia, porque a população não as considera mais relevantes. Assim, a região teve um extraordinário desenvolvimento industrial, principalmente na produção de couro e calçados, além da produção metalúrgica e outros. Como resultado desse modelo de desenvolvimento, do ponto de vista ecológico, a região é vista apenas como um depósito dos rejeitos industriais e domésticos e o rio estava rumando para a morte (COMITESINOS, 2002a).

Na época, segundo Tramontini tanto entre a população urbana quanto a rural, não houve propriamente uma consciência ecológica, por exemplo o solo foi maltratado e abandonado sempre que a rentabilidade se esgotava (COMITESINOS, 2002a). Somente no final do século XIX surgiram movimentos para o reflorestamento, normalmente liderados pela igreja.

Porém, os movimentos sociais ecologistas e ambientalistas na região, surgiram desde a década dos anos 30, com Henrique Roessler, com sua cruzada pela salvação da natureza local, trabalho que hoje prossegue graças às ações de muitos grupos ecologistas (COMITESINOS, 2002a). O defensor da natureza, Roessler, na década dos 50 e 60, escreveu várias crônicas em carácter de denúncia, sobre os problemas e abusos à natureza, principalmente ao Rio dos Sinos. Por exemplo, numa de suas narrações diz:

é desoladora a visão de extensos lençóis de peixes mortos, após fortes enxurradas, que recobrem as águas em certos períodos do ano, apodrecendo ao sol sob forte fedentina, testemunhando a estúpida destruição de uma alimentação natural por culpa de industriais ricos, ávidos de lucro, sem respeito algum à criatura humana e aos animais e à lei que os obriga a montar aparelhos de purificação das suas águas servidas, antes de devolvê-las aos rios.

Ainda, entre as narrações de Roessler, deve-se ressaltar que na primavera de 1962 ocorreu cardumes de filhotes em proporções nunca vistas, mas:

entre tarrafeadores licenciados ou clandestinos, esportistas e profissionais, passaram a liquidar os cardumes de grumatãzinhos, que coalhavam as águas dos rios baixos, levando sacos cheios de filhotes de apenas seis a dez centímetros para fritar. Ninguém se lembrou do tamanho mínimo, que para estas espécies é de 30 centímetros. Verificamos mais uma vez que não existe a mentalidade conservacionista no nosso povo, que é imediatista de natureza. O resultado foi que os grandes cardumes de douradinhos, grumatãs e piavas ficaram muito reduzidos.

Mas tarde, nos anos 70, no Brasil, difundiu-se a idéia da bacia hidrográfica como unidade de gestão dos recursos hídricos, por ter essa abordagem sucesso em alguns países desenvolvidos, principalmente na França. Por conta disso, os organismos públicos federais e estaduais executaram importantes tarefas e estudos consultivos. Em 1981, o Governo do Estado de Rio Grande do Sul, criou por decreto o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, onde foram previstas também os comitês de bacias hidrográficas sob forma dual (com comitê executivo e consultivo).

Ao lado dessas iniciativas oficiais, foi crescendo a consciência ecológica, embora incipiente e lenta, mas multiplicou-se os exemplos de Roessler, na medida em que o debate sobre o Sinos se intensificava, com situações de muito conflito. Assim, nos anos 80, surgiram iniciativas da sociedade e do governo para mudar o quadro da problemática ambiental dos Sinos (COMITESINOS, 2002a). Neste contexto, houve um movimento conduzido pelas entidades ecologistas, meios de comunicação, autoridades locais e estaduais e setores da indústria, o qual culminou com um seminário, em 17 de setembro de 1987, onde foi decidida a criação do Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos, para enfrentar a iminente morte do Rio dos Sinos. Porém, no ano seguinte, o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio do Sinos – Comitesinos foi criado por Decreto Estadual nº 32.774, de 17 de março de 1988, tornando-se o primeiro Comitê implantado no Brasil (COMITESINOS, 2002a; GRASSI e CÁNEPA, 2000; COMITESINOS, 2001).

A composição do Comitê Sinos contempla entidades ou órgãos representativos, os quais são agrupados em três grupos: Grupo dos Usuários da Água, Grupo dos Representantes da População da Bacia e o Grupo do Poder Público (Anexo A3). Para os dois primeiros são reservadas uma representação de 40% dos votos e aos representantes

diretos do Poder Público são reservadas apenas 20% dos votos do Comitê (COMITESINOS, 2001).

O primeiro plano de atuação do Comitê Sinos, denominou-se "Ações Emergenciais para o Rio dos Sinos". Para dinamizar suas atividades, dentro do Comitê Sinos foram criadas comissões de trabalho, tanto de caráter técnico quanto social. Assim, o desenvolvimento do Comitesinos, teve papel importante como fórum de negociações em assuntos ambientais. Sua experiência contribuiu à concepção da lei relativa aos recursos hídricos e ambiental, além de serem requisitados para ajudar a outros comitês em formação no Rio Grande do Sul.

Hoje, o Comitesinos possui vários Programas e Projetos em diferentes estados de desenvolvimento, em andamento, elaborados, em negociação e propostas aprovadas. Contudo, numa Reunião Plenária, realizado em 24 de janeiro de 2002, deu-se maior prioridade (em termos de urgência e importância) aos projetos na seguinte ordem: Enquadramento das Águas do Rio dos Sinos, Elaboração do Plano de Bacia, Página Internet, Programa de Investimento na Bacia dos Sinos, Fortalecimento Institucional do Comitê. Também se deve salientar o Programa Permanente de Educação Ambiental, tais como o Projeto Peixe Dourado, etc. Finalmente deve-se destacar que atualmente foi aprovado o Enquadramento das Águas do Rio dos Sinos.

### **7.3 Estruturação do mapa cognitivo**

Antes da construção do mapa cognitivo, previamente foram necessárias ocorrerem duas etapas: definição do problema e identificação dos elementos primários de avaliação.

#### **Definição do problema:**

Conforme mencionado no primeiro Capítulo, Introdução, em termos gerais, os indicadores de sustentabilidade têm sua importância no desenvolvimento sustentável, porém desenvolvê-las, não têm sido tarefa fácil, uma vez que engloba a interação de uma diversidade de variáveis de caráter físico, socioeconômico e ambientais, próprios de uma bacia hidrográfica. As metodologias empregadas, adotando o paradigma racionalista, normalmente não viabiliza a compreensão da problemática ambiental, complexa de natureza, de uma bacia hidrográfica. Desta maneira, a definição de um rótulo para o problema foi *subsidiada* (ou influenciada) pelo referencial teórico e a participação em

reuniões do Comitesinos. Neste processo houveram preocupações que tomaram conta como base para a definição da situação - problema deste estudo, as quais são:

**a) Estruturação da problemática ambiental numa bacia hidrográfica:** Uma bacia apresenta uma situação complexa, onde inúmeras variáveis, estão em interação dinâmica no tempo: de um lado, as variáveis *físico-naturais* representadas pela bacia hidrográfica e, de outro lado, as variáveis sociais representadas pelo Comitê de Bacias. Neste contexto, houve uma preocupação pela construção do problema ambiental, enfatizando, a água e suas interfaces.

**b) Desenvolvimento e proposta de um instrumento avaliador para subsidiar a gestão de bacias hidrográficas:** No contexto da problemática ambiental, o referencial teórico mostra a necessidade de desenvolver um instrumento de gestão de bacias hidrográficas de caráter sistêmico e holístico, o que foi concebido como sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, o mesmo, dando subsídios no processo de tomada de decisão, tem-se a convicção de que seria utilizado como um instrumento avaliador, para subsidiar a (ou fazer uma boa) gestão de bacias hidrográficas.

**c) O desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade começa com o enquadramento do rio:** A Bacia dos Sinos, no contexto do Comitê Sinos, não é diferente da realidade mencionada nos anteriores parágrafos. Assim, ao longo das reuniões nas quais o autor acompanhava, desde o ano 2001, comprova-se que o desafio começa pelo enquadramento do rio, definindo, com base nos usos atuais, os usos futuros dos recursos hídricos da Bacia dos Sinos, os quais, no âmbito do Plano de Bacia, representaria os objetivos estratégicos e no âmbito da construção do problema, base do desenvolvimento de indicadores, representa os elementos primários de avaliação.

Ainda, de acordo com a proposta da Comissão do Plano de Bacia do Comitê Sinos, a elaboração do Plano de Bacia teria os seguintes componentes: Consolidação da base de Informações, Mobilização e Participação Social, Rol de Necessidade, Programa para 4 Anos, Ações para 2 Anos e Sistema de Monitoramento e Revisão. Este último lhe outorgaria recursividade ou (retroalimentação) ao processo de gestão de bacias, através de um instrumento avaliador, dotado de um sistema de indicadores.

Assim, em um primeiro momento, definiu-se o rótulo do problema: Avaliação da sustentabilidade de uma bacia hidrográfica.

Avaliar, aqui, não significa identificar áreas degradadas, para, a partir daí, implementar políticas punitivas contra as atividades econômicas degradantes. Senão, consiste em identificar os valores relacionados com as potencialidades e fraquezas da bacia, ou seja, valorizar e explorar as potencialidades e fraquezas de sustentabilidade de uso dos recursos hídricos, para subsidiar o estabelecimento de políticas de ação que contribuam à melhoria do uso dos recursos hídricos na bacia.

### **Definição dos Elementos Primários de Avaliação:**

Os Elementos Primários de Avaliação (EPAs) foram identificados em três momentos: a) durante a pesquisa bibliográfica acerca da Bacia dos Sinos, onde foram utilizados, principalmente os trabalhos de Magna Engenharia (1996a), Magna Engenharia (1996b), Magna Engenharia (1996c), Comitesinos (1999), Comitesinos (2000), Comitesinos (2002a), Comitesinos (2001), dentre outros; b) os mesmos foram corroborados no enquadramento do rio Sinos, nas visitas de campo, entrevistas e reuniões do Comitê Sinos e, c) além disso, foram feitas revisões das legislações em nível federal e estadual sobre meio ambiente, dos recursos hídricos e correlatos. Assim, os EPAs, foram objetivados como os tipos de usos da água na Bacia dos Sinos, eles serviram como base para a construção do mapa cognitivo.

### **Construindo o mapa cognitivo:**

De acordo com os passos metodológicos descritos no Capítulo 6, inicialmente, com base nas três fontes de informação mencionadas anteriormente, foi levantado um conjunto de EPAs. A Figura A4.1 do Anexo A4 mostra esse conjunto de EPAs. A partir desta nuvem de EPAs, construíram-se os conceitos. A Figura A4.2 do Anexo A4 mostra esse conjunto de conceitos. Logo, com base neste conjunto de conceitos, foram feitas três operações de modo simultâneo e/ou mesmo recursivo, sendo estas:

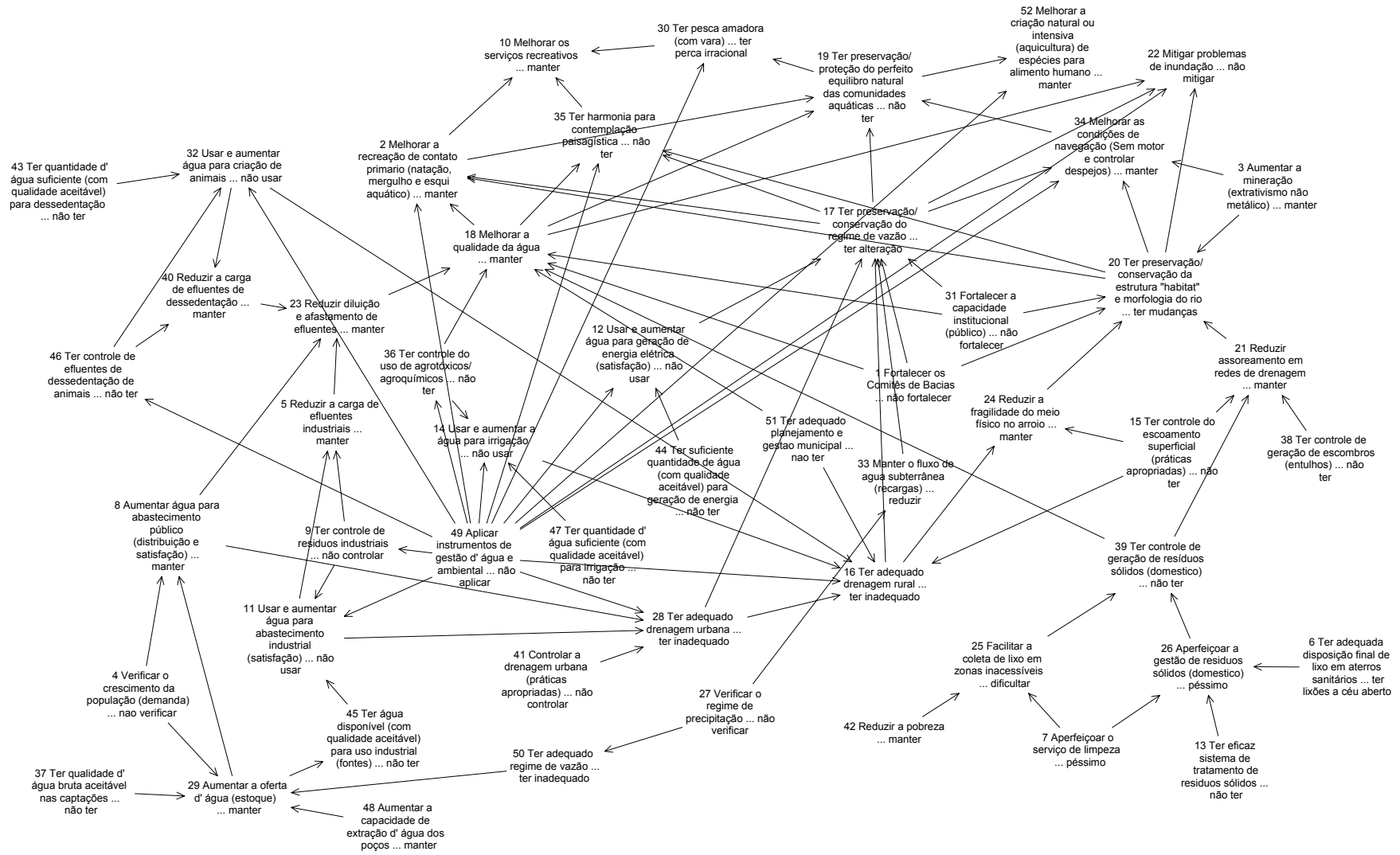
- a) Expansão do mapa cognitivo em direção aos fins ou valores, construindo conceitos, baseados na pergunta: por que um determinado conceito é importante? A Figura A4.3 do Anexo A4 ilustra parcialmente esse processo.

- b) Expansão do mapa cognitivo em direção aos meios ou ações, construindo conceitos, baseados na pergunta: como pode-se obter ou atingir um determinado conceito? Este processo parcialmente é ilustrado na Figura A4.4 do Anexo A4.
- c) Relação entre os conceitos, através das perguntas: por que um determinado conceito é importante? E como pode-se obter ou atingir um determinado conceito? Este processo parcialmente é ilustrado na Figura A4.5 do Anexo A4.

Desta maneira, construíram-se conceitos, hierarquizaram-se e interligaram-se os mesmos. Para auxiliar estas tarefas, inicialmente, foram feitas manualmente, em uma folha de cartolina. Esta construção de caráter rascunho, passou-se a limpo, com ajuda do *software Decision Explorer* (BRIGHTMAN, 1999). Neste ambiente eletrônico continuou-se com o processo de construção do mapa cognitivo. Assim, num primeiro momento, resultou o mapa cognitivo global.

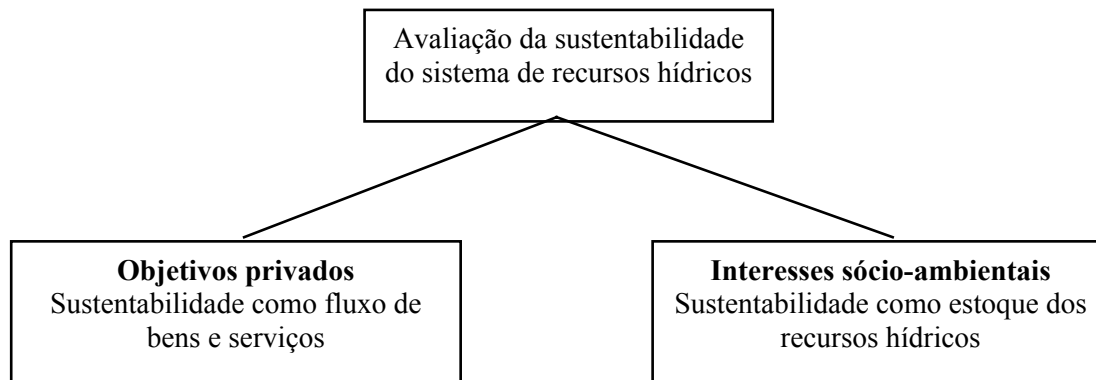
Na Figura 7.5, apresenta-se o mapa cognitivo global, proposto pelo pesquisador. Este mapa cognitivo representa, a princípio, a visão global do problema. Pode-se observar, que o conjunto de conceitos do mapa cognitivo global não focaliza o problema da sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, como foi definido no rótulo do problema, porém, dão ênfase ao problema da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos. Sobre este fato, um comentário mais detalhado será dado mais adiante. Na Figura 7.5 também pode contemplar-se que há um conjunto de conceitos relacionados tanto com os interesses privados, quanto com os interesses públicos e/ou socioambientais.

Com efeito, baseado nestes fatos, a Figura 7.6 apresenta uma síntese do modelo conceitual geral dos mapas cognitivos, na qual, a partir do objetivo geral da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, pôde discretizar-se, por um lado, do ponto de vista dos objetivos privados dos usuários da água, a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços pelo uso dos recursos hídricos, e, por outro, do ponto de vista dos interesses públicos, a sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos.



**Figura 7.5** Versão inicial do mapa cognitivo global: Avaliação da sustentabilidade de uma bacia hidrográfica

Desta maneira, com base na Figura 7.5 e Figura 7.6, foram detectados oito *Clusters* relativos aos objetivos privados e quatro *Clusters* relativos aos interesses públicos ou socioambientais. Os mesmos, ao serem desenvolvidos, serão apresentados mais adiante.



**Figura 7.6 Estrutura conceitual geral dos mapas cognitivos**

Dada a complexidade e a dimensão do problema, tornou-se difícil continuar com este processo de mapeamento global, então, objetivando diminuir a complexidade cognitiva do mapa global, decidiu-se construir os mapas: de um lado, para cada categoria de usuários (oito *Clusters*), em função de seus respectivos objetivos privados, e; de outro, para cada aspecto que compõe o caráter integral dos recursos hídricos (quatro *Clusters*), em função dos interesses socioambientais ou públicos.

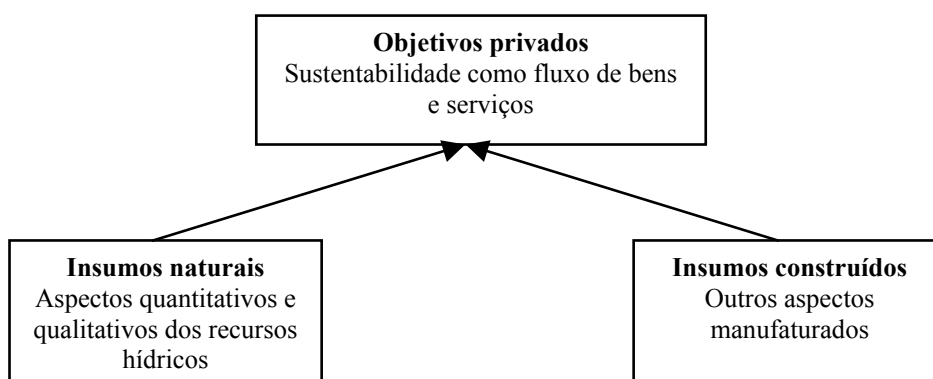
#### **Mapas cognitivos dos objetivos privados:**

Nas Figuras A4.6 até A4.13 do Anexo A4, apresentam-se os mapas cognitivos individuais ou setoriais em função dos objetivos privados, estes são: Abastecimento público da água potável e esgotamento sanitário, Abastecimento de água para uso industrial, Uso de água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos, Uso de água para criação de animais, Uso de água para geração de energia elétrica, Navegação, Uso de água para criação natural e intensiva de espécies aquáticas para alimento humano, Uso da água para turismo e lazer aquático: pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística.

Como foi mencionado anteriormente, do ponto de vista dos objetivos privados, as referidas estruturas, representam a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços. Uma síntese do mesmo apresenta-se na Figura 7.7, onde, pode-se visualizar que a estrutura dos



mapas cognitivos aproxima-se a uma função de produção, visto que, contém um conjunto de conceitos fins que representam os objetivos privados. Por sua vez, para atingir esses objetivos privados eles contêm; de um lado, um sub- conjunto de conceitos meios que representam os *insumos naturais*, relacionados com o estado quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos; de outro, um sub- conjunto de conceitos também meios, que representam os *insumos construídos* relacionados com qualquer tipo de insumo manufaturado.



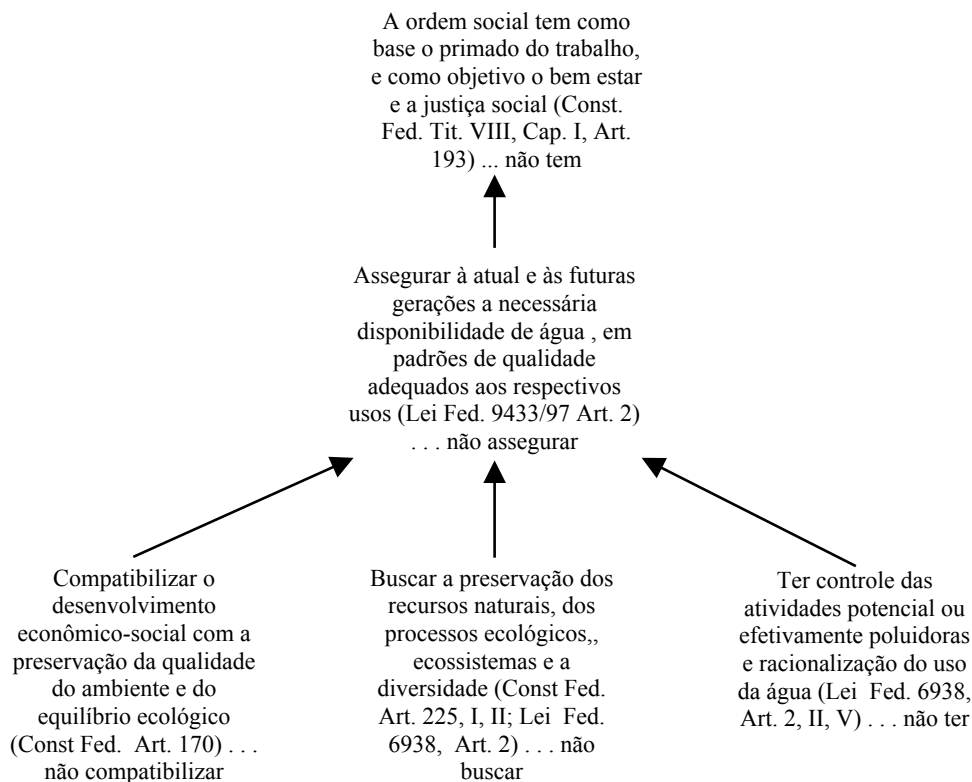
**Figura 7.7 Estrutura geral dos mapas cognitivos dos objetivos privados**

#### **Mapas cognitivos dos interesses socioambientais ou públicos:**

Na Figura 7.8 apresenta-se a estrutura geral dos interesses públicos, o mesmo foi concebido na legislação existente. Esta estrutura, em termos gerais, mostra que os aspectos relacionados com a harmonização entre o desenvolvimento econômico e a preservação dos recursos hídricos, através do controle da poluição e uso racional da água, são meios para conseguir a sustentabilidade dos recursos hídricos, por sua vez, este aspecto é um meio para atingir o bem estar social em termos de água. Esta estrutura serviu como base para estruturar os mapas cognitivos individuais dos interesses socioambientais e/ou públicos.

Nas Figuras A4.14 até A4.17 do Anexo A4 apresentam-se os mapas cognitivos dos interesses socioambientais ou públicos, estas são: Regime hidrológico do rio, relacionado com os aspectos quantitativos, Qualidade da água do rio, Estrutura "habitat" e morfologia do rio, e aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares. Os mesmos foram mais bem desenvolvidos com base nas estruturas da Figura 7.8 do texto e Figura A4.18 do Anexo A4. Os três primeiros mapas, considerando-os como conjuntos difusos, representam o estado do sistema integral dos recursos hídricos, isto é, a

sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos. Em particular, o mapa cognitivo relacionado com o controle dos resíduos sólidos, pode ser considerando como um sub-*Cluster* meio para conseguir a integridade do sistema dos recursos hídricos.



**Figura 7.8 Estrutura geral dos mapas cognitivos dos interesses socioambientais ou públicos**

#### 7.4 Análise do mapa cognitivo

O objetivo da análise do mapa cognitivo é possibilitar a transição do mapa cognitivo para uma estrutura que representa o modelo multicritério e/ou multiobjetivo. Existem várias ferramentas aplicadas com este fim, os mesmos podem ser agrupados em dois grandes grupos, a análise tradicional e avançada de mapas cognitivos.

Antes de passar para a análise dos mapas cognitivos, deve-se lembrar que os mesmos podem ser definidos como "grafos", onde, cada conceito é considerado um "nó" e uma relação de influência é uma "ligação".

##### 7.4.1 Análise tradicional de mapas cognitivos

Na análise tradicional, procura-se identificar as características estruturais do mapa cognitivo, apenas levando em conta a forma do mapa. De acordo com Ensslin *et al.*

(2001), a seguir serão apresentadas e ilustradas as seguintes técnicas de análise: Hierarquia de meios-fins, Conceitos *cabeças* e *rabos* e Laços de realimentação.

**Hierarquia de meios-fins** - refere-se a uma leitura do mapa cognitivo, possibilitando-se interpretar o mapa, compreendendo-se as relações hierárquicas existentes entre os meios disponíveis aos decisores e os fins que eles almejam alcançar.

Na Figura A4.18 do Anexo A4 apresenta-se o mapa cognitivo global. Observa-se que um determinado conceito meio, seguindo a seqüência no sentido dos fins (valores), sua influência pode atravessar por mais do que uma área de interesse, almejando alcançar mais do que um objetivo. Ainda, indo na seqüência no sentido dos meios (atributos), acontece que um determinado conceito fim é explicado por vários conceitos meios que pertencem a mais de uma área de interesse.

Na Figura A4.18 do Anexo A4, em termos gerais, também pode ser observado no entorno da parte inferior, conjuntos de conceitos meios, correspondentes a algumas áreas de interesses privados (principalmente, abastecimento público, abastecimento industrial, irrigação, pecuária, navegação, geração de energia elétrica), por sua vez, estes conjuntos tornam-se meios para as áreas de interesses públicos. Ainda, a cadeia segue, constituindo-se o conjunto de conceitos da área de interesse público (aspectos quantitativos, qualitativos e estrutura do rio) meios para outras áreas de interesses privados (principalmente, turismo e lazer aquático, aqüicultura e pesca comercial).

**Conceitos *cabeças* e *rabos*** - Refere-se à identificação dos conceitos *cabeças* e *rabos*. Os conceitos do mapa onde entram flechas são chamados de *cabeças*. Eles revelam os objetivos/fins/resultados /valores mais fundamentais (estratégicos) dos atores.

Os conceitos do mapa de onde só saem flechas são chamados de *rabos*. Eles revelam os meios/ações/alternativas/opções através dos quais podem ser atingidos os objetivos/fins/resultados /valores mais fundamentais dos atores.

No presente trabalho foram identificados 18 conceitos *cabeça* e 104 conceitos *rabos*. No Quadro 7.1 apresenta-se uma lista de todos os conceitos *cabeça* do mapa cognitivo global. Observa-se que os conceitos sublinhados revelam os conceitos candidatos a conceitos *cabeça* de um *Cluster* da área de interesse privado. Quanto aos candidatos a conceitos *cabeça* da área de interesse público, não são observados como tal,

porque são meios para as áreas de interesse privado ou mesmo tendo interação entre ambas grandes áreas de interesse público e privado.

**Quadro 7.1 Lista de todos os conceitos *cabeça***

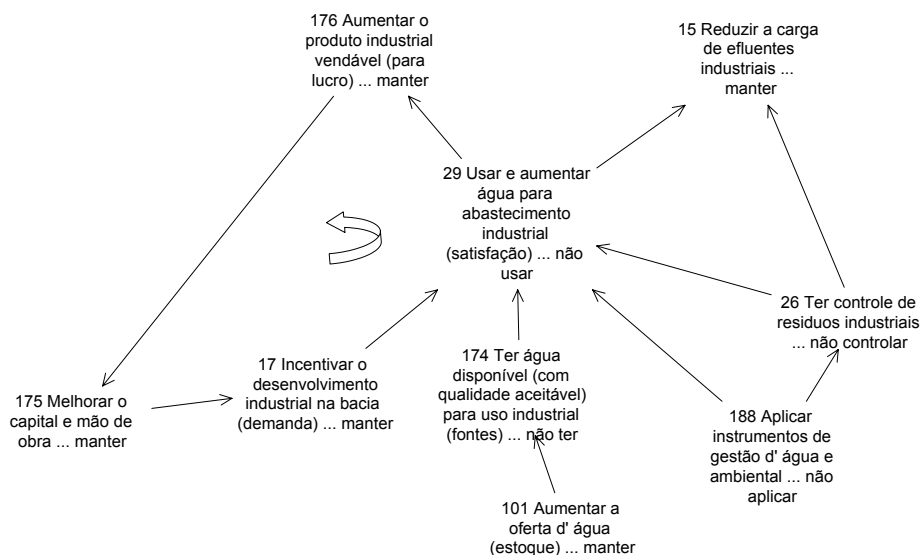
<b>Número e descrição do conceito</b>
<u>12 Ter suficiente quantidade de energia elétrica (demanda) ... não ter</u>
<u>28 Aumentar a cobertura de abastecimento (satisfação) ... manter</u>
49 Verificar as perdas econômicas ... não verificar
67 Reduzir o impacto do lixo a ser disposto ... manter
<u>69 Aumentar o produto pecuário vendável (para lucro/renda) ... manter</u>
71 Controlar o risco de ocorrência de doenças e vetores ... manter
73 Ter geração de mal cheiro ... não ter
76 Ter contaminação ... não ter
84 Aumentar a quantidade de lixo coletado ... manter
<u>93 Aumentar a intensidade de navegação ... manter</u>
109 Reduzir lixo em locais inacessíveis (estreitos e/ou córregos) ... manter
146 Evitar conflitos entre usuários da água ... não evitar
<u>160 Melhorar a qualidade de vida ... manter</u>
<u>162 Aumentar o produto vendável (para lucro/renda) ... manter</u>
<u>176 Aumentar o produto industrial vendável (para lucro) ... manter</u>
<u>179 Aumentar o produto agrícola vendável (para lucro/renda) ... manter</u>
195 Reduzir a quantidade de lixo a ser disposto ... manter
208 Reduzir a carga de efluentes ... manter

**Laços de realimentação** - Refere-se à detecção da circularidade em um conjunto de conceitos dentro o mapa cognitivo, visando eliminá-los. Os laços ocorrem quando um conceito meio influência um conceito fim que, por sua vez, influência aquele mesmo conceito meio.

No presente trabalho detecta-se o problema da circularidade em dois momentos:

Em uma visão *macroscópica* do mapa cognitivo global, onde, como já foi mencionado na análise de hierarquia de meios-fins, há uma interação entre as áreas de interesse públicos e privados, uma vez que, existem na bacia usos múltiplos da água que representam as áreas de interesse privados.

Em uma visão setorial do problema, pode ser ilustrado na Figura 7.9 a circularidade no *Cluster 2* – Abastecimento d’água para uso industrial e controle de efluentes, onde, o conceito meio C175, influência o conceito C17 que, por sua vez, influência o conceito C29 este também influência o conceito fim C176 e o mesmo para encerrar o ciclo, influência o conceito C175, assim sucessivamente.



**Figura 7.9 Exemplo de um laço de realimentação**

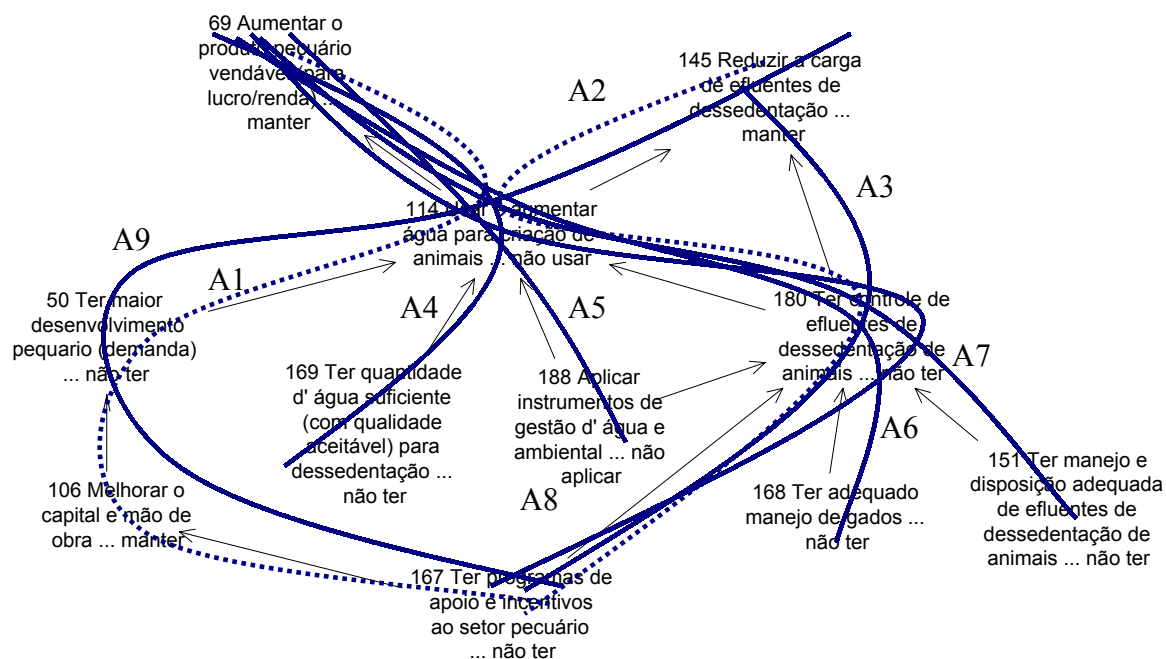
**Clusters** - refere-se à detecção de agrupamentos em um mapa cognitivo. Baseia-se sob a lógica da existência de dois tipos de ligações: ligações intra-componentes fortes (em um *Cluster*) e ligações inter-componentes fracas (no mapa global). Este procedimento foi feito manualmente, não só observando a forma, mas também o conteúdo do mapa.

Na prática, levando em conta os referidos tipos de ligações entre conceitos, as três ferramentas de análise subsidiaram de alguma forma a detecção de *Clusters* no mapa cognitivo global. Assim, na Figura A4.18 do Anexo A4, pode-se observar oito *Clusters* da área privada e quatro *Clusters* da área pública. Cada uma delas podem ser observadas nas Figuras do A4.6 até A4.17 do Anexo A4.

#### 7.4.2 Análise avançada de mapas cognitivos

Esta análise possibilita identificar os eixos de avaliação do problema, observando a forma e o conteúdo do mapa cognitivo. A seguir, de acordo com Ensslin *et al.* (2001), serão apresentadas e ilustradas duas técnicas de análise: Linhas de argumentação do mapa cognitivo e Ramos do mapa cognitivo.

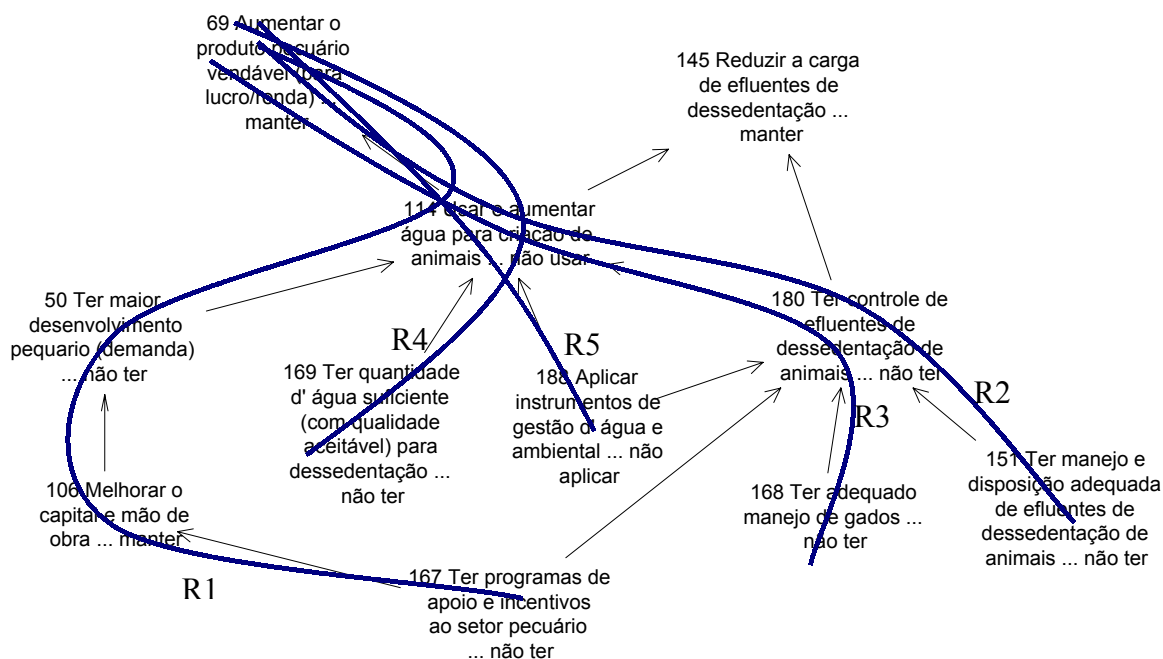
**Linhas de argumentação do mapa cognitivo** - refere-se à identificação de seqüências de conceitos no mapa cognitivo. Uma linha de argumentação é constituída por uma cadeia de conceitos que são influenciados e hierarquicamente superior a um conceito *rabo*. Quando as linhas de argumentação terminarem em um conceito *cabeça* dentro um *Cluster*, tais linhas são chamadas linhas de argumentação internas.



**Figura 7.10 Linhas de argumentação do Cluster 4 – Uso 'de água para criação de animais**

Na Figura 7.10 são ilustradas as linhas de argumentação do Cluster 4 – Uso 'de água para criação de animais. Pode observar-se que um conceito *rabo* (C167), via vários conceitos meios, explica vários conceitos *cabeças* (C69 e C145), e/ou por sua vez, um conceito *cabeça* (C69), via vários conceitos meios, é explicado por vários conceitos *rabos* (C167, C169, C188, C168 e C151). Este fato mostra a interação entre os conceitos, visto que, um determinado conceito é multidimensional (C114), uma vez que, este é influenciado por vários conceitos (dentro das linhas e argumentações A1, A4, A5, A6 e A7), e ao mesmo tempo é multifuncional, uma vez que, o mesmo presta-se a atender ou influenciar vários conceitos (dentro das linhas e argumentações A1 e A2).

**Ramos do mapa cognitivo** - consiste em buscar os ramos do mapa, visando gerar um eixo de avaliação do problema. Eles são constituídos por uma ou mais linhas de argumentação que mostrem preocupações similares sobre o contexto do problema. Trata-se, portanto, de uma análise de conteúdo, observando as idéias expressas nos conceitos.



**Figura 7.11 Ramos do Cluster 4 – Uso de água para criação de animais**

Deve-se salientar que, nesta tarefa, foi fundamental considerar a estrutura conceitual Força impulsora – Pressão – Estado – Resposta. Assim para cada fator foi separado uma ou mais ramos no mapa cognitivo.

Na Figura 7.11 é ilustrado os ramos do mapa cognitivo do Cluster 4 – Uso d'água para criação de animais, pode observar-se 5 ramos, revelando a existência de 5 candidatos a pontos de vista fundamentais. Não obstante, pelo fato de verificar-se a interdependência entre conceitos, é provável existir, em um ramo, mais do que um candidato a ponto de vista fundamental. Neste exemplo, deve ser também salientado que os ramos são orientados para o conceito *cabeça*, C69, indicando que, do ponto de vista dos interesses privados, o objetivo estratégico é a renda ou o lucro.

### 7.4.3 A visão do Comitê de Bacias

Antes de passar para as estruturas arborescentes dos PVFs, uma vez feita a análise do mapa cognitivo global, cabe fazer comentários sobre a visão do Comitê de Bacias e o enquadramento dos recursos hídricos com relação ao mapa cognitivo global.

#### **A visão do Comitê de Bacias sobre a questão dos recursos hídricos**

A Figura A4.18 do Anexo A4, apresenta o mapa cognitivo global, este mapa representa a visão global do problema, segundo a interpretação do autor. Como foi mencionado anteriormente, observa-se que este mapa não focaliza o problema da sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, como foi definido no rótulo do problema, porém, enfatiza o problema da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, considerando suas interfaces com os setores socioeconômicos.

Em geral, este fato não pode ser considerado como mudança do foco do problema, mas sim como uma concentração sobre o problema do sistema dos recursos hídricos e suas interfaces com os setores socioeconômicos. Como efeito, a estruturação do mapa cognitivo global, foi influenciada predominantemente pela legislação sobre os recursos hídricos e outras correlatas, pelos temas tratados nas reuniões plenárias e do CPA do Comitesinos e, pelo processo de enquadramento dos recursos hídricos. Assim, o mapa cognitivo foi concebido no âmbito da gestão dos recursos hídricos.

O mapa cognitivo global que representa a problemática da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos na Bacia dos Sinos, foi possível estruturá-lo com base no enfoque sistêmico, onde, o problema dos recursos hídricos transcendem fronteiras de caráter privadas e públicas, bem como do local para o global. Neste contexto, uma vez que, existem inter-relações da água com os outros recursos naturais como o solo e a vegetação, o problema da sustentabilidade dos recursos hídricos cria sinergia com a sustentabilidade dos referidos recursos naturais, além do meio ambiente. Desta maneira, os problemas ambientais de caráter local (degradação do solo, vegetação, resíduos sólidos, etc.) poderiam ser inseridos no âmbito da problemática global dos recursos hídricos. Assim, numa visão sistêmica e holística, como indica Valente<sup>23</sup>, sobre a base da

---

<sup>23</sup> VALENTE, Luís Antônio de Leon. Assist Tec. Estadual de Irrigação da EMATER. Entrevista sobre o setor agricultura irrigada. Porto Alegre-RS, junho de 2003.



problemática dos recursos hídricos podem ser enquadradas e equacionadas as problemáticas relacionadas com os outros recursos naturais e do meio ambiente (informação verbal).

No Quadro 7.2 apresenta-se a relação entre os *Clusters* do mapa cognitivo global e as categorias do Comitesinos. No contexto da problemática dos recursos hídricos, é evidente que existem visões diferenciadas pelas categorias do Comitê de Bacia. Seguindo com a divisão em duas áreas de interesse, estas descritas a seguir.

**Quadro 7.2 Relação dos *Clusters* no âmbito do Comitesinos**

<b>Clusters do mapa cognitivo global</b>	<b>Categorias do Comitesinos</b>
1. Abastecimento público da água potável e esgotamento sanitário	– Abastecimento Público – Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana
2. Abastecimento de água para uso industrial,	– Indústria
3. Uso de água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos	– Agricultura
4. Uso de água para criação de animais,	– Agricultura
5. Uso de água para geração de energia elétrica	– Geração de Energia
6. Navegação e mineração	– Navegação e Mineração
7. Uso de água para criação natural e/ou intensiva de espécies aquáticas para alimento humano,	– Agricultura
8. Uso da água para turismo e lazer aquático: pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística	– Turismo, Lazer e Pesca
9. Regime hidrológico do rio, relacionado com os aspectos quantitativos	– Representantes da população da bacia: Legislativos Municipais, Instituições de Ensino Superior, Representação Comunitária, Organizações Ambientalistas, Associações Técnico-Científicas – Representantes do governo do Estado e outras entidades: FEPAM, METROPLAN, etc.
10. Qualidade da água do rio	
11. Estrutura "habitat" e morfologia do rio	
12. Aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares	

#### **No âmbito dos objetivos privados:**

**Quanto às atividades de agricultura irrigada, pecuária e aquicultura** - No mundo rural, Ellis (*apud* HOLZ, 1999) destaca cinco teorias relacionadas aos objetivos dos agricultores em suas atividades econômicas, estas são: a) a teoria neoclássica, que defende que o objetivo é maximizar o lucro e o realiza atuando em mercados competitivos, apesar de ter restrições de recursos; b) a teoria do produtor averso ao risco, presume que o objetivo é maximizar a utilidade da segurança e não o lucro, sendo que o problema estaria nas causalidades naturais, riscos sociais e preços incertos; c) a teoria da aversão ao trabalho penoso, presume que o objetivo é maximizar a utilidade representada pela relação renda/lazer, ou seja, busca-se a renda até no limite em que o trabalho prejudica um determinado limite de lazer, assumindo-se que não há um mercado de

trabalho desenvolvido; d) a teoria da unidade produtora para consumo, presume que o objetivo é geral, com predominância de otimizar a economia doméstica. Assume que não há um mercado de trabalho e que o produtor, apesar de produzir para o mercado e para o seu consumo, utiliza o tempo que sobra em atividades que visam o seu próprio bem-estar; e) a teoria do agricultor parceiro, presume que o objetivo é maximizar o lucro, apesar de que não consiga fazê-lo de forma eficiente, uma vez que, não existe a posse da terra. Como o proprietário consegue ser eficiente e o parceiro não, os que adotam essa teoria defendem a Reforma Agrária.

Ainda, a teoria da agricultura familiar, por suas peculiaridades, presume que o objetivo é predominantemente para geração de renda do que para lucro, uma vez que essas atividades são expostas aos riscos naturais pela sua direta interferência do meio ambiente, por isso, os mesmos tornam-se menos atrativos ao sistema capitalista (NAVARRO, 2001).

**Com relação às atividades de turismo e lazer aquático** - Do ponto de vista da tendência da mercantilização dos recursos naturais, defende-se que o objetivo é maximizar o lucro, principalmente aquelas atividades desenvolvidas em áreas privadas, tal como o serviço de recreação de pesca amadora, por exemplo, o Pesque-Pague. Não obstante, do ponto de vista dos usuários dos serviços recreativos, o objetivo é maximizar os benefícios sociais, visando melhorar a qualidade de vida da população. Entre esses serviços, destacam-se as atividades desenvolvidas preferencialmente em áreas públicas, como a pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística.

**Quanto às atividades industriais** - Do ponto de vista da racionalidade econômica, advoga-se que o objetivo é a geração do lucro. Para a Organização Mundial do Comércio, o desenvolvimento sustentável é moldado, basicamente, sob duas dimensões, a preservação dos recursos naturais e a eficiência econômica. De acordo com Eden (1994), os 16 princípios de gestão ambiental propostos pela Câmara Internacional de Comércio se relacionam exclusivamente com o ambiente físico, enfatizando as mudanças intrafirma e interfirma, visando a redução de custos e aumento do lucro.

**Com relação ao abastecimento público de água potável e a geração de energia elétrica** - Do ponto de vista da racionalidade das necessidades sociais, presume-se que o objetivo é maximizar os benefícios sociais, visando satisfazer as necessidades básicas da população, pois a água é o elemento essencial da vida. Entretanto, numa visão da racionalidade econômica, o objetivo é maximizar o lucro. Ainda, numa visão economicista, ambos os serviços são vistos como infra-estrutura de suporte às atividades econômicas. No âmbito do desenvolvimento sustentável defende-se que a racionalidade das necessidades sociais deve substituir à racionalidade econômica. Isso significa que deve-se levar em conta, essencialmente, as três dimensões do desenvolvimento sustentável, tais como: preservação dos recursos naturais, eficiência econômica e equidade social.

**Com relação às atividades de navegação** - defende-se que o objetivo, basicamente, é maximizar os benefícios econômicos, uma vez que são vistas como infra-estrutura de transporte para suporte das atividades econômicas, por exemplo, a mineração.

**No âmbito dos objetivos sócio-ambientais ou públicos:**

Como foi apresentado na Figura 7.8, defende-se que o objetivo da área de interesse público é a preservação dos recursos naturais, dos processos ecológicos, ecossistemas e a diversidade (Const. Fed. Art. 225, I, II; Lei Fed. 6938, Art. 2). Nesta perspectiva, presume-se que o objetivo é preservar a integridade do sistema de recursos hídricos, de maneira que, deve-se preservar/conservar e melhorar os estados dos aspectos quantitativos e qualitativos da água e/ou ambiente aquático. Ainda, por sua vez, numa visão antrópica, as reservas dos recursos hídricos têm o objetivo de assegurar a disponibilidade de água para satisfazer as necessidades dos consumidores atuais e futuras.

Desta maneira, no âmbito do Comitê de Bacias, a visão dos usuários de água, bem como o resto das categorias, inseparavelmente, são permeados por diversas teorias e ideologias políticas.

### Compatibilidade do enquadramento dos recursos hídricos com o mapa cognitivo

Como foi mencionado anteriormente, o desenvolvimento de critérios e/ou indicadores de sustentabilidade começa com o enquadramento dos recursos hídricos. Assim, resultou o mapa cognitivo global que contempla exhaustivamente os usos preponderantes dos recursos hídricos na Bacia dos Sinos. O Quadro 7.3 mostra a relação entre os *Clusters* do mapa cognitivo global e as classes de qualidade da água que poderiam ser almejadas no âmbito do Comitê de Bacia.

**Quadro 7.3 Classes de qualidade da água segundo seus usos preponderantes**

Nº	Usos da água	Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
1	1 - Abastecimento público d'água potável	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	Não
2	2.1 - Abastecimento d'água para uso industrial: de rios e riachos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
3	2.2 - Abastecimento d'água para uso industrial: de empresas de abastecimento	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
4	2.3 - Abastecimento d'água para uso industrial: de poços	Sim	Sim	Sim	Não	Não
5	3 - Uso d'água para irrigação	Sim	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	Não
6	4 - Uso d'água para criação de animais	Sim	Sim	Sim	<u>Sim</u>	Não
7	5 - Uso d'água para geração de energia elétrica	Sim	Sim	Sim	Não	Não
8	6 - Uso d'água para navegação	Sim	Sim	Sim	Sim	<u>Sim</u>
9	7 - Uso d'água para criação natural e/ou intensiva de espécies aquáticas para alimento humano	Sim	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	Não	Não
10	8.1 - Uso d'água para fins de turismo e lazer aquático: pesca amadora	Sim	Sim	Sim	Não	Não
11	8.2 - Uso d'água para fins de turismo e lazer aquático: recreação de contato primário	Sim	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	Não	Não
12	8.3 - Uso d'água para fins de turismo e lazer aquático: contemplação paisagística	Sim	Sim	Sim	Sim	<u>Sim</u>
13	9 - Qualidade da água do rio: proteção das comunidades aquáticas	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	Não	Não
Total (satisfação)		13	13	13	7	3

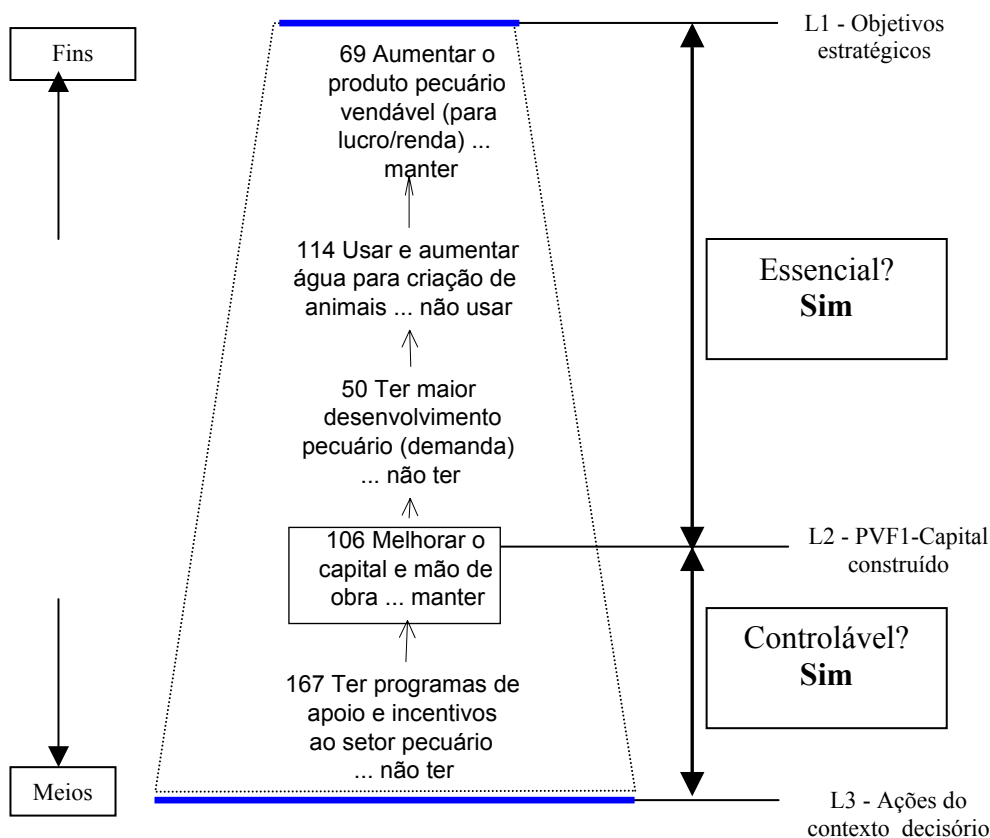
Referências: letra normal representa a hipótese da qualidade e letra sublinhada representa a qualidade segundo a Resolução CONAMA N° 20/86

Fonte: Elaboração pelo autor, a partir da Resolução CONAMA N° 20/86

## 7.5 Identificação dos pontos de vista fundamentais

Na Seção anterior através da análise dos mapas cognitivos foi preparado o mesmo para uma transição ao um modelo multicritério. Esta tarefa pode ser feita aplicando a técnica do enquadramento dos ramos dos mapas cognitivos. Uma síntese do mesmo é apresentado no Anexo A1 e para maiores detalhes ver Montibeller (1996).

A Figura 7.12 ilustra o enquadramento do ramo R1 para o candidato a PVF1 - Capital construído do *Cluster 4* - Uso d'água para criação de animais, ilustrando como encontrar o candidato a ponto de vista fundamental. Evidentemente, neste processo, além de verificar as propriedades essenciais e controláveis dos PVFs, observou-se as propriedades completo (exaustividade), mensurável, operacional, não redundante, conciso e compreensível. Em particular, sobre a propriedade isolável dos PVFs que é testada nas metodologias do MCDA, será testada e comentada mais adiante na Seção de construção dos descritores.

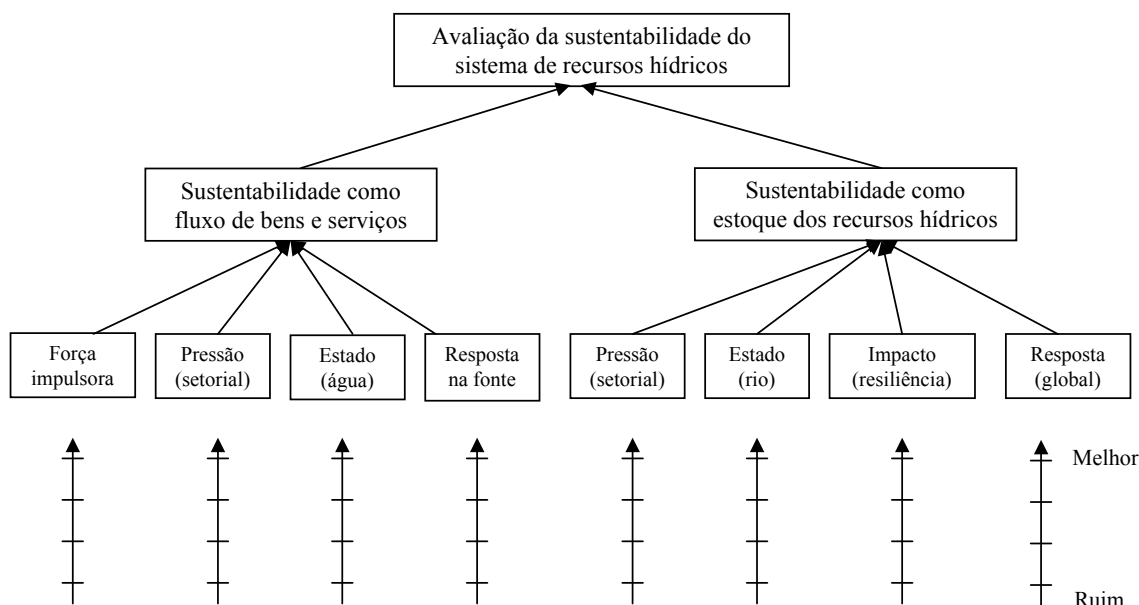


**Figura 7.12 O enquadramento do ramo R1 para o candidato a PVF1 - Capital construído do *Cluster 4* - Uso d'água para criação de animais**

Desta maneira, identificou-se um conjunto de PVFs para cada *Cluster*, os quais são denominados famílias de PVFs. Logo, tendo como base, de um lado, as famílias de PVFs, de outro, a estrutura conceitual Força impulsora – Pressão – Estado – Resposta, foi possível representá-los na forma de uma arborescência.

### 7.5.1 Arborescência dos pontos de vista fundamentais: sustentabilidade do sistema de recursos hídricos

Na Figura 7.13 apresenta-se a árvore de super-pontos de vista para avaliar a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, esta é, a estrutura base do problema que está sendo estudado. Observa-se que a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos está representada sob duas dimensões: de um lado, a área de interesse privado, representada pela sustentabilidade como fluxo de bens e serviços, e de outro, a área de interesse público ou socioambiental, representada pela sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos. São duas problemáticas diferenciadas, no entanto, podem ser vistas como dois conjuntos difusos com elementos de pertinência comum, já que existem interfaces entre ambas. Então, com base nesta estrutura, podem ser tratadas as duas áreas de interesse eventualmente por separado, de modo a serem levadas em conta as interações e/ou impactos de uma área de interesse sobre a outra.



**Figura 7.13** Árvore de Pontos de Vista: sustentabilidade do sistema de recursos hídricos

### 7.5.2 Sustentabilidade como fluxo de bens e serviços

Na Figura 7.14 apresenta-se a árvore de *super pontos de vista* para avaliar a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços, esta é, a estrutura do problema que está sendo estudado, a partir de uma perspectiva de interesse preferencialmente privada, isto é, no âmbito local e/ou setorial. Esta área de interesse está composta a partir de quatro super pontos de vista:

**Força impulsora** - Refere-se aos aspectos potenciais que geram ou viabilizam as atividades econômicas – que condições potenciais existem para gerar ou empreender atividades econômicas? Normalmente, é representado pelo capital construído e/ou variáveis que dinamizam as atividades econômicas.

**Pressão** - Refere-se aos aspectos que diretamente geram alterações no meio ambiente, quando realizadas as atividades econômicas – por que está acontecendo? Normalmente, é representada pela intensidade de consumo de recursos naturais, ocupação de áreas e emissão de resíduos pelas atividades econômicas.

**Estado** - Refere-se às mudanças ou tendências nas condições naturais (aspectos físicos e biológicos) que são condicionantes às atividades econômicas – o que está acontecendo ao ambiente ou recurso natural? Normalmente, é representado pelo estado do capital natural, em termos de quantidade e qualidade.

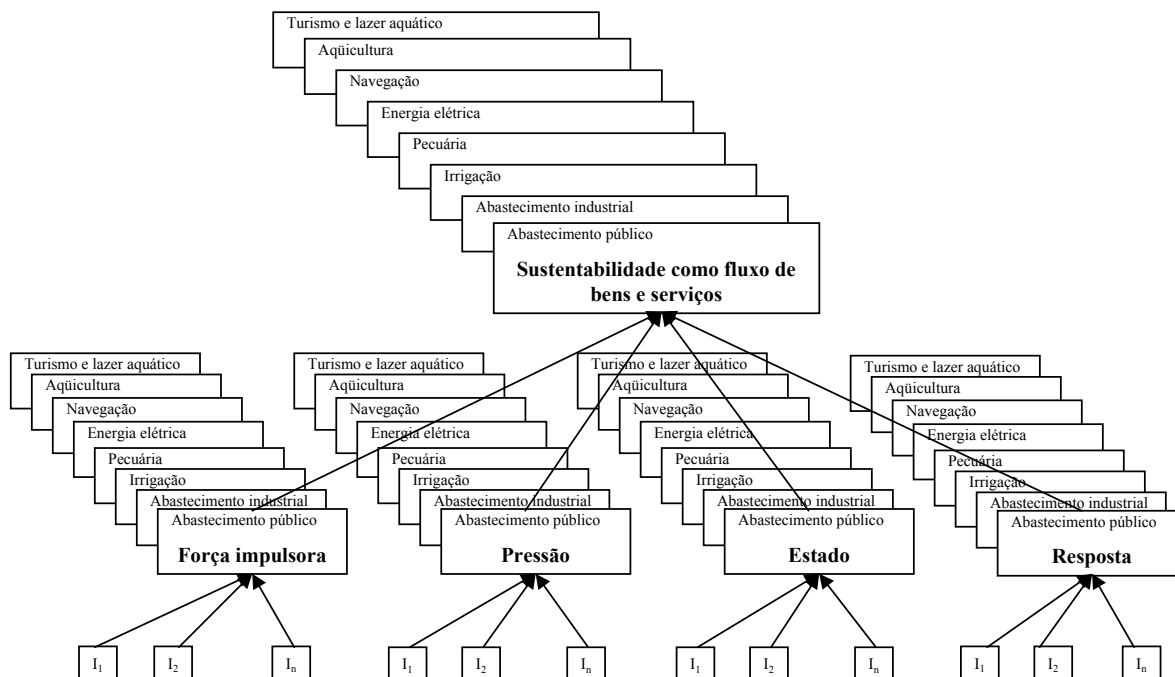
**Resposta** - Refere-se aos aspectos que procuram compensar, mitigar e controlar as alterações geradas na fonte ou atividade econômica, isto é, no âmbito local – o que está sendo feito quanto a isso? Normalmente, é representado pela implantação de medidas de seguridade ambiental, bem como pelos instrumentos de gestão dos recursos naturais e do meio ambiente.

Como foi mencionado na Seção 7.4.1, identificaram-se oito sub-áreas de interesse que representam o potencial econômico da bacia, as mesmas, como usuários setoriais dos recursos hídricos, são as seguintes: Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário; Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes; Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos; Uso d'água para criação de animais; Uso d'água para geração de energia elétrica; Navegação; Uso d'água para criação natural e/ou

intensiva de espécies aquáticas para alimento humano; Uso d'água para turismo e lazer aquático: pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística.

Como salientado na Seção 7.4.3, tanto o setor de abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário, quanto o setor de energia elétrica, são mais de natureza social do que econômico, pois, principalmente a água é o elemento essencial da vida, e a energia é uma das necessidades básicas para o bem estar da população. Entretanto, o resto dos setores são de natureza mais econômica do que social, uma vez que buscam, basicamente, a geração de renda e/ou lucro.

Cada um dos setores econômicos compreende de um conjunto de aspectos que viabilizam sua existência e operação, estes aspectos podem ser agrupados em 4 dimensões, tais como social, ambiental, econômico e interinstitucional. Entretanto, presume-se que tais aspectos não podem ser avaliados isoladamente, uma vez que estão em constante interação e dependência. A seguir será apresentado cada um desses setores econômicos.

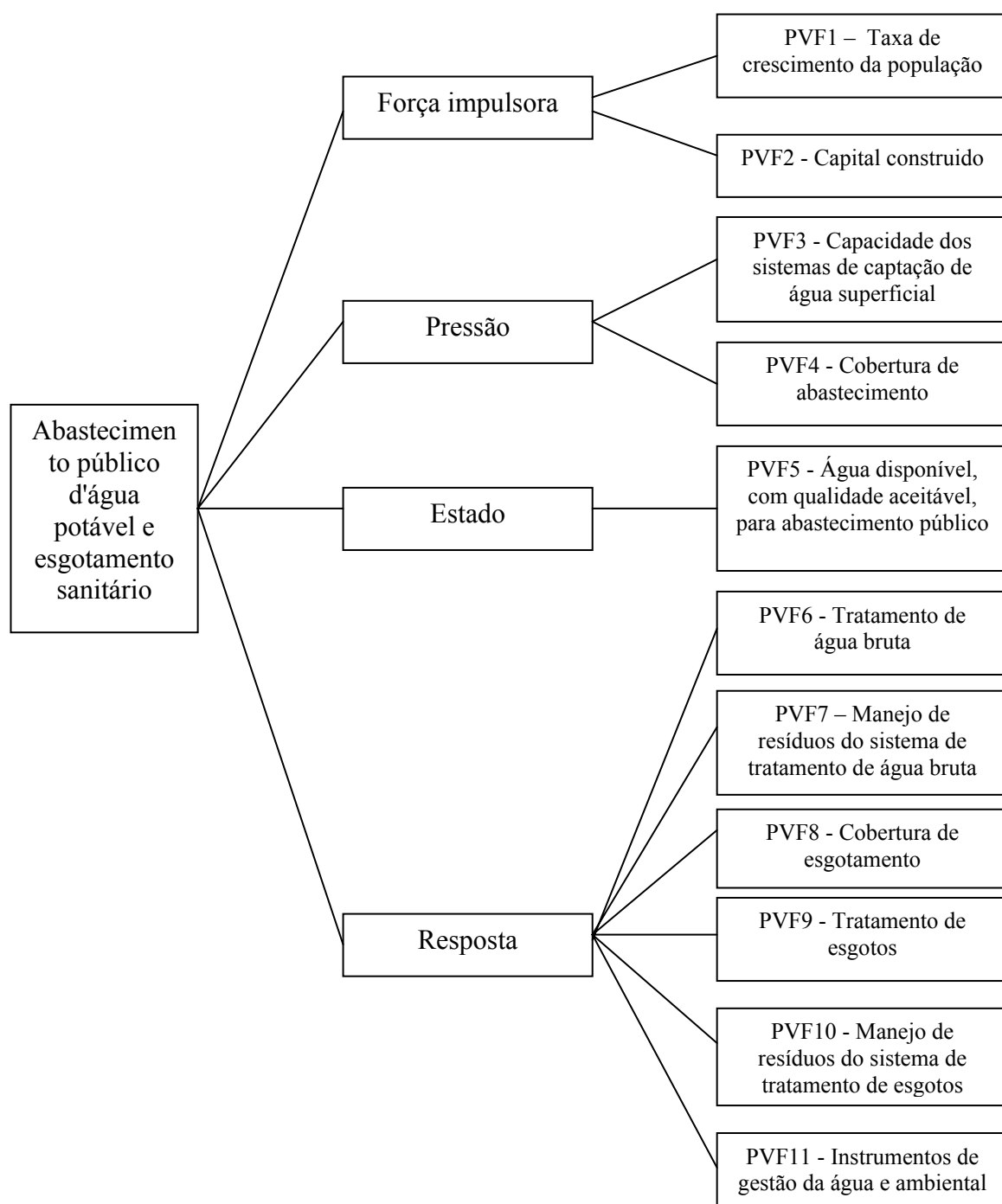


**Figura 7.14** Árvore do Sistema de Indicadores: sustentabilidade como fluxo de bens e serviços



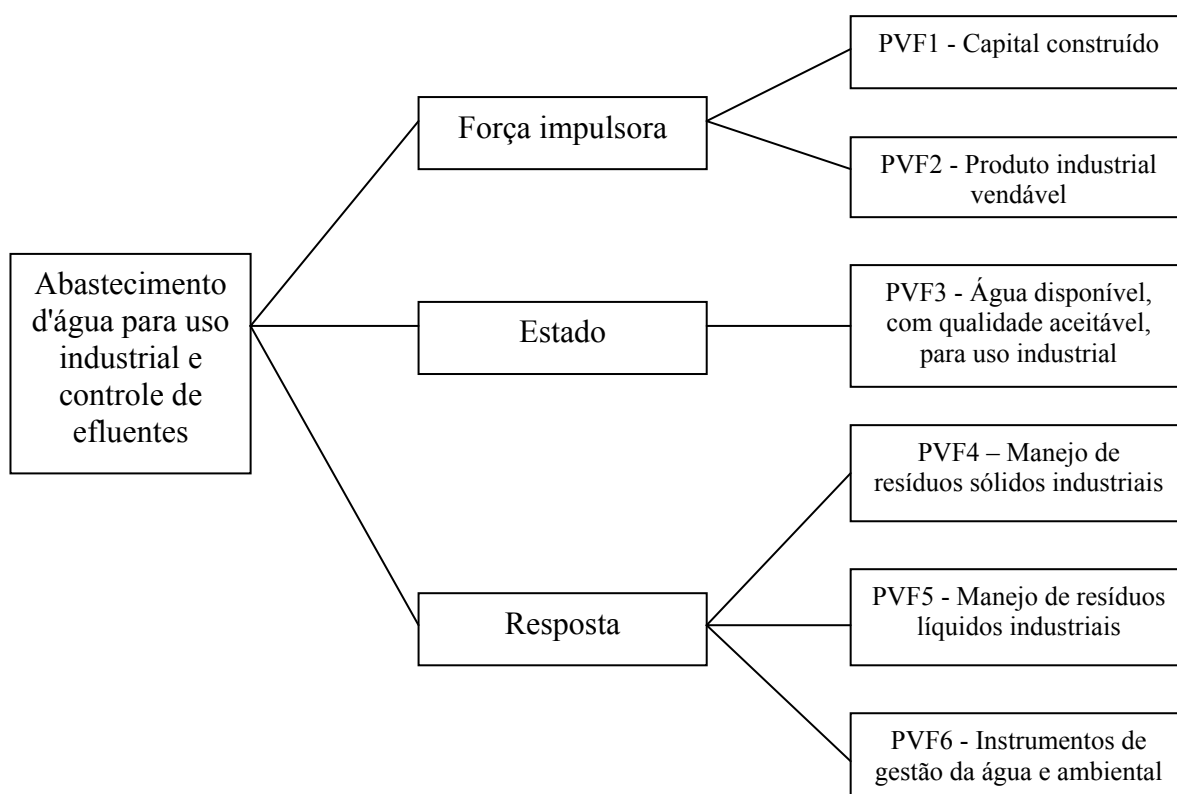
**Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário** - Na Figura 7.15 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 1* - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário, esta é, a estrutura do problema deste setor, o mesmo, contempla 11 PVFs, por sua vez, ainda possui 24 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.

Numa visão social a estrutura do problema deste setor deve enfatizar a satisfação das necessidades básicas de abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário. Este aspecto é representado pelo PVF3 – Cobertura de abastecimento de água potável e PVF7 – Cobertura de esgotamento sanitário. De outro lado, o PVF1 - Capital construído é avaliado com relação ao crescimento da população. Adicionalmente, o PVF4 - Água disponível, com qualidade aceitável, para abastecimento público, contempla as oportunidades de acessibilidade ao recurso de água potável. Assim, este setor envolve aspectos da dimensão social, com vista a uma equidade social, além de focalizar o seu crescimento setorial e preservação do meio ambiente.



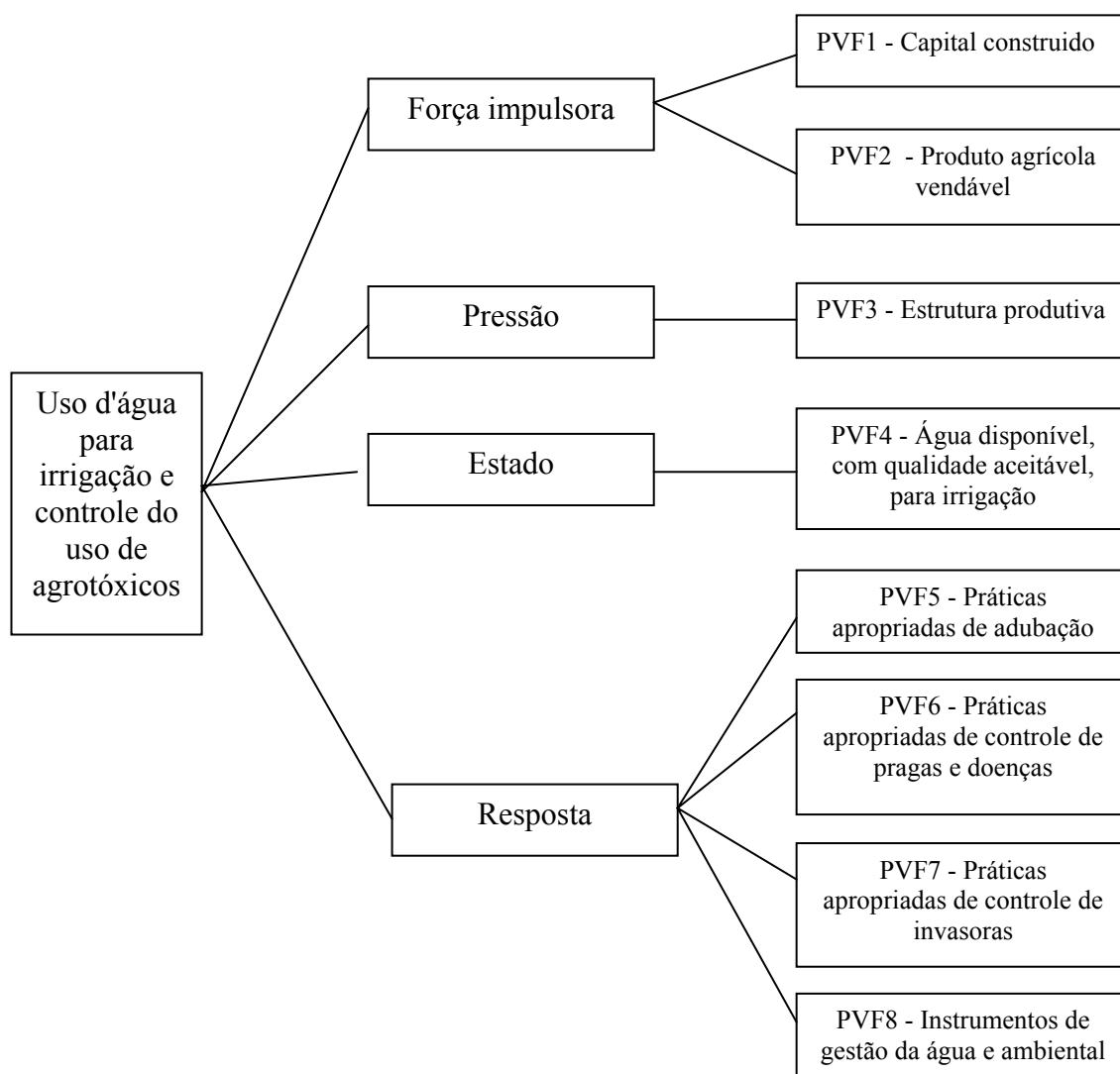
**Figura 7.15** Árvore de Pontos de Vista: Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário

**Abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos** - Na Figura 7.16 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos, esta é, a estrutura do problema deste setor. O mesmo, contempla 6 PVFs, que por sua vez, ainda possui 23 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.



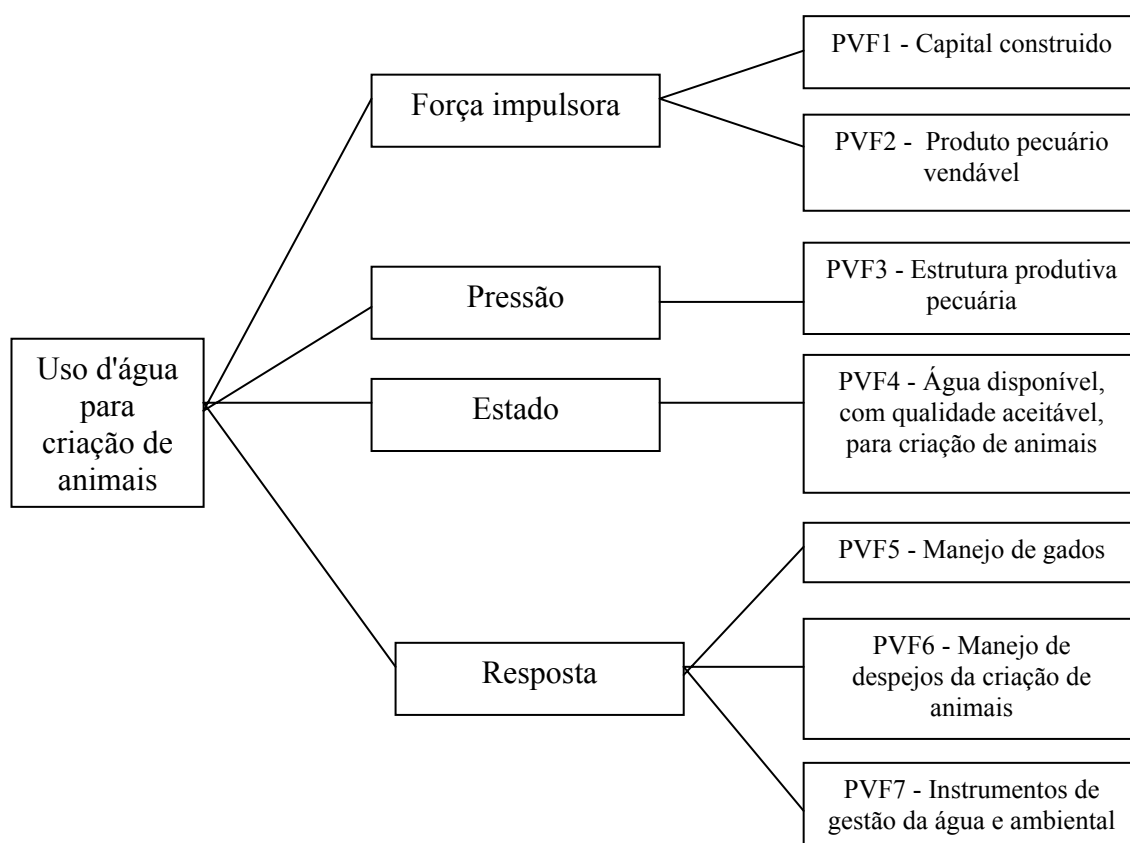
**Figura 7.16** Árvore de Pontos de Vista: Abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos

**Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos** - Na Figura 7.17 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 3* - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos, esta é, a estrutura do problema deste setor. O mesmo, contempla 8 PVFs, por sua vez, ainda possui 16 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.



**Figura 7.17** Árvore de Pontos de Vista: Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos

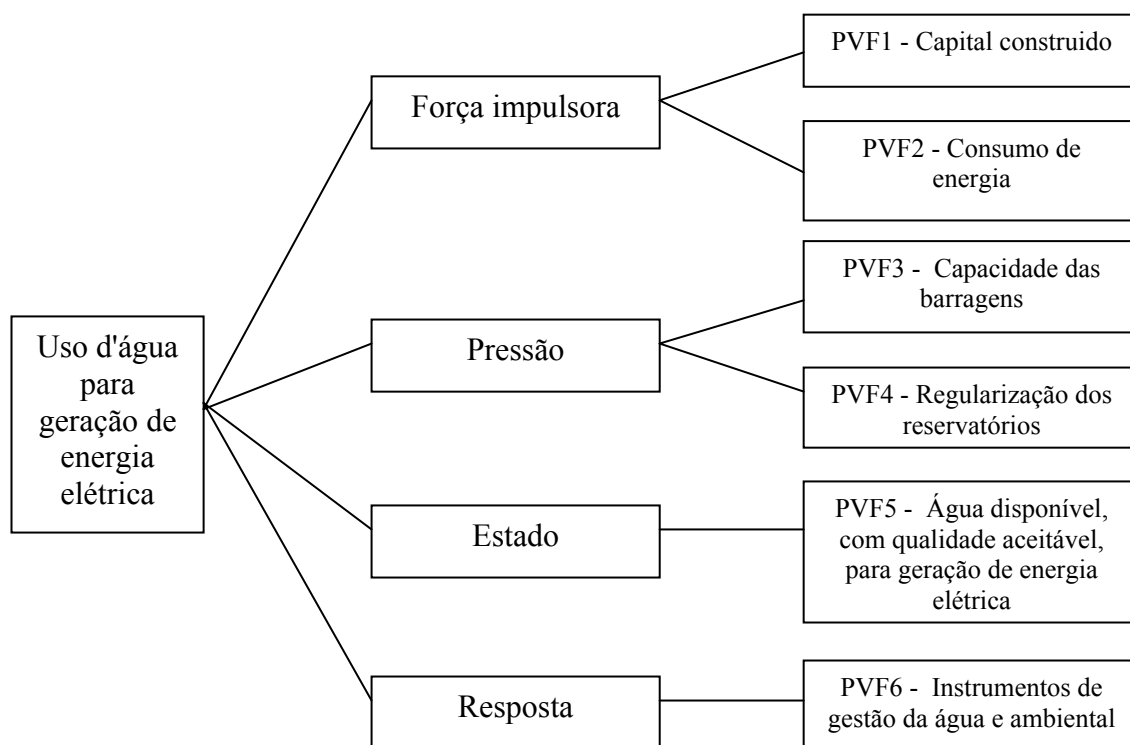
**Uso d'água para criação de animais** - Na Figura 7.18 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 4 - Uso d'água para criação de animais*, esta é, a estrutura do problema deste setor. O mesmo, contempla 7 PVFs, por sua vez, ainda possui 14 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.



**Figura 7.18** Árvore de Pontos de Vista: Uso d'água para criação de animais

**Uso d'água para geração de energia elétrica** - Na Figura 7.19 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 5* - Uso d'água para geração de energia elétrica, esta é, a estrutura do problema deste setor. O mesmo, contempla 7 PVFs, por sua vez, ainda possui 15 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.

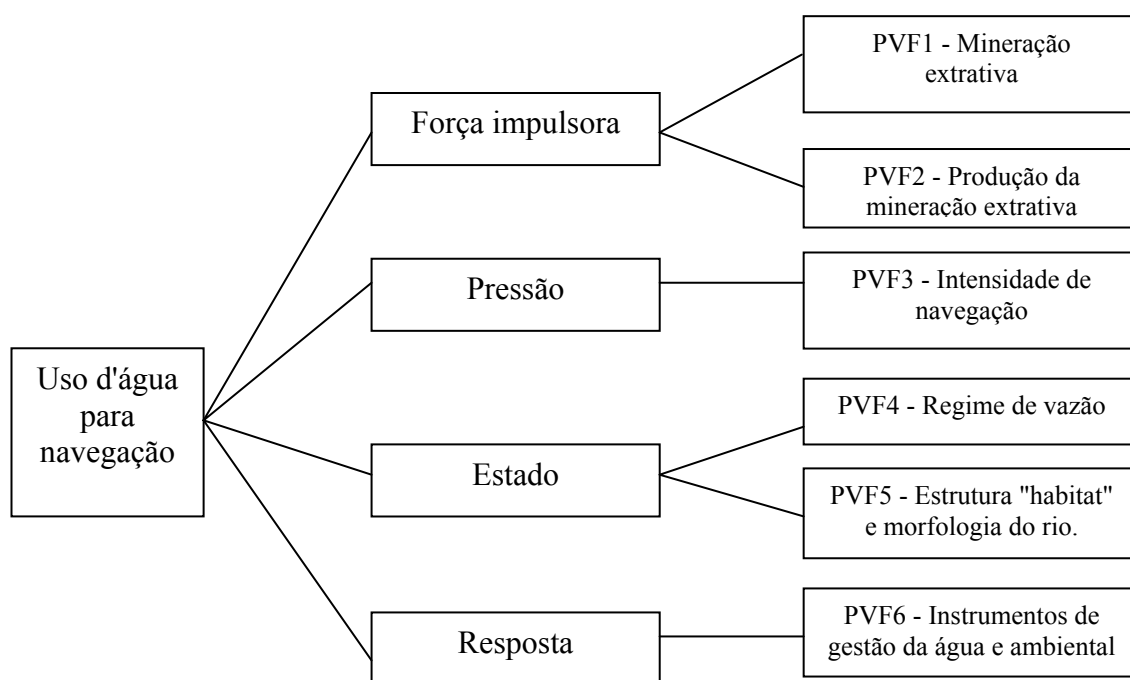
Numa visão social a estrutura do problema deste setor deve enfatizar a satisfação da necessidade básica de abastecimento público de energia elétrica, pois, este recurso é uma das necessidades básicas para o bem estar da população. Este aspecto é representado pelo PVF2 – Consumo de energia e de alguma maneira no PVF4 - Água disponível, com qualidade aceitável, para abastecimento público. Assim, este setor envolve aspectos da dimensão social, com vista a uma equidade social, além de focalizar o seu crescimento setorial e preservação do meio ambiente.



**Figura 7.19** Árvore de Pontos de Vista: Uso d'água para geração de energia elétrica

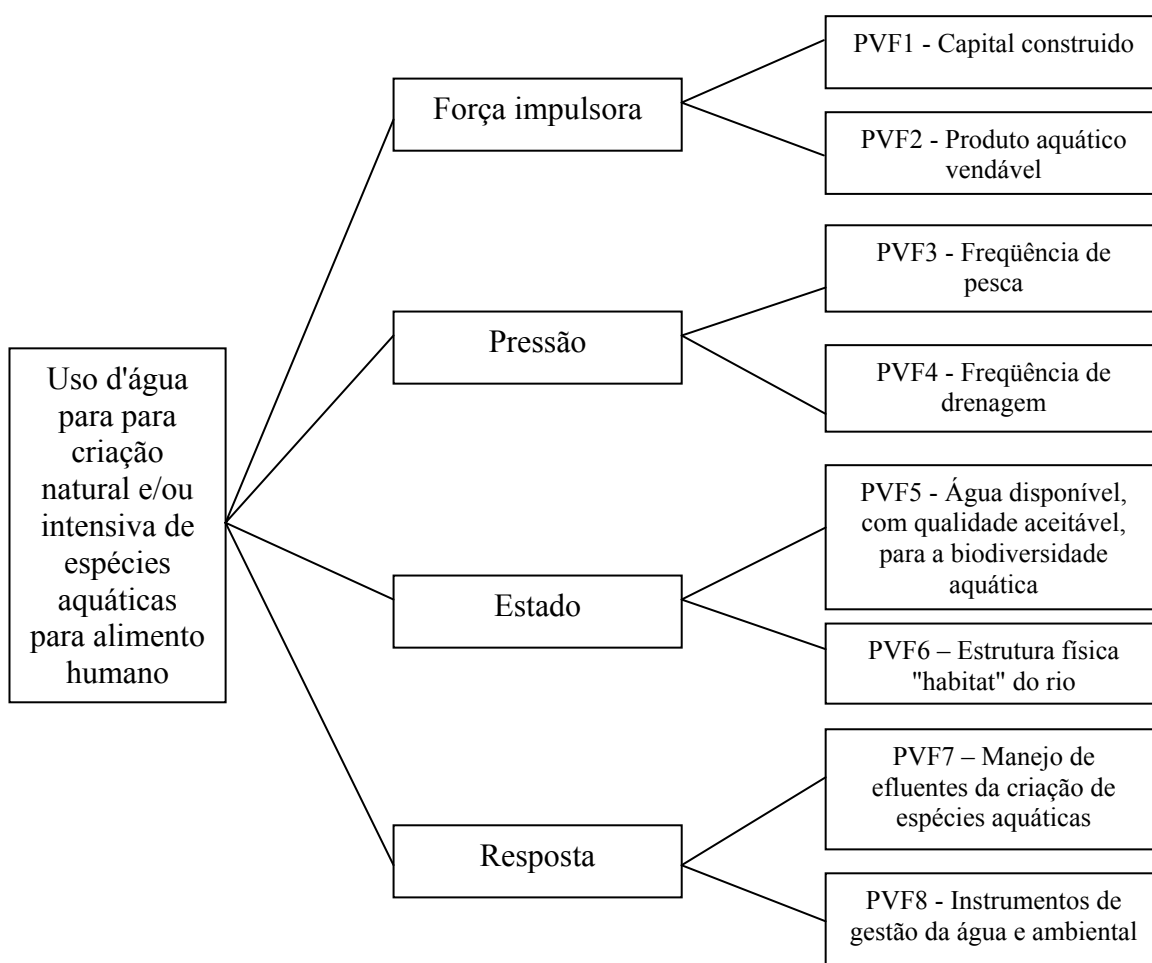
**Navegação** - Na Figura 7.20 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 6 - Navegação*, esta é, a estrutura do problema deste setor. O mesmo, contempla 6 PVFs, por sua vez, ainda possui 15 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.

Na bacia do Rio dos Sinos, a relação entre navegação e mineração é estabelecida, uma vez que, a navegação é feita principalmente pelas atividades de mineração.



**Figura 7.20** Árvore de Pontos de Vista: Navegação

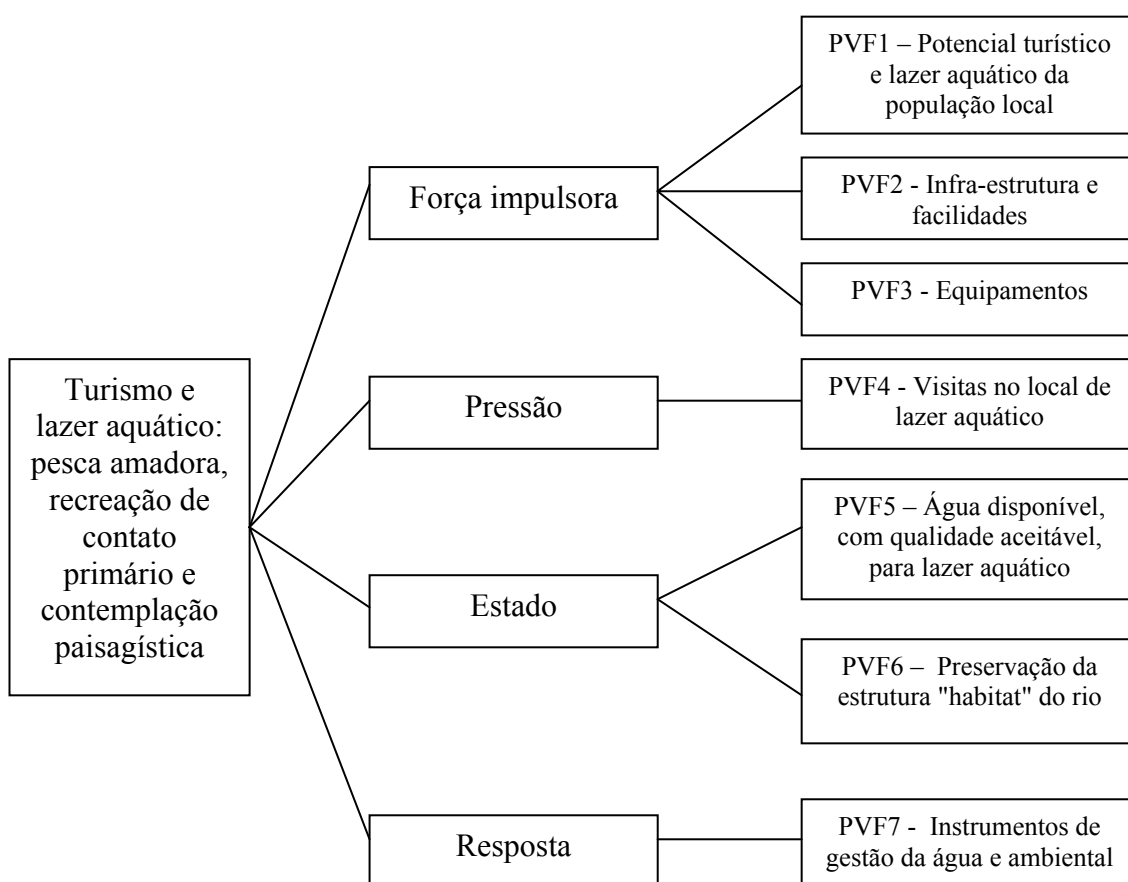
**Uso d'água para criação natural e/ou intensiva de espécies aquáticas para alimento humano** - Na Figura 7.21 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 7* - Uso d'água para criação natural e/ou intensiva de espécies aquáticas para alimento humano, esta é, a estrutura do problema deste setor. O mesmo, contempla 8 PVFs, por sua vez, ainda possui 20 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.



**Figura 7.21** Árvore de Pontos de Vista: Uso d'água para criação natural e/ou intensiva de espécies aquáticas para alimento humano



**Turismo e lazer aquático: pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística** - Na Figura 7.22 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 8* - Turismo e lazer aquático: pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística, esta é, a estrutura do problema deste setor. O mesmo, contempla 7 PVFs, por sua vez, ainda possui 25 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.



**Figura 7.22** Árvore de Pontos de Vista: Turismo e lazer aquático: pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística

### 7.5.3 Sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos

Na Figura 7.23 apresenta-se a árvore de super pontos de vista para avaliar a sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos, esta é, a estrutura do problema que está sendo estudado, desde uma perspectiva de interesse preferencialmente público ou social, isto é, no âmbito global. Esta área de interesse está composta a partir de quatro super pontos de vista:

**Pressão** - Refere-se aos aspectos que diretamente geram alterações diretamente no meio ambiente, quando realizadas as atividades humanas – por que está acontecendo? Normalmente, é representada pela intensidade de consumo de recursos naturais, ocupação de áreas, emissão de resíduos pelas atividades econômicas.

**Estado** - Refere-se às mudanças ou tendências das condições naturais que potencializam as atividades econômicas – o que está acontecendo ao ambiente ou recurso natural? Normalmente, é representado pelo estado do capital natural, em termos de quantidade e qualidade.

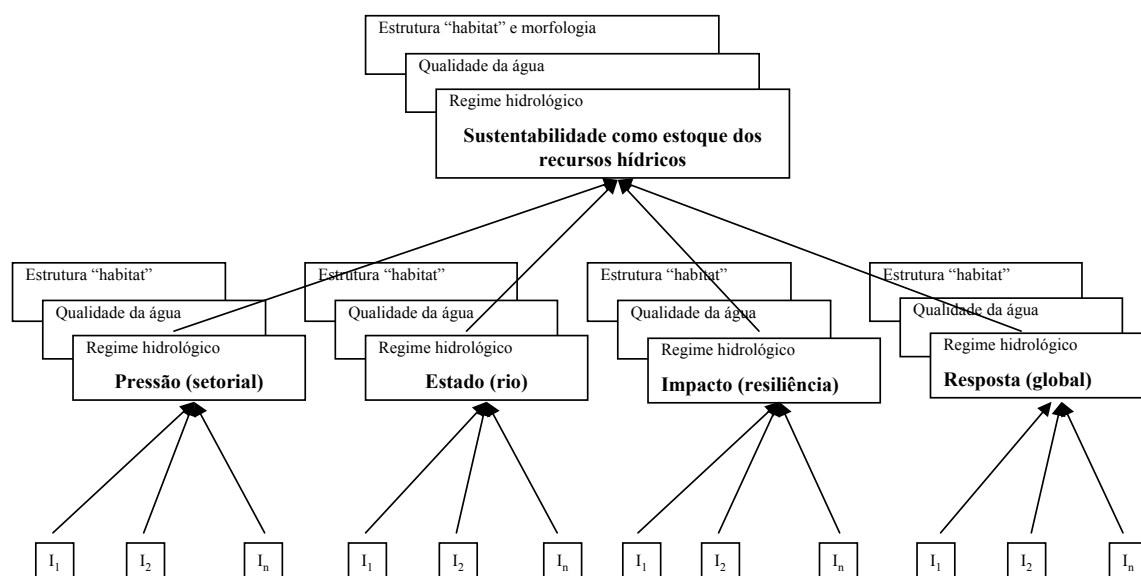
**Impacto** - Refere-se aos aspectos de impacto que são gerados pela insuficiência da capacidade de resiliência do meio ambiente – que tipo de impactos negativos estão acontecendo? Normalmente, é representado pelos impactos negativos e/ou conflitos entre usuários dos recursos naturais.

**Resposta** - Refere-se às medidas políticas quanto aos problemas diagnosticados, que procuram compensar, mitigar e controlar as alterações geradas pelas atividades humanas no âmbito global – o que está sendo feito quanto a isso?. Normalmente, é representado pela implantação de medidas de seguridade ambiental, bem como pelos instrumentos de gestão dos recursos naturais e do meio ambiente.

Como foi mencionado na Seção 7.4.1 e de acordo com a Figura 7.23, identificaram-se três sub-áreas de interesse que representam a integridade do sistema de recursos hídricos, estas são: Regime hidrológico do rio; Qualidade da água do rio e; Estrutura "habitat" e morfologia do rio. Adicionalmente, existe ainda uma quarta sub-área de interesse, que na verdade, resume-se a apenas um único ponto de vista fundamental, que procura avaliar o aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares.

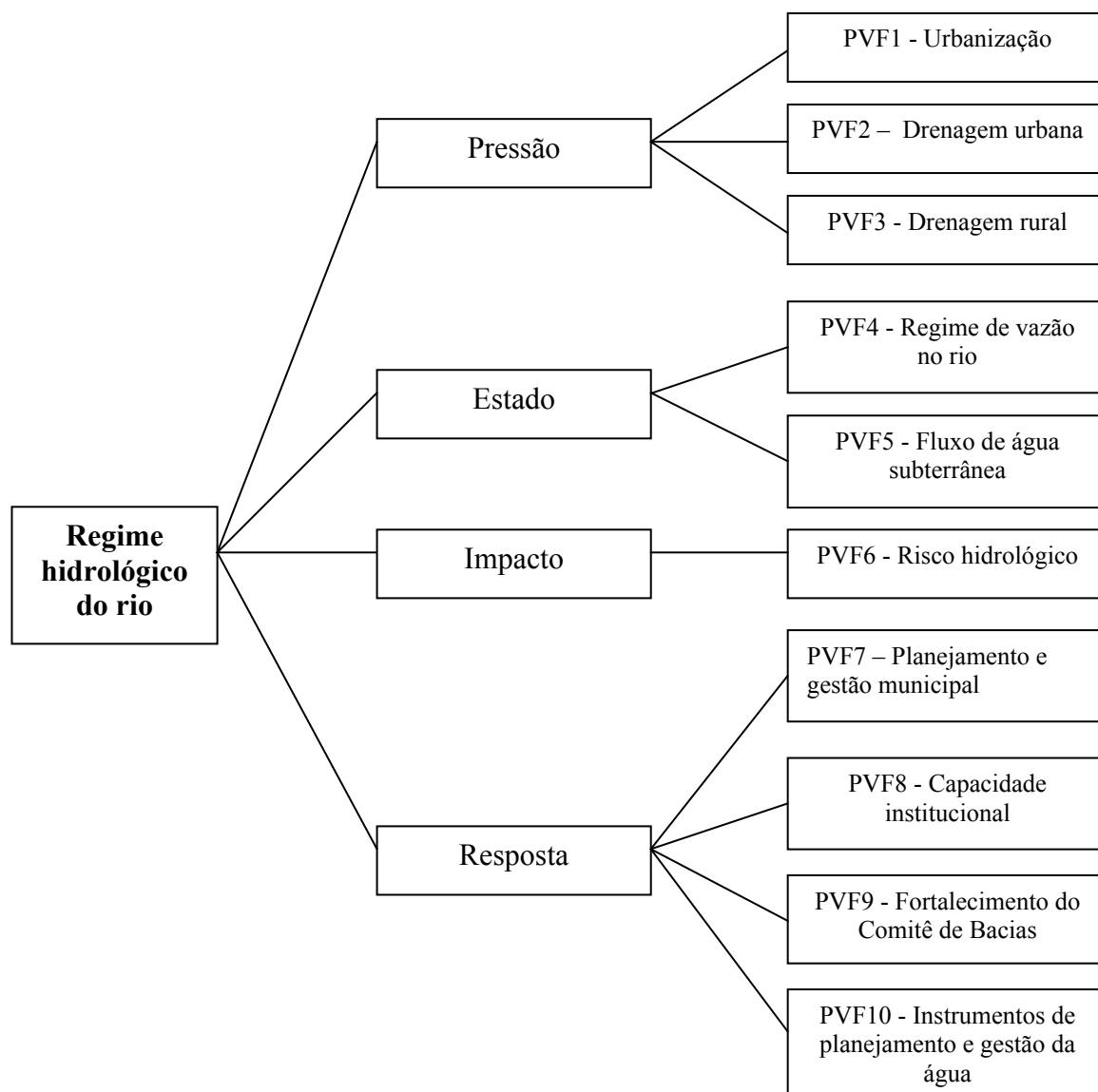
Cada uma dessas áreas compreende de um conjunto de aspectos que viabilizam sua existência e operação. Estes aspectos podem ser agrupados em três dimensões, tais como: social, ambiental e interinstitucional. Entretanto, presume-se que tais aspectos não podem ser avaliados isoladamente, uma vez que estão em constante interação e dependência. A seguir será apresentada cada uma dessas sub-áreas de interesse.

Alguns indicadores do tipo resposta, na perspectiva da área de interesse privado, são considerados do tipo pressão na perspectiva da área de interesse público.



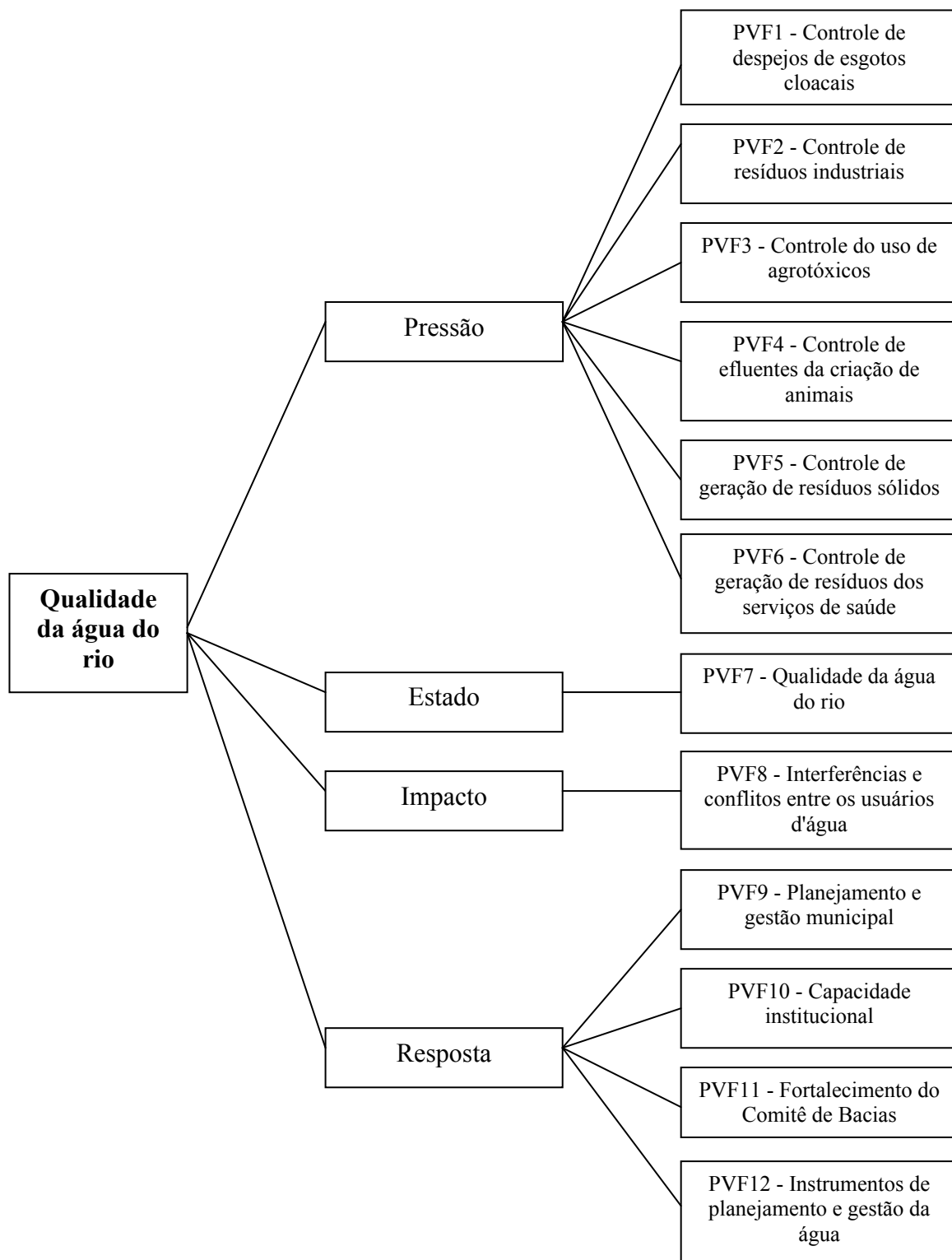
**Figura 7.23** Árvore do Sistema de Indicadores: sustentabilidade como estoque de recursos hídricos

**Regime hidrológico do rio** - Na Figura 7.24 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 9* - Regime hidrológico do rio, esta é, a estrutura do problema em termos quantitativos dos recursos hídricos. O mesmo, contempla 10 PVFs, por sua vez, ainda possui 50 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.



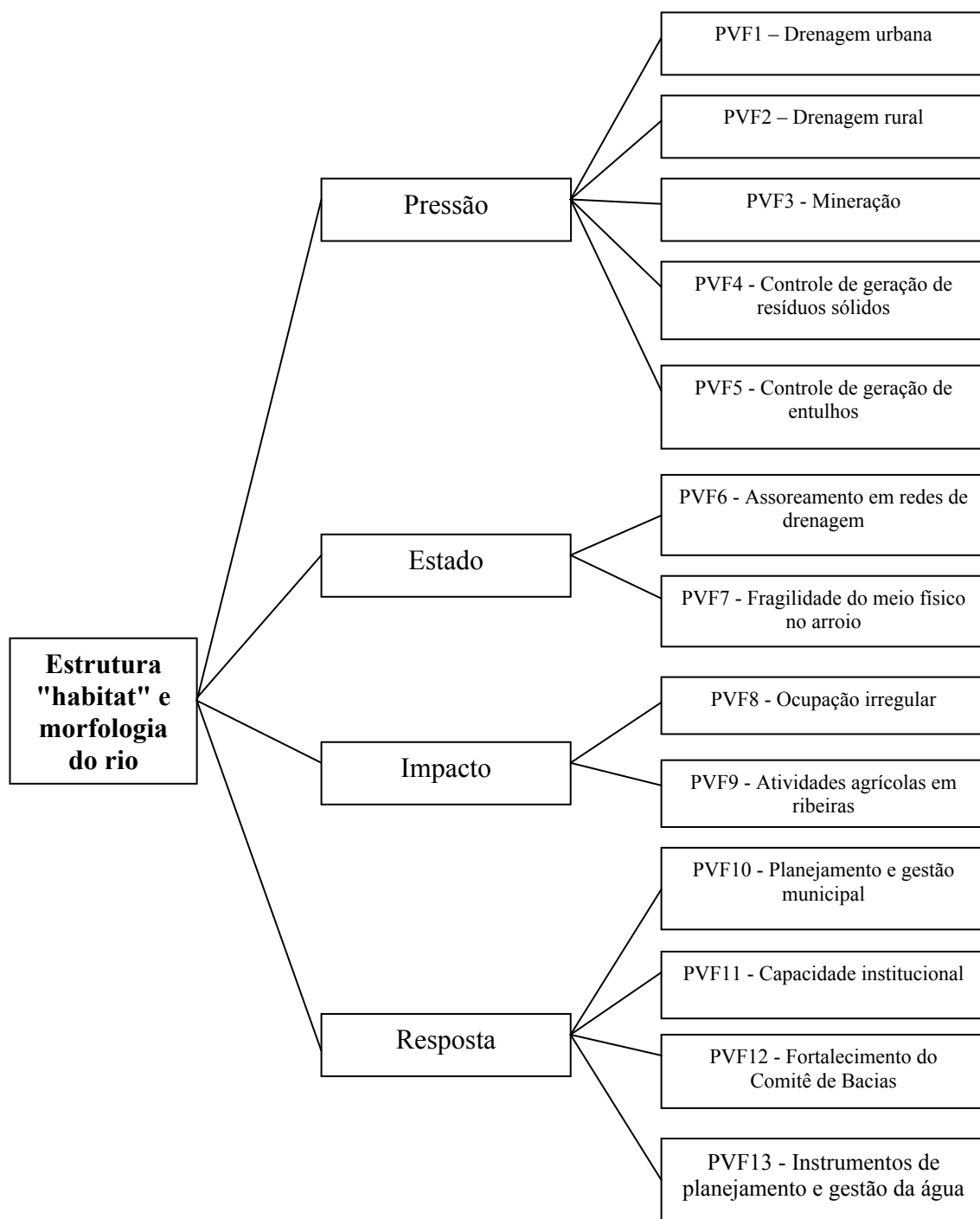
**Figura 7.24** Árvore de Pontos de Vista: Regime hidrológico do rio

**Qualidade da água do rio** - Na Figura 7.25 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster 10* - Qualidade da água do rio, esta é, a estrutura do problema em termos qualitativos dos recursos hídricos. O mesmo, contempla 12 PVFs, por sua vez, ainda possui 83 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.



**Figura 7.25** Árvore de Pontos de Vista: Qualidade da água do rio

**Estrutura "habitat" e morfologia do rio** - A Figura 7.26 apresenta a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster* 11 - Estrutura "habitat" e morfologia do rio, esta é, a estrutura do problema em termos da estrutura física dos corpos de água. O mesmo, contempla 13 PVFs, por sua vez, ainda possui 81 sub-PVEs. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.



**Figura 7.26** Árvore de Pontos de Vista: Estrutura "habitat" e morfologia do rio

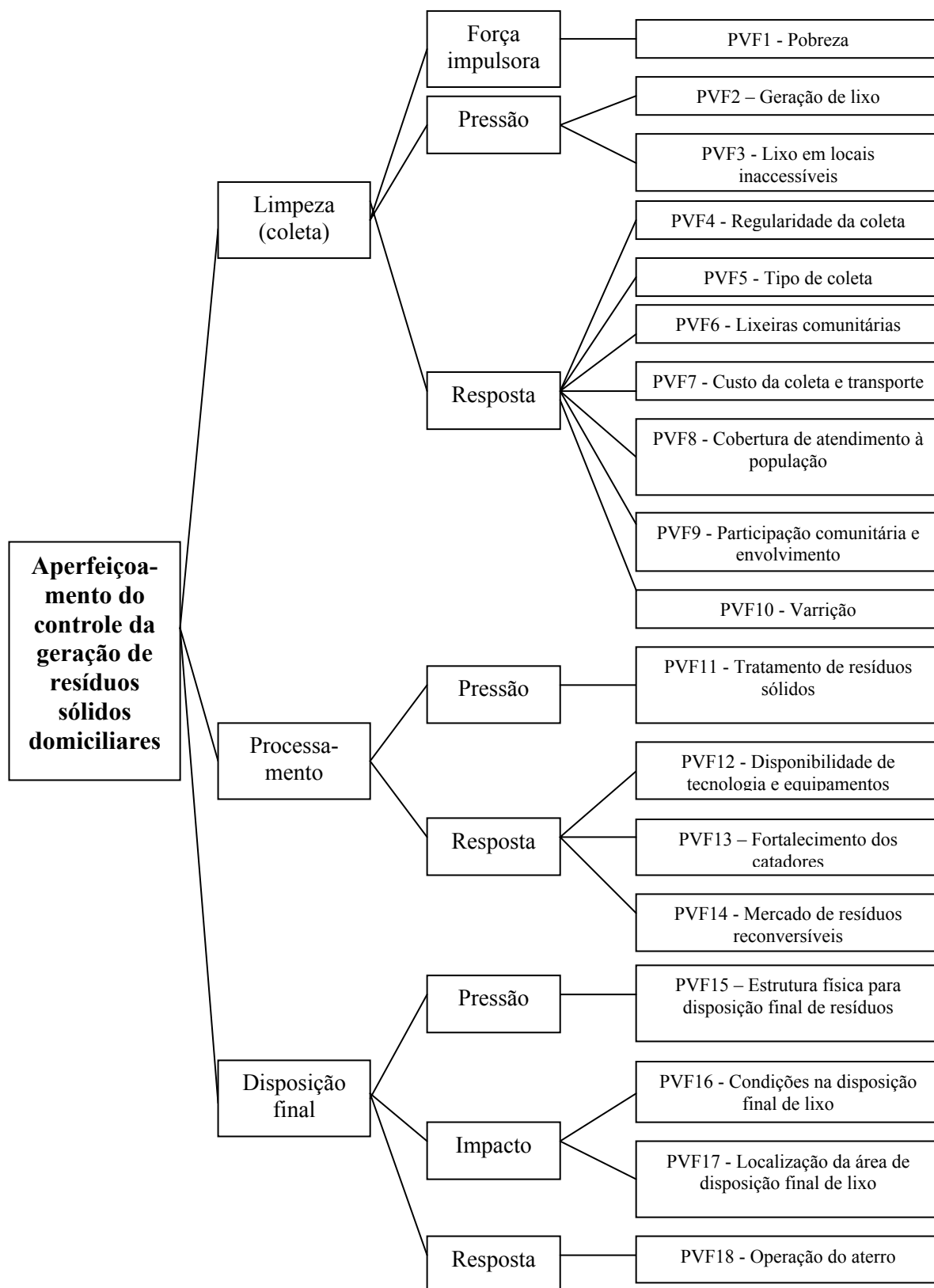
**Aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares** - Na Figura 7.27 apresenta-se a arborescência de Pontos de Vista Fundamentais, PVFs, do *Cluster* 12 - Aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares, esta é, a estrutura do problema em termos da existência de resíduos sólidos com influência aos corpos de água. Percebe-se a existência de três grandes sub-áreas de interesse, estas são: o serviço de limpeza, processamento e disposição final. Em total, contempla 18 PVFs, por sua vez, ainda possui 28 PVEs básicos. A subdivisão dos PVFs em PVEs está detalhada no Anexo A5.

## **7.6 Construção de descritores e definição dos níveis de referência**

Como foi mencionado na Seção anterior, foram identificados e estruturados um total de doze *Clusters* da área de interesse privado e social. Para cada *Cluster* foram identificados um conjunto de PVFs. Com base neste conjunto, se procedeu com a construção dos descritores. Pela abrangência e dimensão de cada um deles, os descritores, respectivamente, são apresentados no Anexo A5 em forma detalhada e no Anexo A6 de forma sucinta.

A construção dos descritores foi executada de forma cuidadosa, recorrendo-se às seguintes fontes de informação:

- a) Procurou-se preferencialmente consultar o mapa cognitivo em busca de informações que auxiliassem a decomposição dos PVFs em PVEs.
- b) Retornou-se aos atores para esclarecimentos e sugestões, quando a informação era insuficiente no mapa cognitivo.
- c) Procurou-se consultar aos especialistas sobre um determinado tema, quando não se teve suficiente conhecimento sobre o assunto que possibilitasse definir um conjunto de níveis de impacto com maior precisão.
- d) Finalmente, procurou-se revisar a literatura especializada sobre o assunto. Dentre elas podemos destacar a legislação ambiental, dos recursos hídricos e correlatos, bem como alguns regulamentos estabelecidos nos órgãos ambientais.



**Figura 7.27** Árvore de Pontos de Vista: Aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares



### **Construção passo a passo do descritor do PVE4.1.1 – Quantidade d'água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário**

A construção dos descritores seguiu a seqüência dos passos apresentados na Seção construção dos descritores do Anexo A1. Objetivando ilustrar a construção dos descritores, a seguir descreve-se, a construção passo a passo do descritor do PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário.

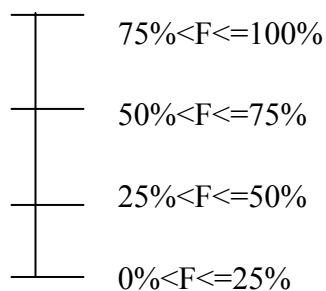
#### **Passo 1 – Identificação dos PVE dos PVFs:**

Conforme a estrutura arborescente da Figura A5.2 do Anexo A5, o PVF4 - Água disponível, com qualidade aceitável para abastecimento público, de acordo com as fontes de abastecimento de água e acessibilidade, é explicado por três PVEs: PVE4.1 – Uso da água superficial, PVE4.2 – Uso da água subterrânea e PVE4.3 – Oportunidade de acesso à água potável. Por sua vez, de um lado, o PVE4.1 ficou explicado por dois PVEs internos: PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano e PVE4.1.2 – Qualidade da água do rio para consumo humano; de outro, o PVE4.2 ficou explicado por dois PVEs internos: PVE4.2.1 – Quantidade de água do poço para consumo humano e PVE4.2.2 – Qualidade da água do poço para consumo humano. Assim, o PVF4 do *Cluster 1* é composta por dois PVEs compostos e três PVE de base.

#### **Passo 2 - Identificação dos estados possíveis do descritor em cada PVE:**

Uma vez identificado os PVEs, adotou-se um descritor para cada PVE de base. Desta maneira, para o PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano, adotou-se como descritor a variável, tempo de permanência da vazão do rio acima do nível crítico. Logo, para este descritor, identificaram-se os possíveis estados admissíveis, conforme apresentado na Figura 7.28. Neste ponto, deve-se destacar que os conceitos que relacionam padrão, parâmetro e indicadores, propostos por Kranhenhofer (2001), mostraram-se úteis.

### Percentagem de permanência



**Figura 7.28 Estados possíveis do PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano**

Uma tarefa adicional à identificação dos estados possíveis do PVE consiste em verificar se são isoláveis os PVEs, através do teste de independência preferencial mútua.

### **Passo 3 - Montagem das combinações dos possíveis estados:**

Combinam-se, de forma imbricada os estados e, assim formando-se os níveis do descritor. Este passo acontece quando requer o PVF ou PVE de um descritor construído. Para o caso do PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano, não foi necessário fazer este passo, pois não utiliza descritor construído.

### **Passo 4 - Hierarquização das combinações:**

Hierarquiza-se os agrupamentos de combinações e/ou combinações individuais dos estados do descritor, observando-se a lógica dos estados combinados e a dependência entre os PVEs. Uma maneira de hierarquizar as combinações é através da construção de uma matriz de ordenação (ROBERTS, 1979). Salienta-se que dependendo do juízo de valor dos atores, podem ser descartadas algumas combinações, sendo aceitas somente aquelas combinações compatíveis com os níveis admissíveis na situação problemática em foco. Para o caso do PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano, não foi necessário hierarquizar combinações, já que o mesmo não adotou um descritor construído. Não obstante, a hierarquia está representada pelos estados identificados no Passo 2.

**Passo 5 - Descrição dos níveis de impacto:**

Descreve-se de forma extensiva o descritor, a fim de que fiquem claros os níveis de impacto do descritor. Quando dois pontos de vista forem não isoláveis e contínuos, recomenda-se a construção do descritor por curvas de iso-preferência (KEENEY, 1999). Este passo, para o caso do PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano, apresenta-se no Quadro A5.9 do Anexo A5.

Adicionalmente a esta tarefa, define-se os níveis de referência Bom e Neutro. Assim, para o caso do PVE4.1.1, o nível de impacto acima do 75 % do tempo de permanência representa que estariam as ações de desempenho de excelência. Entre 50% e 75% representa que estariam as ações de desempenho competitiva e abaixo de 50% estariam as ações de desempenho de sobrevivência.

Seguindo a metodologia do MCDA é comum acrescentar uma representação da descrição das combinações hierarquizadas, através de uma simbologia para uma melhor visualização. No presente trabalho não foi feita esta representação, visto que os descritores em sua maioria não são do tipo descritor construído.

**Passo 6 – Definição do PVE ou PVF:**

Uma vez construídos os descritores, define-se o PVE ou PVF. No entanto, neste trabalho, procurou-se dar uma idéia inicial, conceituando brevemente o PVE ou PVF, no início do processo de construção de cada descritor. Assim, a definição do PVE é feita de maneira recursiva.

Para o caso do PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano, este PVE avalia o estado da quantidade de água que escoar no rio ao longo do período de tempo, ou seja, o regime de vazão do rio, constatando, portanto, o grau de abundância de água disponível no rio para abastecimento público. Logo, este descritor engloba três aspectos: a quantidade de água, período com probabilidade de abundância e nível crítico permissível.

Adicionalmente, caracterizou-se o descritor, segundo a classificação apresentada na Seção Construção de descritores do Anexo A1. O caso do PVE4.1.1 possui um descritor de caráter objetivo, do tipo quantitativo, direto e contínuo.

### **Observações adicionais sobre a construção de indicadores**

A tarefa de construção ou escolha de um descritor, mostrou-se interessante, proveitosa e útil, já que têm surgido novos valores e objetivos a partir da realidade, por conseguinte, ampliando-se o grau de conhecimento do facilitador acerca do problema. Também, no momento da construção dos níveis de impacto vieram à tona aspectos mais operacionais relativos aos pontos de vista, tornando-os mais compreensíveis. Assim, ao terminar a construção dos descritores, o facilitador conseguiu compreender o que cada PVF quer dizer, bem como, o que significa esse PVF no âmbito do contexto do problema.

Operacionalizar um PVF através de descritores não é uma tarefa muito fácil, uma vez que sempre envolve julgamentos de valor. Razão pela qual, não há um descritor único para operacionalizar um PVF. Sobre o ponto, Bana e Costa (1992) afirma que se não existir um descritor direto, ou natural, para um ponto de vista fundamental, nada vai garantir que um descritor indireto ou um construído, seja único, e nem mesmo que seja suficientemente adequado, ou o "mais" adequado, para tornar este ponto de vista operacional. Assim, a definição do tipo de descritor, utilizada neste trabalho, responde às preferências e ao sistema de valores do facilitador, nas circunstâncias em que foi analisada. Obviamente, seguindo o paradigma construtivista, pode ser reformulado o descritor, tornando-o mais preciso e menos ambíguo, desde que ele tenha sido reconstruído e aceito pelos atores como base de argumentação e de comparação (ROY, 1993).

### **Tipos de descritores**

Conforme apresentado na Seção - Construção dos descritores no Anexo A1, existem vários tipos de descritores. Observa-se que neste trabalho foram utilizados todos eles, como pode ser visto no Anexo A5 para os PVFs e PVEs. Além disso, no Anexo A6, mostra-se o caráter de objetividade e subjetividade dos descritores. O fato de evidenciar a variedade de descritores era de se esperar, no presente trabalho, por sua natureza complexa e pelas dimensões enfocadas.

Mesmo existindo vários tipos de descritores, um descritor traz algumas características comuns (HOLZ, 1999), como pode ser visto no exemplo do descritor do

PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano (Quadro A5.9 do Anexo A5). Assim, este descritor apresenta as seguintes características:

- a) Está descrevendo os possíveis níveis de impacto, nos quais as ações potenciais impactariam, quando avaliadas para um determinado município da bacia.
- b) Contém uma escala hierarquizada do melhor ao pior nível, que os atores julgam poder existir no problema tratado.
- c) Permite interpolar, entre os estados descritos, vários níveis de impactos que eventualmente possam ser necessários para avaliar às ações potenciais.
- d) Define dois níveis de referência Bom e Neutro. Os mesmos, dividem os possíveis impactos em ações de desempenho de excelência (acima do Bom), ações com desempenho competitivo (entre Bom e Neutro) e ações com desempenho de sobrevivência (abaixo do Neutro).

#### **Observações adicionais sobre o tipo de descritores**

Procurou-se não formar o tipo de descritor construído, visto que o modelo foi concebido de tal modo que incorporasse critérios ou indicadores com algum grau de dependência; por conta disso, propôs-se adotar um modelo de agregação de critérios que respondessem a essa família de critérios e/ou indicadores. Não obstante, para alguns PVEs, como única opção, era necessário construir descritores do tipo construído, dentre estes, podemos destacar os seguintes PVE11.6 – Educação ambiental do *Cluster 1*, PVE8.1.3.3 – Estímulo para aperfeiçoamento do *Cluster 9*, dentre outros.

Há necessidade de se construir os descritores pictóricos para o PVF2.1 – Estrutura da drenagem urbana e PVF3.1 – Estrutura da drenagem rural do *Cluster 9*, visto que seria melhor representar por imagens, produto do SIG, do que através de palavras.

Oportunamente Keeney (1992) lembra que estruturar e analisar uma decisão é sempre uma questão de fatos e valores. Os valores podem ser obtidos por descritores diretos, mas serão, muitas vezes, necessário buscar fatos para observar como as pessoas agem e, então, deduzir os valores embutidos nos fatos.

Para Keeney (1992), os problemas de mensurabilidade podem ocorrer com os descritores construídos ou indiretos. Por exemplo, no PVE8.3.3 – Estímulo para aperfeiçoamento, sendo o objetivo de aperfeiçoar os funcionários do setor público, utiliza o descritor construído a partir do estímulo a cursos e preferência do aperfeiçoamento. Porém, este PVE pode se medido por um dos dois aspectos ou outros. Assim, a adequação na utilização desse descritor está diretamente associada ao contexto da decisão específica.

Um descritor construído avalia precisamente as dimensões relacionadas com o ponto de vista em estudo. Por causa da sua construção, este descritor faz com que os objetivos associados ao ponto de vista tornam-se claros. No entanto, uma falha potencial dos descritores construídos é a preocupação que se deve ter com a sua compreensibilidade e operacionalidade (KEENEY, 1992).

Em alguns problemas, pode ser útil decompor um ponto de vista fundamental em diversos pontos de vista mais elementares. A vantagem deste procedimento reside no fato de que muitas vezes é possível encontrar descritores diretos para estes pontos de vista elementares. A desvantagem é que será necessária uma quantidade maior de informação (KEENEY, 1992).

O uso de descritores indiretos reduz o número de descritores necessários em um problema e simplifica a descrição das conseqüências das ações. Porém, uma ampla utilização de descritores indiretos aumenta o risco de redundância, uma vez que um determinado *elemento primário de avaliação* pode ser relacionado como descritor indireto para mais de um ponto de vista fundamental (KEENEY, 1992).

### **Uma síntese do sistema de indicadores**

No Quadro 7.4 apresenta-se uma matriz de indicadores, é este o conjunto de indicadores básicos que avalia a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, observa-se um total de 238 indicadores, alguns deles (88 indicadores) são partilhados entre os *Clusters*, este fato era de se esperar, constatando a interação dos indicadores e dependência entre os *Clusters* setoriais do sistema de recursos hídricos. Sobre o ponto a seguir serão feitos discussões com maior detalhamento.



PVEs de base (indicadores)		Sustentabilidade como fluxo								Sustentabilidade como estoque			
		Clu 1	Clu 2	Clu 3	Clu 4	Clu 5	Clu 6	Clu 7	Clu 8	Clu 9	Clu 10	Clu 11	Clu 12
X1	PVE1.1 – Investimento para o crescimento pecuário				1								
X2	PVE1.2 – Estrutura fundiária				1								
X3	PVE1.3 – Trabalho rural				1								
X4	PVF2 - Produto pecuário vendável				1								
X5	PVE3.1 – Aptidão agrícola das terras				1								
X6	PVE3.2 – Quantidade de animais				1								
X7	PVE4.1 – Quantidade de água				1								
X8	PVE4.2 – Qualidade da água				1								
X9	PVF5 – Manejo de gados				1							1	
X10	PVF6 – Manejo de despejos da criação de animais				1							1	
X1	PVF1 - Capital construído					1							
X2	PVE2.1 – Consumo de energia per capita					1							
X3	PVE2.2 – Intensidade energética					1							
X4	PVE2.3 – Participação na oferta de energia					1							
X5	PVF3 - Capacidade das barragens					1							
X6	PVF4 - Regularização dos reservatórios					1							
X7	PVE5.1 Quantidade de água no reservatório					1							
X8	PVE5.2 - Qualidade da água para geração de energia elétrica					1							
X9	PVE6.1 – Licenciamento ambiental					1							
X10	PVE6.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos					1							
X11	PVE6.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos					1							
X12	PVE6.4 – Compensação a municípios					1							
X13	PVE6.5 – Proteção de bacias hidrográficas					1							
X14	PVE6.6.1 – Através de iniciativas próprias					1							
X15	PVE6.6.2 – Através de outras instituições					1							
X1	PVE1.1 - Quantidade de empresas de mineração						1						1
X2	PVE1.2 - Áreas ocupadas pela mineração						1						1
X3	PVE1.3 – Quantidade de dragas						1						1
X4	PVF2 - Produção da mineração extrativa						1						
X5	PVF3 - Intensidade de navegação						1						
X6	PVF4 - Regime de vazão						1						
X7	PVF5 - Estrutura física "habitat" do rio						1	1	1				1
X8	PVE6.1 – Licenciamento ambiental						1						
X9	PVE6.2 – Concessão de áreas de mineração						1						
X10	PVE6.3 – Licenciamento de navegação						1						
X11	PVE6.4 – Outorga de uso dos recursos hídricos						1						
X12	PVE6.5 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos						1						
X13	PVE6.6 – Compensação a municípios						1						
X14	PVE6.7 – Proteção de bacias hidrográficas						1						
X15	PVE6.8 – Educação ambiental						1						
X1	PVE1.1 – Investimento para pesca comercial e aquíicultura							1					
X2	PVE1.2.1 – Porte da aquíicultura							1					
X3	PVE1.2.2 – Intensidade da atividade de aquíicultura							1					
X4	PVE1.2.3 – Área de pesca comercial							1					
X5	PVF2 - Produto aquático vendável							1					
X6	PVF3 - Frequência de pesca							1					
X7	PVF4 - Frequência de drenagem							1					
X8	PVE5.1.1 – Quantidade de água do rio							1					
X9	PVE5.1.2 – Qualidade integral da água do rio							1					
X10	PVE5.2.1 – Quantidade de água nos reservatórios							1					
X11	PVE5.2.2 – Qualidade integral da água dos reservatórios							1					
X12	PVF7 – Manejo de efluentes da criação de espécies aquáticas							1					
X13	PVE8.1 – Licenciamento ambiental para aquíicultura							1					
X14	PVE8.2 – Licença para pesca profissional							1					
X15	PVE8.3 – Outorga de uso dos recursos hídricos							1					
X16	PVE8.4 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos							1					
X17	PVE8.5 – Compensação a municípios							1					
X18	PVE8.6 – Proteção de bacias hidrográficas							1					
X19	PVE8.7 – Educação ambiental							1					
X1	PVE1.1 – Potencialidade do local de lazer com base no uso da água									1			
X2	PVE1.2 – Quantidade de locais de lazer com base no uso da água									1			
X3	PVE2.1 – Quantidade de hotéis									1			
X4	PVE2.2 – Quantidade de restaurantes									1			
X5	PVE2.3 – Densidade de estradas									1			
X6	PVF3 – Equipamentos									1			
X7	PVE4.1 – Preferência da população pelo lazer aquático									1			
X8	PVE4.2 – Frequência de turistas									1			
X9	PVE5.1.1.1 – Quantidade de água no reservatório									1			
X10	PVE5.1.1.2 – Qualidade da água no reservatório									1			



PVEs de base (indicadores)		Sustentabilidade como fluxo								Sustentabilidade como estoque			
		Clu 1	Clu 2	Clu 3	Clu 4	Clu 5	Clu 6	Clu 7	Clu 8	Clu 9	Clu 10	Clu 11	Clu 12
X11	PVE5.1.2.1 – Quantidade de água do rio								1				
X12	PVE5.1.2.2 – Qualidade da água								1				
X13	PVE5.2.1.1 – Quantidade de água do rio								1				
X14	PVE5.2.1.2 – Qualidade da água do rio								1				
X15	PVE5.2.2.1 – Quantidade de água no reservatório								1				
X16	PVE5.2.2.2 – Qualidade da água no reservatório								1				
X17	PVE5.3.1 – Quantidade de água do rio								1				
X18	PVE5.3.2 – Qualidade da água do rio								1				
X19	PVE7.1 – Licenciamento ambiental para Pesque-Pague								1				
X20	PVE7.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos para Pesque-Pague								1				
X21	PVE7.3 – Licença para pesca amadora								1				
X22	PVE7.4 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos para Pesque-Pague								1				
X23	PVE7.5 – Proteção de bacias hidrográficas								1				
X24	PVE7.6 – Educação ambiental								1				
X1	PVE1.1.1 – Distribuição de renda									1	1	1	1
X2	PVE1.1.2 – Expansão educacional									1	1	1	1
X3	PVE1.2.1 – Oferta/ demanda de lotes									1			
X4	PVE1.2.2 – Oferta/ demanda de residências									1			
X5	PVE1.3 – Ocupação do solo									1			
X6	PVE2.1 – Estrutura da drenagem urbana									1		1	
X7	PVE2.2.1.1 – Impermeabilização									1		1	
X8	PVE2.2.1.2 – Uso de reservatórios									1		1	
X9	PVE2.2.2.1 – Ocupação no lote									1		1	
X10	PVE2.2.2.2 – Recuo de ajardinamento									1		1	
X11	PVE3.1 – Estrutura da drenagem rural									1		1	
X12	PVE3.2.1 – Biotécnicas no manejo da água									1		1	
X13	PVE3.2.2 – Práticas conservacionistas									1		1	
X14	PVE3.2.3 – Reflorestamento									1		1	
X15	PVE4.1 – Permanência da vazão do rio									1			
X16	PVE4.2 – Variação da vazão do rio									1			
X17	PVE6 – Risco hidrológico									1			
X18	PVE7.1 - Instrumentos de planejamento municipal									1	1	1	
X19	PVE7.2.1 - Instrumentos gerais									1	1	1	
X20	PVE7.2.2 - Instrumentos específicos									1	1	1	
X21	PVE8.1.1 – Estímulos e incentivos									1	1	1	
X22	PVE8.1.2.1 - Intra-setoriais									1	1	1	
X23	PVE8.1.2.2 - Interinstitucionais									1	1	1	
X24	PVE8.1.3.1 – Remuneração									1	1	1	
X25	PVE8.1.3.2 – Plano de carreira									1	1	1	
X26	PVE8.1.3.3 – Estímulo para aperfeiçoamento									1	1	1	
X27	PVE8.2.1 – Orçamento participativo									1	1	1	
X28	PVE8.2.2.1 – Sistema Municipal do Meio Ambiente									1	1	1	
X29	PVE8.2.2.2 – Funcionamento do órgão ambiental									1	1	1	
X30	PVE8.2.3.1 – Intra-setoriais									1	1	1	
X31	PVE8.2.3.2 - Intersetoriais									1	1	1	
X32	PVE8.2.4.1- Remuneração									1	1	1	
X33	PVE8.2.4.2 - Plano de carreira									1	1	1	
X34	PVE8.2.4.3 - Estímulo para aperfeiçoamento									1	1	1	
X35	PVE9.1 – Condições financeiras									1	1	1	
X36	PVE9.2.1 - Planos e projetos									1	1	1	
X37	PVE9.2.2 - Divulgação									1	1	1	
X38	PVE9.3.1 - Frequência de reuniões									1	1	1	
X39	PVE9.3.2 – Quantidade de assistentes									1	1	1	
X40	PVE9.4.1- Articulação com outras instituições									1	1	1	
X41	PVE9.4.2 – Promoção de debates									1	1	1	
X42	PVE10.1.1 – Plano sobre recursos hídricos									1	1	1	
X43	PVE10.1.2 – Outros planos correlatos									1	1	1	
X44	PVE10.2.1 – Licenciamento ambiental									1	1	1	
X45	PVE10.2.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos									1	1	1	
X46	PVE10.2.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos									1	1	1	
X47	PVE10.2.4.1 – Educação formal									1	1	1	
X48	PVE10.2.4.2 – Educação não formal									1	1	1	
X49	PVE10.2.4.3 – Educação informal									1	1	1	
X1	PVE6.1 – Coleta											1	
X2	PVE6.2 – Tratamento											1	
X3	PVE6.3.1 – Resíduos infectantes											1	
X4	PVE6.3.2.1 – Resíduos radiativos											1	
X5	PVE6.3.2.2 – Resíduos não radiativos											1	
X6	PVE6.3.3 – Resíduos comuns											1	

PVEs de base (indicadores)		Sustentabilidade como fluxo								Sustentabilidade como estoque			
		Clu 1	Clu 2	Clu 3	Clu 4	Clu 5	Clu 6	Clu 7	Clu 8	Clu 9	Clu 10	Clu 11	Clu 12
X7	PVE6.1 – Classe de qualidade											1	
X8	PVE6.2 – Diferença com relação ao enquadramento											1	
X9	PVF8 - Interferências e conflitos entre os usuários d'água											1	
X1	PVE5.1.1 – Quantidade de entulho coletado												1
X2	PVE5.1.2 – Entulho nos rios												1
X3	PVE5.2 – Tratamento												1
X4	PVE5.3 – Disposição Final												1
X5	PVF6 - Assoreamento em redes de drenagem												1
X6	PVE8.1 – Em zonas de risco												1
X7	PVE8.2 – Em áreas verdes												1
X8	PVF9 - Atividades agrícolas em ribeiras												1
X1	PVF2 – Geração de lixo										1	1	1
X2	PVF3 – Lixo em locais inacessíveis										1	1	1
X3	PVE4.1 – Frequência de coleta										1	1	1
X4	PVE4.2 – Falhas de coleta										1	1	1
X5	PVF5 - Tipo de coleta										1	1	1
X6	PVF6 – Lixeiras comunitárias										1	1	1
X7	PVF7 – Custo da coleta e transporte										1	1	1
X8	PVF8 - Cobertura de atendimento à população										1	1	1
X9	PVE9.1 – Conveniência da educação ambiental										1	1	1
X10	PVE9.2 – Nível de envolvimento										1	1	1
X11	PVF10 - Varrição										1	1	1
X12	PVF11 - Tratamento de resíduos sólidos										1	1	1
X13	PVF12 - Disponibilidade de tecnologia e equipamentos										1	1	1
X14	PVF13 - Fortalecimento de catadores										1	1	1
X15	PVE14.1 – Quantidade de empresas										1	1	1
X16	PVE14.2 – Tipos de produtos demandados										1	1	1
X17	PVE14.3 – Preço dos produtos reconversíveis										1	1	1
X18	PVE15.1 – Área utilizada para disposição										1	1	1
X19	PVE15.2 - Disponibilidade de aterro										1	1	1
X20	PVE15.3 – Tecnologia e equipamento para disposição final										1	1	1
X21	PVF16 – Condições na disposição final										1	1	1
X22	PVE17.1 – Profundidade do lençol freático										1	1	1
X23	PVE17.2 - Afastamento dos cursos d'água										1	1	1
X24	PVE17.3 – População exposta										1	1	1
X25	PVE17.4 – Área impactada										1	1	1
X26	PVF18 - Operação do aterro										1	1	1
Total	PVEs básicos	24	23	16	14	15	15	20	25	50	83	81	28

### Referências:

- Cluster 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário
- Cluster 2 - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos
- Cluster 3 - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos
- Cluster 4 - Uso d'água para criação de animais
- Cluster 5 - Uso d'água para geração de energia elétrica
- Cluster 6 - Navegação
- Cluster 7 - Uso d'água para criação natural e/ou intensiva de espécies aquáticas para alimento humano
- Cluster 8 - Turismo e lazer aquático: pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística
- Cluster 9 - Regime hidrológico do rio
- Cluster 10 - Qualidade da água do rio
- Cluster 11 - Estrutura "habitat" e morfologia do rio
- Cluster 12 - Aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares

### 7.6.1 Teste de independência preferencial mútua

Na metodologia do MCDA, é fundamental efetuar o teste de independência preferencial mútua, para verificar se os critérios cumprem com a propriedade de isolabilidade. Isto porque o modelo de agregação aditiva só possui validade se os critérios forem ordinalmente e cardinalmente preferencialmente independentes (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Como pode ser apreciado nos Quadros A6.1 até A6.14 do Anexo A6, neste trabalho, apesar de adotar alguns conceitos e procedimentos advindos da metodologia do MCDA, foram estruturadas as arborescências dos critérios de forma que incorporassem famílias de critérios com algum grau de dependência e/o interação. Então, os conjuntos de critérios de cada um dos doze *Clusters* não podem ser considerados isoláveis. De um lado, vê-se que no enfoque sistêmico, uma família de critérios possui algum grau de dependência e interação entre os critérios, de outro, o modelo conceitual Força impulsora – Pressão – Estado – Impacto – Resposta, adotado para a formulação de indicadores e de natureza causal já levando em conta a dependência entre os indicadores.

Adicionalmente, pelas características anteriormente mencionadas, adotou-se um modelo de agregação que responda adequadamente a essa família de critérios com algum grau de dependência e/ou interação. Mais adiante será apresentado o referido modelo.

Contudo, neste trabalho efetuou-se o teste de independência preferencial mútua para verificar a não isolabilidade dos critérios dentro uma família de critérios. Nos Quadros do A6.1 até A6.14 do Anexo A6, apresentam-se os resultados do teste de independência preferencial mútua para cada família de PVFs, onde pode observar-se a ocorrência de dependência entre os critérios em diferentes graus: forte, médio e fraco.

Em termos gerais, casos de dependência forte, verificam-se predominantemente entre o grupo de critérios de pressão e o grupo de critérios de resposta de caráter estrutural ou tecnológico. Com relação aos casos de dependência média, verificam-se predominantemente entre os grupos de critérios de Força impulsora e Pressão. E, quanto aos casos de dependência fraca, verificam-se predominantemente entre os grupos de critérios de Força impulsora e os de Resposta.

Objetivando ilustrar o Teste de independência preferencial mútua, a seguir será apresentado para o caso do PVE4.1 – Uso da água superficial do *Cluster 1* - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário.

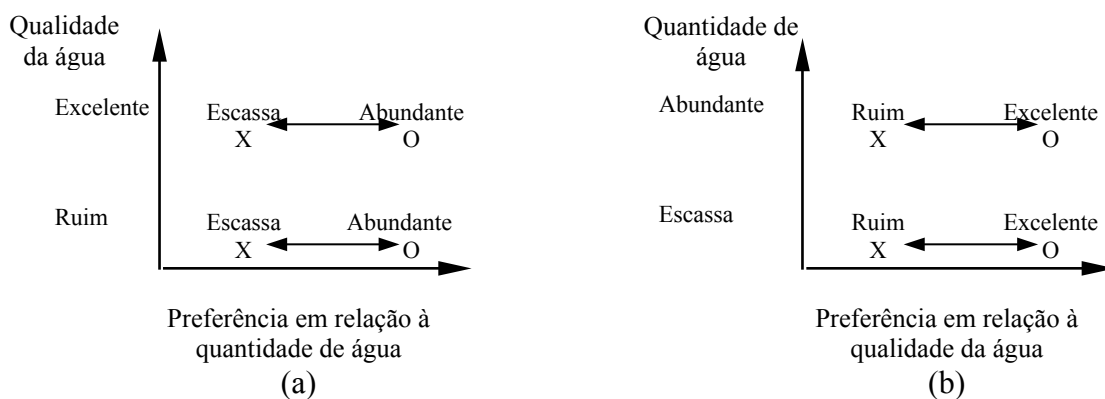
**Teste de independência preferencial mútua passo a passo:**

O PVE4.1 – Uso da água superficial, por sua vez é explicado por dois PVEs internos: PVE4.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano e PVE4.1.2 – Qualidade da água do rio para consumo humano. Os níveis de impacto, respectivamente para ambos PVEs, são apresentados no *Cluster 1* do Anexo A5.

Ao definir esses PVEs, o facilitador teve dúvida quanto à independência preferencial entre os PVE4.1.1 (quantidade de água) e PVE4.1.2 (qualidade da água), pois alguns autores tratam isoladamente a questão da quantidade e a qualidade da água, quando ao afirmarem, por exemplo, que a Bacia dos Sinos não tem problema de quantidade, mas sim de qualidade da água (MAGNA ENGENHARIA, 1996). No entanto, outros tratam inseparavelmente os aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos, ao afirmarem, por exemplo, que o problema da qualidade compromete a quantidade dos recursos hídricos, visto que, a capacidade de autodepuração dos corpos de água depende da quantidade do mesmo e a disponibilidade em termos de quantidade depende da sua qualidade aceitável. Diante disto, seguindo os passos apresentados, segundo Ensslin (2001), na Seção Construção de descritores do Anexo 1, testou-se a independência preferencial mútua dos referidos PVEs.

**Passo 1 – Teste de independência preferencial ordinal mútua:**

Inicialmente, é verificado se a quantidade de água é independente preferencialmente ordinalmente da sua qualidade. Para isto, utilizaram-se duas ações potenciais com a mesma qualidade da água e diferentes quantidades de água (Figura 7.29, a).



**Figura 7.29** Teste de independência preferencial ordinal entre PVE4.1.1 e PVE4.1.2

Seguidamente questiona-se "se existirem dois municípios (ações potenciais), ambos com qualidade da água ruim, sendo que um deles (o município a) tenha abundante quantidade de água e o outro (o município b) escassa quantidade de água, qual destes municípios é preferível?" O ator respondeu que o município com abundante água é preferível, isto é, (Abundante, Ruim) P (Escassa, Ruim).

De outro lado, questiona-se "se existirem dois municípios ambos com qualidade da água excelente, sendo que um deles (o município a) tenha abundante quantidade de água e o outro (o município b) escassa quantidade de água, qual destes municípios é preferível?" O ator respondeu que o município com abundante água é preferível, isto é, (Abundante, Excelente) P (Escassa, Excelente).

Conclui-se que, para qualquer estado de qualidade da água, mantém-se inalterada a preferência pela ação com abundante quantidade de água. Então, a quantidade de água é preferencialmente ordinalmente independente em relação à qualidade da água.

Agora, é verificado se a qualidade da água é independente preferencialmente ordinalmente da quantidade de água. Para isto, utilizaram-se duas ações potenciais com a mesma quantidade de água e com diferentes qualidades de água (Figura 7.29, b)

Logo, questiona-se: "se existirem dois municípios (ações potenciais) ambos com quantidade de água escassa, sendo que um deles (o município a) tenha qualidade da água excelente e o outro (o município b) qualidade da água ruim, qual destes municípios é preferível?" O ator respondeu que o município com qualidade água excelente é preferível, isto é, (Excelente, Escasso) P (Ruim, Escasso).

De outro lado, questiona-se: "se existirem dois municípios (ações potenciais) ambos com abundante quantidade de água, sendo que um deles (o município a) tenha qualidade da água excelente e o outro (o município b) qualidade da água ruim, qual destes municípios é preferível?" O ator respondeu que o município com qualidade água excelente é preferível, isto é, (Excelente, Abundante) P (Ruim, Abundante).

Conclui-se que, para qualquer estado de quantidade de água, mantém-se inalterada a preferência pela ação com qualidade da água excelente. Então, a qualidade da água é preferencialmente ordinalmente independente em relação à quantidade de água.

Feito o teste em ambos os sentidos, isto é, da qualidade em relação à quantidade e vice-versa, conclui-se que a quantidade e a qualidade da água são mutuamente ordinalmente preferencialmente independentes.

### **Passo 2 – Teste de independência preferencial cardinal mútua:**

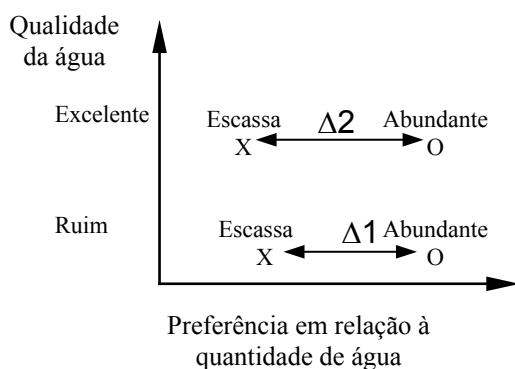
No segundo teste, é verificado se a quantidade de água é independente preferencialmente cardinalmente da sua qualidade. Para isto, utilizaram-se duas ações potenciais com a mesma qualidade da água e diferentes quantidades de água (Figura 7.30).

Seguidamente questiona-se, se existirem dois municípios ambos com a qualidade da água ruim, mas uma delas com abundante quantidade de água e o outro com escassa quantidade de água, qual seria a diferença de atratividade entre eles? O ator indica, muito forte (igual a  $\Delta 1$ ).

Por outro lado, se existirem dois municípios ambos com a qualidade da água Excelente, mas um deles com abundante quantidade de água e o outro com escassa quantidade de água, qual seria a diferença de atratividade entre elas? Segundo o juízo de valor do ator seria extrema (igual a  $\Delta 2$ ).

Observa-se que,  $\Delta 2 > \Delta 1$ , indica que, apesar da ordem de preferência das ações não sofrerem influência da qualidade da água (independência preferencial ordinal), a sua ordem de magnitude é dependente deste fator. Isto ocorre porque, quando a qualidade da água em um município passa de ruim para excelente a sua preferência com relação à escassa quantidade de água diminui. Então, a diferença de atratividade entre um município

com abundante quantidade de água e outro com escassa quantidade de água é afetada pela qualidade da água.



**Figura 7.30** Teste de independência preferencial cardinal mútua entre PVF1 e PVF2

Desta maneira, conclui-se que a quantidade de água é cardinalmente preferencialmente dependente com relação à qualidade da água. Uma vez verificado a dependência no sentido da quantidade de água em relação à qualidade da água, não é necessário o teste no sentido contrário. Deste modo, pode-se generalizar de que a quantidade de água e a qualidade da água são mutuamente preferencialmente dependentes. Então, estes dois PVEs não podem ser avaliados isoladamente. Esta é a razão pela qual no modelo de avaliação da sustentabilidade como fluxo de bens e serviços, para o *Cluster* 1, estes dois aspectos estão agrupados dentro o PVE4.1 – Uso da água superficial, assim, eles devem ser considerados sempre em conjunto e não independentemente um do outro.

Para finalizar esta Seção, pode-se generalizar que fazendo o teste de independência preferencial ordinal mútua, em todos os casos, verificam-se que os critérios são mutuamente preferencialmente ordinalmente independentes. No entanto, através do teste de independência preferencial cardinal mútua, verifica-se que os critérios são mutuamente preferencialmente cardinalmente dependentes, em algum grau, seja forte ou médio ou fraco.

## 7.7 Construção de funções de valor e taxas de substituição

### Construção de funções de valor:

Como foi visto na Seção anterior, os diversos tipos de descritores, associados aos pontos de vista, apenas possuem níveis de impacto, de caráter contínuo ou discreto. Então, como pode ser expresso, de forma quantitativa, as preferências dos atores? Isto é feito associando uma função de valor aos descritores. Assim, uma função de valor refere-se a uma função que normaliza numericamente a preferência dos atores. Nesta perspectiva, a função de valor permite a homogeneização de variáveis de natureza diversa sob uma escala normalizada entre o pior e o melhor valor, construída para cada descritor, segundo o sistema de valores dos atores.

Como foi mencionado no Anexo A1, existem vários métodos de construção de funções de valor. Neste trabalho pode-se adotar a técnica do MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) desenvolvido por Bana e Costa e Vansnick (1995) e implementado em Software. Esta técnica é um tipo do Método de Julgamento Semântico (ENSSLIN *et al.*, 2001). Para obter maior informação sobre o uso desta técnica, veja Bana e Costa e Vansnick (1995).

Como produto do uso desta técnica podem ser obtidos valores adimensionais e normalizados entre 0 (o pior) e 100 (o melhor), associados a cada descritor. Esta tarefa não foi feita neste trabalho, porque não está contemplado dentro do objetivo do mesmo, uma vez que se presumiu limitação de tempo para desenvolvimento de tarefas até a etapa de avaliação de ações potenciais. Além disso, esta tarefa demanda bastante tempo para negociação entre os atores. No entanto, a falta de construção de funções de valor não inviabiliza a continuação com o processo de construção do modelo multicritério, uma vez que, como será visto daqui para frente, é possível construir o referido modelo, mostrando a análise de consistência, hipoteticamente.

Dada a existência de descritores de natureza diversa, de acordo ao sistema de valores dos atores, eles podem adotar, matematicamente, diferentes tipos de funções de valor, tais como do tipo linear, polinomial, exponencial, quadrática, etc. Para efeitos, de uma análise de consistência, supõe-se adotar uma função linear, de maneira que, o nível de impacto de maior hierarquia assuma o valor de 100 e o menor assume o valor de 10.



Uma tarefa adicional à construção das funções de valor, é a transformação de escalas de intervalo. O mesmo é feita, fixando o valor de 0 ao nível Neutro e de 100 ao nível Bom, que são os níveis de referência de um descritor. Para isso, usa-se uma função linear. Para maiores detalhamentos veja Ensslin *et al.* (2001). Esta transformação é feita porque se deseja ancorar a faixa de variação das funções de valor, fazendo que o nível Bom tenha uma atratividade equivalente em todos os descritores, o mesmo ocorrendo com o nível Neutro (ENSSLIN *et al.*, 2001). Nesta perspectiva, a transformação tem utilidade na etapa de avaliação das ações potenciais, permitindo analisar o perfil de impacto das ações potenciais.

### **Construção do Coeficiente de ponderação (taxas de substituição):**

Supondo que os pontos de vista possuam descritores e funções de valor, então é possível avaliar apenas localmente as ações potenciais, segundo um determinado critério. Mas, que parâmetros devem ser utilizados para agregar, de forma compensatória, desempenhos locais em uma performance global? Isto é feito construindo um conjunto de taxas de substituição para cada nível hierárquico, em uma árvore de critérios.

Como foi descrito no Capítulo 4, existem vários métodos de determinação do coeficiente de ponderação. Neste trabalho, pode ser adotada a técnica do MACBETH (BANA E COSTA e VANSNICK, 1995), que usa o método da Comparação Par-a-Par. Para maiores informações acerca do uso desta técnica veja Ensslin *et al.* (2001).

Como produto do uso desta técnica podem ser obtidas as taxas de substituição como valores adimensionais variando entre 0 e 100, associados a um conjunto de sub-critérios ou critérios correspondentes a um determinado nível hierárquico da arborescência de critérios. Esta tarefa não foi feita neste trabalho, porque não está contemplado no mesmo este objetivo, visto que se presumiu limitação de tempo para desenvolvimento de tarefas até a etapa de avaliação de ações potenciais. Além disso, esta tarefa demanda bastante tempo para a negociação entre os atores. No entanto, a falta de construção do Coeficiente de ponderação, mais uma vez, não inviabiliza a continuação com o processo de construção do modelo multicritério, uma vez que é possível construir o referido modelo, mostrando a análise de consistência, hipoteticamente.

Dada a existência de conjuntos de critérios com níveis hierárquicos de natureza diversa, segundo o sistema de valores dos atores, esses critérios podem assumir diferentes valores. Para efeito de uma análise de consistência, supõe-se que um determinado conjunto de critérios de um nível hierárquico, possua uma mesma taxa de substituição, até porque, em termos gerais, é complexo que se veja as preferências entre as dimensões ambientais, econômicas e sociais.

Desta maneira, tanto as funções de valor, como as taxas de substituição, servem apenas como instrumentos para auxiliar o grupo de atores a expressar, refletir e negociar, quantitativamente, suas preferências (no caso das funções de valor) e como um determinado critério é compensado por outro (no caso das taxas de substituição).

### **7.8 Agregação de critérios ou indicadores**

Tendo construído as arborescências de critérios, como podem ser agregados os mesmos segundo seu nível hierárquico? Para isso, emprega-se, então, um modelo matemático de agregação de critérios ou indicadores, de forma que o mesmo possibilite avaliar o quanto cada ação potencial influencia, hierarquicamente, a cada um dos critérios e estes, por sua vez, quanto influenciam em uma única avaliação global.

Como foi mencionado nas seções anteriores, o sistema de indicadores ou critérios do modelo por sua natureza têm interação e dependência entre eles. Então, a agregação dos critérios foi feita utilizando-se um modelo matemático que satisfaça essa condição: a Distância Euclidiana (Equação 22).

#### **Agregação de indicadores na área de interesse privado: sustentabilidade como fluxo de bens e serviços**

No âmbito da área de interesse privado, a agregação dos indicadores deve ser feita, tanto para a avaliação global em cada *Cluster* (ou setor da categoria dos usuários), quanto para a avaliação global da área de interesse privado.

Com relação à avaliação global em cada *Cluster*, a agregação dos indicadores segue de acordo com a árvore de critérios (Figuras 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 e 49). Assim, a partir dos indicadores básicos, pode-se compor os indicadores hierarquicamente, até compor um indicador composto singular, que representaria, na perspectiva de uma

determinada categoria de usuário, a avaliação global da sustentabilidade como fluxo de bens e serviços.

Quanto à avaliação global da área de interesse privado, a agregação dos indicadores pode ser feita a partir de duas perspectivas: das categorias de usuário e do modelo FI-P-E-R.

Do ponto de vista das categorias dos usuários, uma vez que a avaliação global revela os seus objetivos estratégicos, de acordo com o modelo, existem oito objetivos estratégicos que representam a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços. Assim, a avaliação global da área de interesse privado que representa a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços na bacia, deve ser feita em função desses objetivos.

Do ponto de vista do modelo FI-P-E-R, os fatores de Força –Impulsora e Pressão, revelam os objetivos em termos socioeconômicos e os fatores de Estado e Resposta, em termos ambientais. Nesta perspectiva, podem ser agrupados os indicadores (das oito categorias de usuários) de acordo com os 4 fatores referidos. Logo, a avaliação global da área de interesse privado, que representa a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços na bacia, deve ser feita em função desses quatro fatores. Com intenção de ilustrar, segundo a referida lógica de agregação de indicadores na área de interesse privado, mais adiante serão apresentados os resultados de uma avaliação hipotética.

### **Agregação de indicadores na área de interesse público: sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos**

No âmbito da área de interesse privado, a agregação dos indicadores segue a mesma lógica da área de interesse privado.

Desta maneira, deve ser feita, tanto para a avaliação global em cada *Cluster* (ou componente que determina a integridade dos recursos hídricos), quanto para a avaliação global da área de interesse público.

Com relação à avaliação global em cada *Cluster*, a agregação dos indicadores segue de acordo com a árvore de critérios (Figuras 51, 52 e 53). Assim, a partir dos indicadores básicos, pode-se compor os indicadores hierarquicamente, até compor um indicador composto singular, que representaria a avaliação global da sustentabilidade

como estoque dos recursos hídricos, em termos de um determinado componente que determina a integridade dos recursos hídricos.

Quanto à avaliação global da área de interesse público, a agregação dos indicadores pode ser feita a partir de duas perspectivas: dos componentes que determinam a integridade dos recursos hídricos e do modelo P-E-I-R.

Do ponto de vista dos componentes que determinam a integridade dos recursos hídricos, uma vez que, a avaliação global revela os seus objetivos estratégicos, de acordo com o modelo, existem três objetivos estratégicos que representam a sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos. Assim, a avaliação global da área de interesse público, que representa a sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos na bacia, deve ser feita em função desses três objetivos estratégicos. No entanto, este tipo de agregação não é consistente porque os três aspectos que definem a integridade dos recursos hídricos, são fortemente interdependentes.

Do ponto de vista do modelo P-E-I-R, os fatores de Pressão e Estado, revelam os objetivos em termos socioeconômicos e os fatores de Impacto e Resposta, em termos sócio-ambientais. Nesta perspectiva, podem ser agrupados os indicadores (dos três componentes) segundo os referidos 4 fatores. Logo, a avaliação global da área de interesse privado, que representa a sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos na bacia, deve ser feita em função desses quatro objetivos.

### **Agregação global de indicadores: sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos**

No âmbito da avaliação global da sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos, a agregação dos indicadores pode ser feita a partir de duas perspectivas: das áreas de interesse (privada e pública) e do modelo FI-P-E-I-R.

Do ponto de vista das áreas de interesse, uma vez que, a avaliação global revela os seus objetivos estratégicos, de acordo com o modelo, existem dois objetivos estratégicos (privado e público) que representam a sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos.

Assim, a avaliação global que representa a sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos na bacia, deve ser feita em função desses dois objetivos estratégicos.

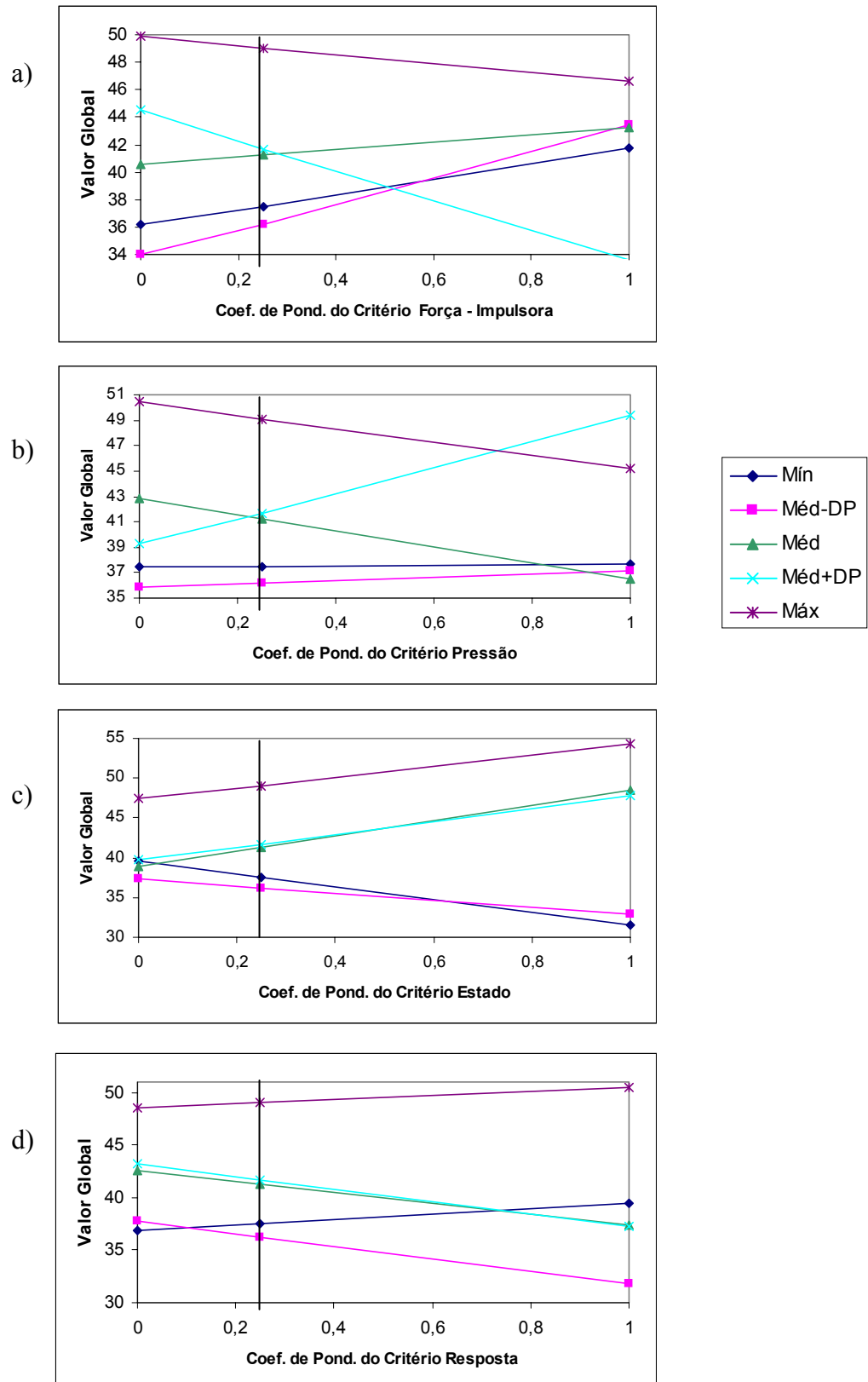
Do ponto de vista do modelo FI-P-E-I-R, os fatores de Força –Impulsora e Pressão, revelam os objetivos em termos socioeconômicos e os fatores de Estado- Impacto e Resposta, em termos ambientais. Nesta perspectiva, podem ser agrupados os indicadores (dos onze *Clusters*) segundo os referidos 5 fatores. Logo, a avaliação global que representa a sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos na bacia, deve ser feita em função desses cinco fatores.

## 7.9 Análise de sensibilidade

O objetivo da análise de sensibilidade é examinar o grau de robustez dos resultados obtidos (avaliação das alternativas) do modelo diante alterações nos parâmetros do mesmo. Com efeito, os valores dos parâmetros do modelo não devem ser considerados como valores exatos, mas sim, como uma faixa de valores, uma vez que elas são construídas segundo as preferências dos atores e a quantificação de seus juízos de valor não é um processo natural em termos cognitivos (ENSSLIN *et al.*, 2001).

No presente trabalho, objetivando ilustrar a análise de sensibilidade, pela falta de dados realizou-se com bases estatísticas da seguinte maneira:

- a) Inicialmente, foram geradas 50 ações potenciais (composto cada um por 238 indicadores básicos), aplicando o modelo de distribuição de probabilidade Log-normal, com base na média (578,65 hab/km<sup>2</sup>) e o desvio padrão (792,80 hab/Km<sup>2</sup>) da densidade populacional dos 29 municípios envolvidos na Bacia dos Sinos.
- b) Normalizou-se esses valores entre 0 e 100, aplicando a distribuição de probabilidade Log-normal
- c) Determinou-se o valor global (sustentabilidade do sistema de recursos hídricos), para cada um das ações potenciais.
- d) Selecionaram-se 5 valores globais: Máximo, Média + Desvio padrão, Média, Média – Desvio padrão e Mínimo.
- e) Finalmente foi feita a análise gráfica de sensibilidade à variação do coeficiente de ponderação (para critérios de ordem hierárquico superior) com base em 5 ações potenciais, de acordo com Ensslin *et al.* (2001).



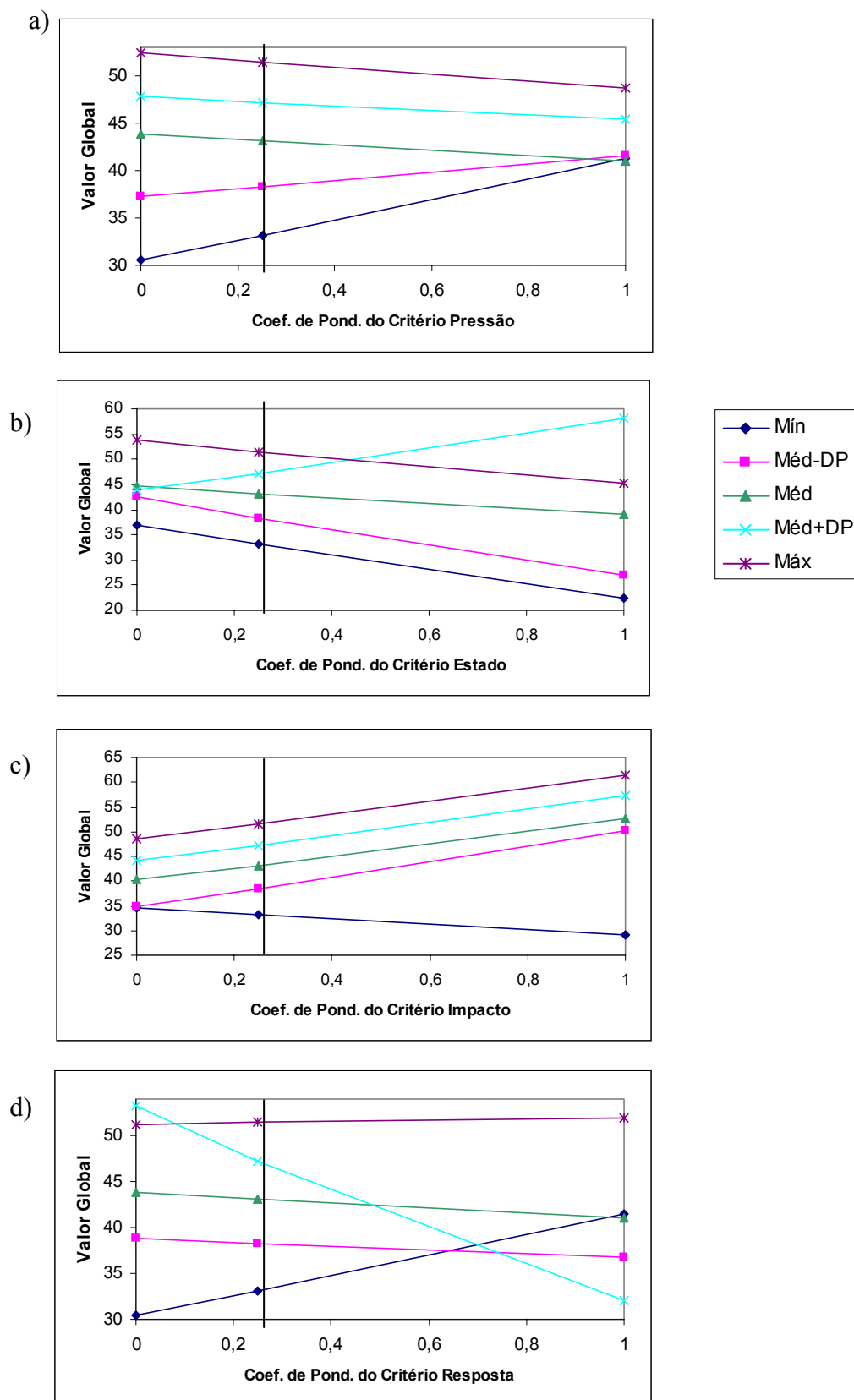
**Figura 7.31** Análise de sensibilidade à variação dos Coef. de ponderação do critério Força-Impulsora (a), Pressão (b), Estado (c) e Resposta (d) da avaliação da sustentabilidade como fluxo de bens e serviços

Desta maneira, nas Figuras 58 e 59 é representada a análise gráfica de sensibilidade para 4 critérios da área de interesse privado e para 4 critérios da área de interesse público. Nesses gráficos, a linha vertical representa o Coef. de ponderação atribuída ao critério considerado, intersectando com as 5 linhas hierárquicas que representam o valor global das 5 ações potenciais, respectivamente. Movendo-se a linha para esquerda ou direita, pode-se observar inversões de hierarquia entre as ações potenciais, o que nos mostra a sensibilidade à modificações do Coef. de ponderação do critério considerado.

Para o caso da área de interesse privado, na Figura 7.31, observa-se que se diminuimos ou aumentamos em uns 10% o Coef. de ponderação, não ocorre inversão da hierarquia entre as ações potenciais, então, a avaliação global das ações potenciais é robusta com relação aos critérios Força-Impulsora, Pressão, Estado e Resposta. Entretanto, se diminuimos ou aumentamos em uns 20% do Coef. de ponderação, ocorre inversão da hierarquia entre as ações potenciais para o critério Força-Impulsora (entre as retas Méd e Méd+, no ponto 17%) e para o critério Pressão (entre as retas Méd e Méd+, no ponto 12%), então, a avaliação global das ações potenciais é bastante sensível à modificações do Coef. de ponderação dos referidos critérios.

Para o caso da área de interesse público, na Figura 7.32, observa-se que se diminuimos ou aumentamos em uns 10% do Coef. de ponderação, não ocorre inversão da hierarquia entre as ações potenciais, embora se acrescente até mais de 30%. Em consequência, a avaliação global das ações potenciais é robusta com relação aos critérios Pressão, Estado, Impacto e Resposta.

Note-se que foi feita a análise de sensibilidade apenas para os critérios de ordem hierárquico superior, porque se supõe que quanto maior o nível hierárquico do critério, maior a sua influência sobre o valor global das ações potenciais. No entanto, podem ser feitas a análise de sensibilidade para critérios de ordem hierárquico mais inferiores, até para os indicadores básicos.



**Figura 7.32** Análise de sensibilidade à variação dos Coef. de ponderação do critério Força-Impulsora (a), Pressão (b), Estado (c) e Resposta (d) da avaliação da sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos



## 7.10 Avaliação hipotética

Supondo que o modelo multicritério é construído baseado em um sistema de indicadores, então, nesta etapa cabe aplicar o modelo. No entanto, como não foram obtidas as ações potenciais por município, o objetivo da avaliação hipotética é ilustrar como pode ser feita a avaliação da sustentabilidade de um sistema de recursos hídricos. Para tal utilizou-se um conjunto de 50 ações potenciais hipotéticas, as quais, como foi descrito na Seção anterior, foram geradas com base na média e desvio padrões das densidades populacionais, aplicando-se o modelo de distribuição de probabilidade Log-Normal.

Desta maneira, na etapa de avaliação, além de determinar a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços e como estoque dos recursos hídricos, pode ser determinado a Eco-eficiência, a sensibilidade e a resiliência.

### 7.10.1 Sustentabilidade do sistema de recursos hídricos

O Quadro 7.5 mostra a descrição das estatísticas do índice de sustentabilidade como fluxo de bens e serviços, para cada sistema setorial. Em geral, observa-se que o índice oscila aproximadamente entre 25 (média dos mínimos) e 64 (média dos máximos) e a média é de  $42 \pm 20\%$ .

**Quadro 7.5 Estatísticas do índice de sustentabilidade como fluxo de bens e serviços**

Estatísticas	Global	Abas. de água potável	Abas. industrial	Irrigação	Criação de animais	Energia elétrica	Navegação	Aqüicultura	Recreação
Máximo	50,80	59,78	61,27	63,69	68,96	61,84	66,16	70,56	60,19
Média	42,31	42,83	41,77	43,54	45,02	43,22	43,21	41,51	41,85
Mínimo	36,00	24,25	27,84	26,65	26,84	26,56	23,78	24,69	23,73
Desvio Padrão	3,17	7,13	6,76	8,00	10,24	8,56	10,09	9,24	8,33
Coef. de Variação	7,48	16,64	16,18	18,38	22,74	19,80	23,35	22,25	19,90
Curtose (K)	-0,06	0,18	0,57	0,00	-0,28	-0,23	-0,09	1,15	-0,33
Coef. de Assimetria (Cs)	0,32	-0,44	-0,03	0,02	0,02	0,18	0,09	0,08	-0,16

Em relação aos valores críticos de assimetria, Cs, e de curtose, K (COSTA, 1977), as distribuições de frequência das amostras geradas, na maioria dos sistemas setoriais, são de forma leptocurtica com assimetria moderada positiva ou negativa.

O Quadro 7.6 mostra a descrição das estatísticas do índice de sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos, para cada aspecto que determina o sistema integral dos recursos hídricos. Em geral, pode observar-se que o índice varia aproximadamente entre 27 (média dos mínimos) e 59 (média dos máximos) e a média é de  $41 \pm 19\%$ .

**Quadro 7.6 Estatísticas do índice de sustentabilidade como estoque dos recursos hídricos**

Estatísticas	Global	Quantidade	Qualidade	Estrutura "habitat"	Resíduos Sólidos
Máximo	52,10	58,60	63,55	57,50	63,37
Média	41,43	41,93	41,20	42,19	43,45
Mínimo	29,87	22,30	27,39	32,28	29,51
Desvio Padrão	4,80	9,06	8,75	5,82	7,84
Coef. de Variação	11,59	21,61	21,24	13,79	18,05
Curtose (K)	0,17	-0,35	0,15	-0,04	-0,46
Coef. de Assimetria (Cs)	-0,19	-0,20	-0,16	-0,16	-0,09

Em relação aos valores críticos de assimetria, Cs, e de curtose, K (COSTA, 1977), as distribuições de frequência das amostras geradas, nos três aspectos (quantidade, qualidade e estrutura "habitat") do sistema integral de recursos hídricos, são de forma leptocurtica com assimetria moderada à esquerda.

No Quadro 7.7 apresenta-se a descrição das estatísticas da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos quando agregado tanto segundo os *Clusters* quanto segundo o modelo FI-P-E-I-R. Em geral, pode observar-se que existe pouca diferença entre o valor global agregado por *Cluster* e por o modelo FI-P-E-I-R. Pode ser adotado a agregação de acordo com o modelo FI-P-E-I-R, porque na perspectiva sistêmica, considera-se mais consistente o agrupamento do conjunto de critérios.

**Quadro 7.7 Estatísticas do índice de sustentabilidade do sistema de recursos hídricos**

Estatísticas	Agregação por <i>Cluster</i>			Agregação por Modelo FI-P-E-I-R		
	Sust. Sist. RR HH	Sust. como fluxo	Sust. como estoque	Sust. Sist. RR HH	Sust. como fluxo	Sust. como estoque
Máximo						
Média	49,34	50,80	52,10	50,24	51,57	51,59
Mínimo	41,81	42,31	41,43	41,92	42,40	41,55
Desvio Padrão	33,36	36,00	29,87	35,26	35,45	31,44
Coef. de Variação	3,18	3,17	4,80	3,31	3,61	4,57
Curtose (K)	7,60	7,48	11,59	7,88	8,52	11,00
Coef. de Assimetria (Cs)	0,27	-0,06	0,17	0,03	-0,28	0,20

### 7.10.2 Eco-eficiência

Como foi mencionado na Seção 5.3.4, em termos gerais, a Eco-eficiência é expressa pela relação entre o valor do produto ou serviço e a influência ambiental (Equação 24). Este conceito pode ser aplicado na perspectiva da área de interesse privado.

O Quadro 7.8 mostra a descrição das estatísticas da Eco-eficiência para cada sistema setorial dentro da área de interesse privado. Pode-se observar que a Eco-eficiência varia aproximadamente entre 0,34 (média dos mínimos) e 1,68 (média dos máximos) e a média é de  $0,8 \pm 34\%$ .

**Quadro 7.8 Eco-eficiência dos sistemas setoriais na área de interesse privado**

Estatísticas	Global	Abas. de água potável	Abas. Industrial	Irrigação	Criação de animais	Energia elétrica	Navegação	Aqui-cultura	Recreação
Máximo	0,98	1,33	1,40	1,43	2,54	1,45	1,66	2,18	1,44
Média	0,74	0,78	0,74	0,79	0,94	0,79	0,78	0,80	0,75
Mínimo	0,55	0,33	0,38	0,39	0,37	0,28	0,32	0,33	0,32
Desvio Padrão	0,10	0,21	0,20	0,25	0,42	0,24	0,30	0,38	0,25
Coef. de Variação	12,99	27,21	26,60	31,76	44,94	30,69	37,69	46,80	33,07
Curtose (K)	-0,07	-0,15	1,30	0,07	2,88	0,90	1,24	4,43	0,08
Coef. de Assimetria (Cs)	0,18	0,36	0,19	0,09	0,33	0,02	-0,03	0,13	-0,03

Em média, a Eco- Eficiência é menor do que um, então, sob a base de dados gerados, os sistemas setoriais são menos Eco- Eficientes.

### 7.10.3 Sensibilidade e resiliência

Com base no sistema de indicadores propostos no presente trabalho, podem ser determinadas a sensibilidade e resiliência do sistema de recursos hídricos, de acordo com as Equações 25, 26, 27 e 28, apresentados na Seção 5.3.4.

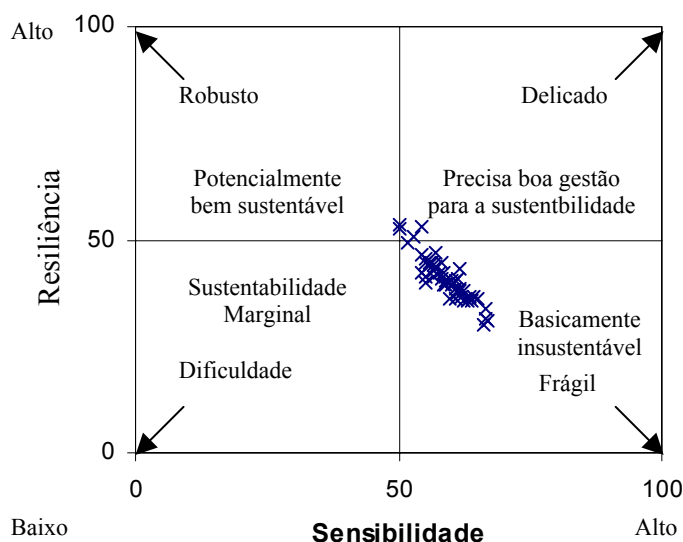
No Quadro 7.9 apresenta-se as estatísticas da sensibilidade e resiliência em termos de índice e coeficiente. Observa-se que os índices de sensibilidade e resiliência são aproximadamente em média de  $59 \pm 7\%$  e  $40 \pm 13\%$ , respectivamente. Os valores de curtose, K, indicam que as distribuições de freqüência das amostras geradas são de forma leptocurtica para a sensibilidade e platicurtica para a resiliência. Os valores de assimetria, Cs, indicam que as distribuições de freqüência das amostras geradas para a sensibilidade e resiliência têm assimetria levemente à direita.

Quanto aos coeficiente de sensibilidade e resiliência, observa-se que são em média de aproximadamente  $1,07 \pm 20\%$  e  $0,98 \pm 21\%$ , respectivamente. Os valores de curtose, K, indicam que as distribuições de freqüência das amostras geradas são de forma platicurtica para a sensibilidade e resiliência. Os valores de assimetria, Cs, indicam que a distribuição de freqüência da amostra gerada para a sensibilidade tem assimetria moderadamente à esquerda e para a resiliência tem assimetria moderada à direita.

**Quadro 7.9 Estatísticas da sensibilidade e resiliência em termos de índice e coeficiente**

Estatísticas	Índice de sensibilidade	Índice de resiliência	Coeficiente de sensibilidade	Coeficiente de resiliência
Máximo	67,02	53,49	1,73	1,59
Média	59,04	40,93	1,07	0,98
Mínimo	50,16	29,89	0,65	0,67
Desvio Padrão	4,19	5,35	0,22	0,21
Coeficiente de Variação	7,10	13,06	20,24	20,99
Curtose (K)	-0,43	0,27	0,65	0,58
Coeficiente de Assimetria (Cs)	0,02	0,01	-0,20	0,13

Como foi mencionado na Seção 5.3.4, os conceitos de sensibilidade e resiliência, em termos de índice ou coeficiente, podem ser utilizados para classificar a reação do sistema de recursos hídricos a seu uso.



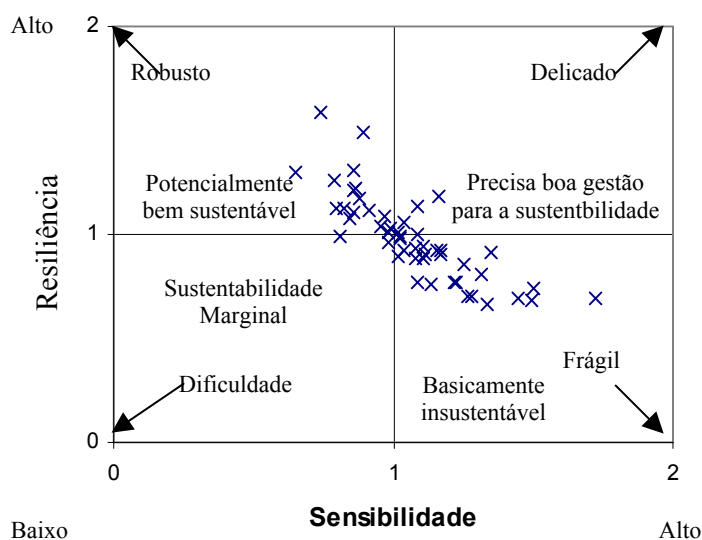
**Figura 7.33 Categorias do potencial de sustentabilidade do sistema de recursos hídricos**

Fonte: adotado de Blaikie e Brookfield (1987)

Utilizando os conceitos de sensibilidade e resiliência, em termos de índice, a Figura 7.33 mostra a classificação da reação do sistema de recursos hídricos a seu uso,

com base em dados hipotéticos gerados. Pode-se observar que as ações potenciais, predominantemente, encontram-se na categoria "Basicamente insustentável" e o sistema de recursos hídricos é vulnerável.

Do mesmo modo, utilizando os conceitos de sensibilidade e resiliência, em termos de coeficiente, a Figura 7.34 mostra a classificação da reação do sistema de recursos hídricos a seu uso, com base em dados hipotéticos gerados. Pode-se observar que as ações potenciais, encontram-se distribuídas, quase proporcionalmente, entre as categorias, "Potencialmente bem sustentável" e "Basicamente insustentável", mas não ocorrem tendências para as categorias "Sustentabilidade marginal" e "Precisa boa gestão para a sustentabilidade"



**Figura 7.34** Categorias do potencial de sustentabilidade do sistema de recursos hídricos

Fonte: adotado de Blaikie e Brookfield (1987)

Por comparação entre a Figura 7.33 e Figura 7.34, podemos concluir que os resultados da avaliação da sustentabilidade com base nos conceitos de sensibilidade e resiliência são diferentes, quando utilizados em termos de índices e coeficientes. Esse fato se deve a que os índices são afetados pelo fator de equilíbrio, enquanto os coeficientes são razões diretas. Entretanto, pode-se recomendar a utilização dos coeficientes de sensibilidade e resiliência para classificar as categorias de sustentabilidade.

Finalmente, os conceitos utilizados para avaliação das ações potenciais (municípios) neste trabalho, podem ser melhor apresentados em ambiente espacial, com ajuda de técnicas de geoprocessamento e estatística espacial. Adicionalmente, com o auxílio das mesmas técnicas, podem ser analisadas a variabilidade espacial e as inter-

relações dos indicadores básicos e compostos, bem como os índices de sustentabilidade, Eco-eficiência, sensibilidade e resiliência.

### **7.11 Crítica à presente pesquisa**

Se for feito um balanço entre os pressupostos teóricos da presente pesquisa e a intervenção prática, podem ser levantados inúmeros problemas, mais especificamente com relação a este Capítulo. Vale a pena ressaltá-los aqui, deixando clara a posição deste trabalho.

Todos esses problemas podem ser sintetizados em duas críticas: a) os resultados da pesquisa não são validados ou legítimos ao Comitesinos, como prega o paradigma construtivista, e b) não foi avaliada a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos com base num banco de dados reais.

Antes de argumentar o posicionamento deste trabalho deve-se esclarecer que há duas contribuições deste trabalho: a primeira refere-se à proposta de uma metodologia para desenvolvimento de indicadores, a qual de forma sintética é descrita no Capítulo 5. Esta metodologia como tal, do ponto de vista teórico, pode ser considerada como produto de uma pesquisa bibliográfica. A segunda refere-se à aplicação prática dessa metodologia, que tem a ver exatamente com o conteúdo apresentado neste Capítulo.

**Com relação à primeira crítica - os resultados da pesquisa não são validados ou legitimados pelo Comitesinos, como prega o paradigma construtivista.**

Em termos gerais, em gestão das águas a validação de certas hipóteses exige decisões políticas e negociação social para implementar no mundo real as medidas prescritas (MARTINI, 2000). Nesta perspectiva, apesar de que o Comitesinos é o verso dos comitês no Brasil, e, portanto, tendo longa experiência organizacional, não foi possível materializar a proposta ambiciosa de obter um sistema de indicadores validados ou legitimados no âmbito do referido Comitê. Para legitimar seria necessário ter feito discussões e reflexões sobre: os *Clusters* do mapa cognitivo por categoria; o mapa cognitivo global em plenária; a árvore de critérios por categoria e em plenária; e os indicadores básicos, com auxílio de especialistas, por categoria e em plenária. Todas essas atividades não foram feitas, porque:

A questão da sustentabilidade e indicadores é recente, abrangente e complexa. À luz do paradigma construtivista, foram ponderados os riscos de que esses temas fossem tratados de forma não satisfatória e sem uma ampla participação, mas julgou-se tais riscos como inevitáveis, uma vez que, a questão escolhida não seria adequadamente tratada em uma estrita disciplina ou especialidade. Para equilibrar esta restrição, o autor teve que fazer um aprendizado, esforçando-se transitar por diferentes disciplinas, do campo das ciências sociais até às ciências naturais. Contudo, em um trabalho individual no âmbito acadêmico e com as restrições dos prazos, a validação empírica tornou-se inviável.

Além do mais, este trabalho uma vez que envolve questões ambientais, sociais e econômicas, os seus produtos tais como os mapas cognitivos, as árvores de critérios, os sistemas de indicadores, etc., estão sujeitos às seguintes considerações: atualmente as áreas do conhecimento são diversificadas e amplas, muitas vezes sustentadas, de forma dominante, com teorias, ideologias e hipóteses que criam uma arena política conflituosa e polêmica. Nesta perspectiva há risco de não ser bem utilizado o conhecimento, no sentido de que possa haver inibição das percepções dentre um grupo de atores. Em consequência, inicialmente (antes de ocorrer interações diretas entre o facilitador e o grupo de atores ou tomador de decisão), o facilitador para ter bom desempenho, precisa fazer representações cognitivas, isto é, precisa organizar e sistematizar as suas percepções sobre um determinado sistema ou realidade. Neste caso específico, essas representações permitiriam conhecer melhor o contexto do sistema de recursos hídricos da Bacia dos Sinos.

Nessa perspectiva, no presente trabalho, as representações cognitivas foram elaboradas pelo pesquisador ou facilitador/analista, adotando o método de pesquisas da Observação participante, onde essas representações cognitivas foram embasadas basicamente em um conjunto de documentos (revisão da literatura especializada, trabalhos de natureza exploratória e descritiva ou diagnósticos, caracterizações, legislação ambiental e correlatos, dentre outros trabalhos de pesquisas realizados na bacia). O pesquisador também teve a oportunidade de coletar informações durante as visitas de campo, as entrevistas simples e individuais, a participação em plenárias e na Comissão Permanente de Assessoramento- CPA do Comitesinos e participação em alguns programas (por exemplo, educação ambiental) que vem desenvolvendo o Comitesinos.

Deve ser também salientado que, para uma aplicação efetiva do paradigma construtivista, exige-se uma mudança de pensamento e cultura de participação dos atores

sociais, mais especificamente do Comitesinos. Nabinger<sup>24</sup> indica que há necessidade de uma constante preparação (ou capacitação) dos membros, até porque ocorrem eventuais mudanças dos membros do Comitesinos (informação verbal). Os mesmos são eleitos a cada 2 anos. As capacitações estariam focalizadas, não apenas com relação a seus papéis no contexto da Política dos Recursos Hídricos em nível estadual e nacional, mas também em estratégias de participação e de mobilização social. Certamente dentre alguns setores, tais como a categoria de indústrias, tem uma atuação organizada.

**Quanto à segunda crítica - não foi avaliada a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos com base num banco de dados reais.**

Mesmo se tivesse sido validado ou não os produtos do presente trabalho no âmbito do Comitesinos, pela carga de trabalho de montagem de um banco de dados em um tempo limitado, era inviável fazer a avaliação da sustentabilidade com dados reais.

Os dados se encontram dispersos em diferentes instituições públicas e privadas. Então, menor é a possibilidade de encontrar dados organizados por bacias hidrográficas. Existem algumas iniciativas de montagem de bancos de dados e/ou sistemas de informações que possibilitam o seu acesso ao público (FEE, IBGE, etc.), mas o problema reside em que não existem registros históricos dos dados solicitados, pois os dados requeridos são recentes de caráter quantitativo/dimensionais e qualitativo/adimensionais. Razões pelas quais, um estudo como o presente trabalho, não conseguiu alcançar uma efetiva aplicação da metodologia proposta.

### **7.12 Crítica ao método MISGERH**

Tendo o método MISGERH adotado o paradigma construtivista, está sujeito a inúmeras críticas, as quais, no âmbito das metodologias de apoio à decisão, podem ser encontradas em Montibeller (2001). O autor tem elaborado um posicionamento sólido diante dessas críticas com as bases do paradigma científico construtivista, o mesmo é válido no âmbito do presente trabalho.

Adicionalmente, ao ser aplicado o método MISGERH surgem algumas questões, que podem ser resumidas em três:

---

<sup>24</sup> NABINGER, Viviane, Secretária Executiva do Comitesinos. Entrevista sobre o Comitesinos. São Leopoldo-RS, junho de 2003.



- Como aplicar o método se este demanda de um tempo necessário para efetuar, enquanto os gestores das águas, bem como os comitês de bacia, já têm uma agenda comprometida?
- Como aplicar o método nos comitês de bacias, uma vez que estes são formados por um grupo de indivíduos com nível de instrução diferenciado e conhecimento diversificado?
- O que fazer com um número grande de indicadores de natureza diversa, se os dados a serem coletados são obstruídos pelos escassos recursos de tempo e financeiro?

Diante essas críticas o posicionamento do método MISGERH é o seguinte:

Quanto à primeira crítica, a elaboração dos mapas cognitivos que demanda muito tempo e reuniões participativas, pode ser realizada em ambiente virtual, uma vez que se garante a inserção da subjetividade dos atores, sem a presença física deles.

Com relação à segunda crítica, o método foi concebido para lidar com grupos de atores sociais de natureza diversa, uma vez que, com base na convicção da aprendizagem pela participação de atores (do paradigma construtivista), objetiva-se gerar conhecimento sobre o problema em foco para sua compreensão global por todos os atores envolvidos.

Quanto à terceira crítica, ao aplicar o método propõe-se um conjunto de indicadores de natureza diversa; este conjunto serve para subsidiar a implementação de um Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, prevista como instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, para dar subsídios à elaboração dos Planos de Gestão de Recursos Hídricos. Além disso, na Agenda 21 também está prevista a implementação de um sistema de informações para avaliar o estado de desenvolvimento. Entende-se que este conjunto de informações sejam coletadas sistematicamente no tempo, visando o seu uso a curto, médio e longo prazo.

Em termos gerais, as críticas concebidas como desvantagens do método depende dos interesses e objetivos perseguidos. Por exemplo, se o objetivo for, além do resultado de propor um conjunto de indicadores, também o processo participativo dos atores sociais para compreender a problemática dos recursos hídricos como um todo, então o tempo

necessário para aplicar o método passa a uma segunda ordem de preferência. Nesse caso é recomendável aplicar o método MISGERH.

O método é concebido sob o princípio de que a definição de indicadores é, antes de tudo, uma questão política do que uma abordagem técnica, na medida em que a política fornece os instrumentos seguros para a construção das bases estruturais ao desenvolvimento sustentável (DOMINGUES, 2000). Assim, a modelagem de um sistema de indicadores é feita a partir das inter-relações da ciência, política e os valores e objetivos dos atores envolvidos no problema em questão.

Nesta perspectiva, ao final, o método é concebido para, além de propor um sistema de indicadores de sustentabilidade, também subsidiar e aprofundar a implementação do modelo sistêmico de integração participativa (como o modelo de gestão das águas, perseguido nos dias atuais) e da Política Nacional de Recursos Hídricos, principalmente no que diz respeito ao fundamento VI: "a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades" (Lei Fed. 9.433/1997, Cap. 1, Art. 1). Portanto, a participação de todos os atores envolvidos é muito importante para tornar sustentável os recursos hídricos.

### **7.13 Resumo do Capítulo**

Ao longo deste Capítulo tentou-se aplicar o método proposto para selecionar indicadores de sustentabilidade. Dentre os pontos mais importantes estão os seguintes:

- Como estudo de caso, a modelagem de um sistema de indicadores foi feita na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos. Para tal, inicialmente a mesma foi caracterizada do ponto de vista físico, socioeconômico e dos usos da água. É uma das bacias com usos múltiplos dos recursos hídricos e, como tal, é considerada uma das bacias com maior poluição. Em compensação a este problema, a Bacia dos Sinos tem um fortalecimento constituída pelo Comitesinos. Este Comitê é responsável pela harmonização entre os usuários em torno da água e sua relação com o meio ambiente;
- Na construção e análise dos mapas cognitivos foram identificados, do ponto de vista dos objetivos privados, oito *Clusters* setoriais: abastecimento público, abastecimento industrial, irrigação, pecuária, energia elétrica, navegação, turismo e

lazer aquático. Cada um desses *Clusters* têm peculiaridades, tanto em objetivos quanto em sua estrutura. Do ponto de vista dos interesses socioambientais ou públicos foram identificados três *Clusters*: qualidade da água, regime hidrológico e estrutura "habitat". Esses três *Clusters* representam a integridade do sistema de recursos hídricos. Adicionalmente foi identificado o *Cluster* resíduos sólidos, como parte integrante da problemática do sistema de recursos hídricos;

- A estruturação do modelo multicritérios foi feita segundo os *Clusters* acima mencionados. Assim, com base nesse modelo, é possível avaliar, do ponto de vista dos objetivos privados, a sustentabilidade como fluxo de bens e serviços, bem como, do ponto de vista dos interesses públicos, a sustentabilidade como estoque de recursos naturais-recursos hídricos;
- A construção dos descritores é vista como uma tarefa crucial, já que podem existir vários descritores de natureza diversa como candidatos para serem associados a um determinado critério. Este fato faz com que se deva dar atenção quando for construído os descritores e requeiram não somente a participação de atores, mas também de especialistas;
- Em termos gerais, como foi descrito, com referência ao método proposto para formulação de indicadores, além de serem empregados os passos metodológicos e alguns procedimentos das metodologias multicritério, também foram utilizados conceitos metodológicos próprios dos indicadores;
- Cumpre deixar claro que os mapas cognitivos são uma representação do problema, segundo a interpretação do autor da presente pesquisa. Com base nesses mapas, via o processo construtivista, propõe-se discutir ou reestruturar os problemas setoriais e a problemática global do sistema de recursos hídricos e das árvores de critérios, bem como os sistemas de indicadores, que também podem ser submetidos, como pano de fundo, a uma ampla discussão no âmbito do Comitesinos;
- O método para sua aplicação demandou dois anos de acompanhamento das reuniões do Comitesinos, durante a qual foram assistidos em aproximadamente treze reuniões plenárias e eventualmente em três reuniões da Comissão Permanente de Assessoramento.

- Com relação às críticas deste Capítulo, por ter adotado o método de pesquisa da Observação participante, os produtos da tese, tais como os mapas cognitivos, as arborescências de critérios e/ou indicadores e os descritores, não foram validados ou legitimados ao Comitesino. Por outro lado, por ter um prazo curto para montar um banco de dados de natureza diversa, a aplicação do modelo foi ilustrado com dados hipotéticos.
- Quanto às críticas do método MISGERH, sendo elas concebidas como desvantagens, antes de tudo cabe esclarecer que o emprego deste é recomendado quando há interesse não somente do resultado como proposta de um sistema de indicadores de sustentabilidade, mas também do processo de participação dos atores envolvidos, para ter maior conhecimento do problema dos recursos hídricos.

## 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 8.1 Conclusões

No presente trabalho foi desenvolvido um método de seleção de indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos - o MISGERH, objetivando disponibilizar tanto aos comitês de bacias quanto aos gestores da água um método que lhes permitisse, adotando o paradigma construtivista, participar ativamente no processo de compreensão do problema e avaliar a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos. Assim, o método como processo e o sistema de indicadores como resultado, podem ser vistos como um instrumento multicritério de apoio à decisão, no âmbito da gestão ambiental ou, neste caso específico, da gestão dos recursos hídricos.

Com o propósito de desenvolver o método, foram abordados três temas: gestão ambiental, sistemas de apoio à decisão e indicadores de sustentabilidade.

O primeiro tema é descrito no Capítulo 2, onde pode ser salientado os seguintes aspectos:

- Historicamente, a concepção de natureza e de ciência pela humanidade, bem como a política, têm influenciado no modelo de desenvolvimento que não tem contemplado efetivamente a temática ambiental. No entanto, nos dias atuais, a sustentabilidade está sendo moldada sob as relações da economia, política e ecologia.
- Numa perspectiva sistêmica, a sustentabilidade do desenvolvimento será efetiva se houver sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, uma vez que a água é o elemento essencial da vida e é parte integrante do meio ambiente. Então, a gestão dos recursos hídricos será efetiva ou "bem sucedida", se houver uma efetiva gestão ambiental.

- A partir do conceito de sustentabilidade do sistema de recursos hídricos há necessidade de se construir um sistema de indicadores que podem ser concebidos como um instrumento multicritério de apoio à decisão para contribuir ao planejamento e gestão dos recursos hídricos.

O segundo tema é descrito no Capítulo 3, onde podem ser destacados os seguintes aspectos:

- No âmbito da gestão dos recursos hídricos, quando se deseja apoiar decisões com base num sistema de indicadores, acredita-se que o paradigma construtivista é o mais adequado para fazer a modelagem do referido sistema.
- O paradigma científico do construtivismo, pode ser subsidiado com teorias e conceitos advindos das ciências sociais, tais como: a perspectiva cognitiva, a representação mental e os mapas cognitivos, a teoria das representações sociais, o diálogo e as percepções ambientais. Os mesmos, apesar de serem desenvolvidos a partir de diferentes perspectivas e para diferentes fins, têm em comum a ênfase na participação social e o privilégio da subjetividade.
- Uma característica do Modelo sistêmico de integração participativa é a tomada de decisão através de deliberações multilaterais e descentralizadas. De outro lado, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Fed. N° 9433/97) estabelece a formação dos Comitês de Bacia. Ambas as características predisõem potencialmente a prática do paradigma construtivista. Assim, ao adotar este paradigma, no âmbito da gestão dos recursos hídricos, levam-se em conta não somente os aspectos objetivos, mas também os aspectos subjetivos.

O terceiro tema é descrito no Capítulo 4, onde se deve deixar claro os seguintes aspectos:

- Existem basicamente três etapas cruciais na formulação de indicadores: como escolher as variáveis?; como tratar a incomensurabilidade?; e, como agrupar as informações? Na perspectiva construtivista, a primeira pode ser feita através da modelagem de mapas cognitivos. A segunda pode ser feita através da técnica do MACBETH, proveniente da análise multicritério. A terceira pode ser feita utilizando o modelo matemático: programação de compromisso advinda da

análise multicritério. Este conjunto de ferramentas permite lidar com os aspectos objetivos e subjetivos do problema em foco, bem como fazer as análises da hierarquia, interação e dependência entre os indicadores.

- Há necessidade de propor uma metodologia integrada no sentido de que possa atender as cinco principais funções dos indicadores: compreender o problema, resolução de conflitos, motivação, controle e apoio à decisão, ao longo do processo de construção dos indicadores. Acredita-se que, adotando o paradigma construtivista e, fazendo ligações teórico-conceituais dos indicadores com a análise multicritério é possível propor essa metodologia.

Em termos gerais, foram alcançados todos os objetivos da tese. Em consonância com os mesmos pode-se concluir que:

- O texto do trabalho apresenta os fundamentos teóricos e práticos que permitem selecionar indicadores de natureza diversa para avaliar a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos. Os mesmos foram desenvolvidos nos Capítulos 2, 3, 4. Adicionalmente no Capítulo 5 são mostrados todos os passos para aplicar o método.
- Foi estruturada a problemática dos recursos hídricos, tanto em nível global quanto setorial, no âmbito do Comitêsinsos, segundo a interpretação do pesquisador. Neste processo, os mapas cognitivos mostraram ser adequados para a modelagem da problemática dos recursos hídricos já que, como ferramenta reflexiva, têm permitido contemplar, recursivamente, todos os aspectos relevantes que envolvem a noção de desenvolvimento sustentável. Com estas características, a estrutura do mapa cognitivo torna-se um ambiente rico para eventuais negociações sociais, quando submetido em um grupo de atores com visões e objetivos diferenciados, como é o caso de um Comitê de Bacias;
- Com base na estrutura do mapa cognitivo global, foram analisadas as relações de influência dos recursos hídricos e suas interfaces com os oito setores socioeconômicos: abastecimento público, abastecimento industrial, irrigação pecuária, energia elétrica, navegação, aquicultura, turismo e lazer aquático. Também foi analisada sua interface com os resíduos sólidos;

- A estrutura do mapa cognitivo, como modelo teórico, permitiu integrar conceitos (candidatos a indicadores) na perspectiva da teoria sistêmica, visto que possibilitou analisar as hierarquias, as interações e as interdependências entre esses elementos, no âmbito da problemática dos recursos hídricos. Além disso, permitiu elaborar conceitos levando em conta a sua interdisciplinariedade;
- A estrutura do mapa cognitivo é uma ferramenta para identificar um sistema de indicadores chaves. Este processo é feito através da construção de uma árvore de critérios, levando em conta a hierarquia, as interações e dependências entre os indicadores;
- Construiu-se um sistema de indicadores, incorporando novos conceitos de natureza diversa, subjetiva/qualitativa e objetiva/quantitativa, que explica a complexidade do sistema de recursos hídricos com consistência e transparência. Isto foi possível fazer empregando alguns conceitos metodológicos e procedimentos das metodologias multicritério de apoio à decisão, bem como utilizando conceitos próprios da literatura sobre indicadores;
- Foi possível mostrar uma aplicação do método proposto para avaliação da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos. Deve ser feita a ressalva de que tal avaliação é hipotética, pois foram utilizados dados hipotéticos gerados com base na média e desvio padrão da densidade populacional, aplicando o modelo de distribuição de probabilidades Log-Normal.

A estratégia para alcançar o objetivo geral deste trabalho envolve a aplicação do método MISGERH, adotando o método de pesquisa "Observação participante", cuja eficiência e eficácia é constatada, uma vez que foi possível testar sua aplicabilidade, através de um estudo de caso, na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos. O mesmo é descrito no Capítulo 7.

Os aspectos mais críticos, quando aplicado o método proposto, concentram-se na estruturação do problema. Isto porque há dificuldades quanto a formulação de conceitos, devido principalmente, a que um mesmo conceito possa expressar diferentes dimensões (de caráter econômico, social e ambiental). Neste ponto, concorrem diversos valores, afinidades, convicções e interesses dos atores. Assim, por detrás de cada conceito, há uma



teoria ou respaldo teórico e ideológico. Esta característica faz com que ocorram discussões e negociações entre os atores.

As disputas e consensos podem ser do tipo: no sentido de busca das conseqüências, por que é importante (ou interessa) um determinado aspecto? E no sentido de busca das explicações, quais as razões que explicam ou como conseguir e/ou avaliar esse aspecto? Também podem ocorrer questões tais como: por que está acontecendo? O que está acontecendo ao ambiente? O que está sendo feito quanto a isso? Portanto, a formulação de conceitos deve ser feita com tato, cautela e reflexão.

Como cada sistema possui suas peculiaridades que o difere dos outros, a modelagem do sistema de indicadores é válida somente no contexto em que foram construídos. No entanto, a metodologia proposta pode ser aplicada em outras realidades e, se for o caso, de toda forma os produtos desta pesquisa, como os mapas cognitivos, a árvore de critérios e o sistema de indicadores, já se constituem como uma base teórica e conceitual para outros trabalhos.

Para avaliar a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, foram identificados do ponto de vista dos objetivos privados, oito *Clusters* setoriais: abastecimento público, abastecimento industrial, irrigação, pecuária, energia elétrica, navegação, turismo e lazer aquático. Do ponto de vista dos interesses socioambientais ou públicos foram identificados três *Clusters*: qualidade da água, regime hidrológico e estrutura "habitat". Além disso, foi identificado o *Cluster* resíduos sólidos, como parte integrante da problemática do sistema de recursos hídricos.

Neste contexto, foram identificadas um total de 238 indicadores, alguns deles (88 indicadores) são partilhados entre os *Clusters*, constatando a interação dos indicadores e dependência entre os *Clusters* setoriais do sistema de recursos hídricos.

Ao aplicar o método pode-se verificar suas vantagens, como processo, do ponto de vista teórico-conceitual e algumas desvantagens do ponto de vista pragmático.

Quanto às vantagens, podemos destacar principalmente cinco:

- O método permite modelar um sistema de indicadores a partir das relações entre ciência, política e os valores e objetivos dos atores sociais, uma vez que é concebido sob o princípio de que a definição de indicadores é antes de tudo uma questão política do que uma abordagem técnica, na medida em que a política fornece os instrumentos seguros para a construção das bases estruturais ao desenvolvimento sustentável (DOMINGUES, 2000).
- O método, adotando o paradigma construtivista, além de permitir identificar um conjunto de indicadores de sustentabilidade (o resultado), permite a participação dos atores sociais para a compreensão do problema como um todo (o processo). Estas características se inserem dentro e/ou são compatíveis com os princípios do Modelo Sistêmico de Integração Participativa, de gestão das águas, sendo o mesmo, o objetivo estratégico de qualquer formulação institucional e legal bem conduzida (LANNA, 2000a). Assim, o método fornece subsídios para aprofundar a implementação do referido modelo de gestão das águas.
- O método, adotando o paradigma construtivista e junto com o enfoque sistêmico e inter-transdisciplinar, permite compreender o problema local para o global, e vice-versa, de uma bacia hidrográfica.
- A construção dos mapas cognitivos permite aos atores conhecer os aspectos que os outros levam em conta no problema em foco. Esta característica do processo de construção dos mapas cognitivos serve como um instrumento de negociação.

Quanto às desvantagens, podemos salientar principalmente quatro:

- A aplicação do método proposto para ser bem conduzida exige um tempo programado e compromissos com os Comitês de Bacia e com os gestores da água, o que nem sempre é estabelecido, uma vez que esse conjunto de atores já têm uma agenda preenchida.

- A construção dos mapas cognitivos demandam um tempo necessário para sua elaboração, principalmente quando se trabalha com um grupo de atores, tal como o do Comitesinos. Tanto o facilitador (pesquisador) quanto os atores sociais têm um tempo bastante limitado para levar adiante, em reuniões, o processo de construção dos mapas cognitivos. Uma solução a este problema seria de elaborar esses mapas cognitivos em ambiente virtual.
- A aplicação exige muita habilidade do facilitador (pesquisador) não somente com relação à exigência de tempo e reflexão, mas também, quanto à exigência de transitar por diversas áreas do conhecimento, desde as ciências naturais até as ciências sociais. Assim, este método para ser bem conduzido demanda um grupo de pessoas multi-disciplinares, caso contrário, isto é, por um facilitador, a aplicação é bastante complexa e trabalhosa.
- Aplicando o método é proposto um conjunto de indicadores de natureza diversa, cujos dados podem ser de difícil coleta, por razões diversas, principalmente econômicas.

Finalmente, as desvantagens do método depende dos objetivos perseguidos ou mesmo das convicções do autor. Por exemplo, se o objetivo for além de propor um modelo multicritério e/ou conjunto de indicadores, também o processo de participação para compreender a problemática dos recursos hídricos, o tempo necessário para aplicar o método passa por uma segunda ordem de preferência. Nesse caso é recomendável aplicar o método MISGERH, acreditando-se que será o melhor caminho, uma vez que a modelagem de um sistema de indicadores será feita sob as inter-relações da ciência, política e os valores e objetivos dos atores sociais.

## 8.2 Recomendações

Certamente, como qualquer outro trabalho de pesquisa não se conseguiu atender a todas as expectativas concebidas, tanto no início quanto durante o desenvolvimento da tese. Assim, muitos são os temas de pesquisa que podem preencher os vazios do grande campo dos indicadores de sustentabilidade, dentre os quais podemos apontar os seguintes:

- Fazendo algumas alterações ao método MISGERH, propõe-se aplicar o mesmo adotando o método de "Pesquisa Ação", através de um estudo de caso, seja na Bacia dos Sinos ou noutras bacias. Nesta oportunidade os Comitês de Bacia devem passar por um período de preparação, principalmente, no que diz respeito às formas de pensamento lógico que devem envolver as relações de causa-efeito (ou de meio-fim).
- Integração do Sistema de Informações Geográficas com o método proposto de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade;
- Análise das relações e interações espaciais entre indicadores estabelecidos na modelagem do sistema de indicadores;
- Análise do processo de transferência de atributos espaciais, de um conjunto de objetos espaciais para outro, dentro de um espaço geográfico definido. Por exemplo, os dados centralizados por municípios podem ser transformados por bacia, usando técnicas geoestatísticas;
- No presente trabalho têm sido construídos indicadores de natureza diversa, dentre eles deve-se destacar aqueles que precisam de descritores pictóricos, tais como no PVE2.1 – Estrutura da drenagem urbana e PVE3.1 - Estrutura da drenagem rural do *Cluster* 9. Sobre o ponto, conforme foi sugerido por Souza (1999), a operacionalização dos pontos de vista com descritores pictóricos e níveis de impactos pontuais não-intrínsecos associados a limites de dispersão locais, tipológicos e temporais é um interessante tema para pesquisas futuras;
- Na literatura, sobre as metodologias de apoio à decisão, de acordo com Souza (1999), um ponto ainda não aprofundado é a possibilidade de avaliar impactos de

ações potenciais em descritores com incerteza, através da análise sobre a função de pertinência desses descritores;

- Os mapas cognitivos da presente pesquisa devem ser considerados como um primeiro passo no processo de formulação e estruturação do problema, segundo a interpretação do autor do presente trabalho. Com base nesses mapas, seguindo o paradigma construtivista, propõe-se discutir ou reestruturar os problemas setoriais e a problemática global do sistema de recursos hídricos, no âmbito do Comitesinos. Do mesmo modo, tanto as árvores de critério quanto o sistema de indicadores podem ser submetidos, como pano de fundo, a uma ampla discussão no Comitesinos;
- Os órgãos públicos, bem como os setores produtivos e a população, têm uma agenda lotada e um tempo estreito que os limita a uma participação efetiva. Face a este problema, propõe-se praticar a aprendizagem em ambiente virtual através do uso de mapas cognitivos (MAULE, 1997), uma vez que o paradigma construtivista não exige a presença física dos atores, mas apenas garante levar em conta, os valores destes (BANA E COSTA, 1993b);
- Quanto aos descritores, devem ser considerados como um primeiro passo no processo de construção de descritores. Logo, seguindo o paradigma construtivista, propõe-se discuti-los ou reconstruí-los em uma permanente interação com as evidências empíricas.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIOLY, C.; DAVIDSON, F. 1998. **Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Rio de Janeiro: Mauad.
- ADREOLI, C. E.; SOUZA, M.L. P. de. 1992. Gestão Ambiental por bacias hidrográficas. In: MAIMON, D. (Coord). **Ecologia e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: APED. p. 99-118.
- ALBERTI, M. 1996. Measuring Urban Sustainability. **Environ Impact Assess Rev.** 16: p. 381-424.
- ALMEIDA, J. 1995. Da ideologia do progresso à idéia de desenvolvimento (rural) sustentável. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL: TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL. Porto Alegre: set. 1995, p. 17 – 28.
- ALMEIDA, J. 2001. A problemática do desenvolvimento sustentável. In: BECKER, D. F. (Org.). **Desenvolvimento sustentável: necessidade e/ou possibilidade?**. Santa Cruz do sul: EDUNISC, p. 17 -26.
- ALMEIDA, L. T. de. 1998. **Política ambiental: Uma análise econômica**. São Paulo: Fundação Editora da Unesp. 192 p.
- ALMEIDA, M. L. O. de ; VILHENA, A. (Coord.). 2000. **Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE.
- ALTIERI, M. 1989. **Agroecología y desarrollo rural**. La Paz: SEMTA- UMSA. La Paz, Bolivia. p. 131-157.
- ALVARENGA, S. A. 1997. **Análise das áreas de proteção ambiental enquanto instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente: o caso da APA Corumbataí – SP**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, BR-SP.
- AMORIM, F. O. B. 2002. Os estudos da percepção como a última fronteira da gestão ambiental. **Percepção ambiental**. Belo Horizonte: UFMG. Disponível em: <http://ivairr.sites.uol.com.br/percepcaoambi.htm>. Acesso em: 23/11/02.
- ANDRADE, R. O. B. de; TACHIZAWA, T.; CARVALHO A. B. de. 2000. **Gestão Ambiental – Enfoque Estratégico Aplicado ao Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: MAKRON Books.

ANDREASEN, J. K.; O'NEILL, R. V.; NOSS, R.; SLOSSER, N. C. 2001. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. **Ecological Indicators**. n° 1, p. 21 – 35. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecolind>. Acesso em: 23/11/02.

ANTUNES, P. B. 1992. **Curso de direito ambiental – doutrina, legislação, jurisprudência**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Renovar.

ASSOCIAÇÃO RIOGRANDENSE DE EMPREENDIMENTOS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. 2003. **Produção de leite a pasto** – Pastoreio rotativo, maior rendimento de leite por hectare com menos custo, folheto. Porto Alegre: EMATER, RS.

BALARINE, O. F. O. 2000. Água: gestão participativa e sustentável. In: BALARINE, O. F. O.; LANNA, A. E. e MOLINA, P.; CÁNEPAS, E. M.; MENEGHETTI, A. N.; DEWES, R.; SOARES, P. B.; JARDIM, S. B. **Projeto Rio Santa Maria: A cobrança como instrumento de gestão de águas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 12 - 27.

BANA E COSTA, C. A. 1992. Structuration, **Construction et Exploitation d'un Modèle Multicritère d'aide à la Decision**. Lisboa-Portugal. Tese (doutorado) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

BANA E COSTA, C. A. 1993a. Processo de apoio à decisão: Problemáticas, atores e ações. **Introdução à abordagem multicritério**. Florianópolis: ENE/UFSC p. 31.

BANA E COSTA, C. A. 1993b. Três Convicções fundamentais na prática do apoio à decisão. **Revista Pesquisa Operacional**, v. 13, n° 1, junho 1993.

BANA E COSTA, C. A. 1995. O que entender por tomada de decisão multicritério ou multiobjetivo?. **Introdução à abordagem multicritério**. Florianópolis: UFSC. 1995. p118 -139.

BANA E COSTA, C. A. ; VANSNICK, J.C. 1995. Uma nova abordagem ao problema da construção de valor cardinal: MACBETH. **Investigação Operacional**, v. 15. p. 15-35.

BARRIENTOS, W. M. 1999. **Investigación Educativa y Tesis de Grado**. España: FEJAD. 313 p.

BEINAT, E. 1995. **Multiattribute Value Functions for Environmental Management**. Amsterdam: Timbergen Institute Research Séries.

BELLIA, V. 1996. **Introdução à Economia do Meio Ambiente**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais renováveis.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 1999. **Conservação do solo**, 4ª Ed. São Paulo: Ione editora.

BIANDREOLI, C.V.; SOUZA, M.L.P. de. 1992. Gestão ambiental por bacias hidrográficas. In: MAIMON, D. (Coord). **Ecologia e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: APED.

- BIDONE, F. R. A. 1999. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP. 120 p.
- BIFANI, P. 1993. Desarrollo sostenible, Población y Pobreza: algunas reflexiones conceptuales. In: **Educación ambiental y Universidad**. Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.
- BOBBIO, N. 1987. **Estado, Governo, Sociedade** – Para uma teoria geral da política. NOGUEIRA, Marco Aurélio (Trad.). Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- BOLLMANN, H. A. 2001. Metodologia para avaliação ambiental integrada. In: Bollmann, et al; MAIA, N.B.; MARTOS, H.L. e BARRELLA, W. (Orgs). **Indicadores de sustentabilidade**. São Paulo: EDUC / COMPED / INEP, p. 15 – 46.
- BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. da M. 2000. Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. **Revista Brasileira de recursos Hídricos**. v. 5, n° 1, Jan/mar, p. 37 – 60.
- BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. da M. 2001. Gestão ambiental integrada de bacias hidrográficas: Bacia do arroio Cachoeira – São Mateus do Sul –PR. **Revista Brasileira de recursos Hídricos**. v. 6, n° 3 Jul/Set 2000, 45 – 65.
- BORTOLANZA, J. 1999. **Uma contribuição ao planejamento municipal que propicie o desenvolvimento sustentável – o uso de indicadores de saúde da população**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, BR-SC.
- BOSSSEL, H. 1999. **Indicators for sustainable development: Theory, Method, Applications**. A report to the Balaton Group. Winnipeg, Manitoba, Canada: IISD. Disponível em: <http://www.iisd.ca/about/prodcat/ordering.htm>. Acesso em: 01/01/02.
- BOUGON, M.G. 1992. Congregate Cognitive Maps: A Unified Dynamic Theory of Organization and Strategy. **Journal of Management Studies**, v. 29, n. 3 p. 369-389.
- BOURLON, N.; BERTHON, D. 1998. Desenvolvimento Sustentável e Gerenciamento das Bacias Hidrográficas na América Latina. **A Água Revista**, CPRM, ano VI – N. 10 junho.
- BRAGA, B.; GOBETTI, L. 1997. Análise multiobjetivo. In: PORTO, R. L. et al. **Técnicas Quantitativas Para o Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, ABRH.
- BRANCO, S. M. 1990. **Eossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. 2<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher LTDA.
- BRANDÃO, C. R. 1990. Pesquisar-participar In; BRANDÃO, C. R. (Org.). **Pesquisa participante**. 8.ed. São Paulo: Brasiliense. p. 9 - 16.
- BRASIL. 2002. **Avaliação das águas do Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos.



BRASIL. 1993. **Administração Municipal para Meio Ambiente**: roteiro básico. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 65 p.

BRASIL. 1997. **Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**- Lei Federal nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

BRASIL. 2001. **Agenda 21 - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 3. ed.- Brasília: Senado Federal, Subsecretária de Edições Técnicas, 2001. 598 p.

BRIGHTMAN, J. R. 1999. **An Introduction to Decision Explorer**. Decision Explorer Workbook . Vesion 1.2 BANXIA SOFTWARE.

BROOKS, K.N.; FFOLIOTT, P.F.; GREGERSEN, H.M.; DE-BANO, L.F. 1997. **Hydrology and the Management of Watersheds**. Ames: Iowa State University Press. Second Edition. U.S.A., 502 p. il.

BROWN, K. A. R. 1994. Book Reviews: The Evolution of Cognitive Maps: New Paradigms for the Twenty –First Century. **Journal of Human Evolution**. v. 26 251 – 253.

BRUNDTLAND. 1987. **Nosso futuro comum**. São Paulo: Fundação Getulio Vargas.

BURTON, J. 2001. **La gestion intégrée des ressources en eau par bassin**. Manuel de formation. Institu de l' énergie et de l' environnement de la Francophonie, 2001. Disponível em: <http://www.reseaux.org>. Acesso em: 08/11/02.

BUSTAMANTE ZENTENO, R. R. 2003. **Visiones mundiales sobre el agua y políticas hídricas**. La Paz-Bolivia: Consejo Interinstitucional del Agua. Disponível em: <http://www.aguabolivia.com>. Acesso em: 12/11/03.

CALLENS, I.; TYTECA, D. 1999. Towards indicators of sustainable development for firms: A productive efficiency perspective. **Ecological Economics**, Volume 28, Issue 1, p. 41-53.

CALORIO, C. M. 1997. **Análise de sustentabilidade em estabelecimentos agrícolas familiares no vale do Guaporé- MT**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agricultura, Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Cuiabá, BR-MT.

CAMACHO, L.M.; PAULUS, P.B. 1995. The Role of Social Anxiousness in Group Brainstorming. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 68, n. 6, p. 1071-1080,1995.

CAMINO, R.; MÜLLER, S. 1993. **Sostenibilidad de la agricultura y los Recursos Naturales**: Bases para establecer Indicadores. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/ Proyecto IICA / GTZ, 1993.

CAMPOS, J. N. B. 2001. Gestão de Águas: Novas visões e paradigmas. In: CAMPOS, J.N.B.; STUDART, T. (Orgs).. **Gestão de águas: princípios e prática**. Porto Alegre: ABRH.

CAMPOS, J. N. B.; VIERA NETO J. F.; MARTINS, E. S. 1997. Vulnerabilidade de sistemas hídricos: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** v. 2 n° 1 Jan/Jun. 1997, p. 45 – 57.

CAMPOS, V. F. 1994. **TQC – Controle da Qualidade Total** (no estilo japonês). Rio de Janeiro: Block editores S. A. 229 p.

CANTER, L. W. 1998. **Manual de evaluación de impacto ambiental: técnicas para la elaboración de estudio de impacto**. Trad. Ignacio Español Echaniz, Isabel del Castillo González, Mercedes Alós Cortés e Genoveva Álvarez –Villamil Bárcena. Traducido da 2ª ed. Em Inglês de Environmental Impact Assessment. Colômbia: McGRAW-HILL.

CAPRA, F. 1982. **O ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix.

CASTELO, L. 1992. **Metodología y Técnicas de Investigaciones de percepción ambiental**. FLACAM-Faultad Latinoamericana de Ciencias Ambientales, Curso de Post-Grado en Formación Ambiental. 8 p.

CEDRAZ, M. 2000. Gerenciamento dos recursos hídricos: um tema em discussão. In: MUÑOZ; H.R. (Org). **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos. 2 ed. 110 –126.

COMPANHIA ESTADUAL ENERGIA ELÉTRICA. 2003. Energia e Meio Ambiente. Porto Alegre: **Companhia Estadual Energia Elétrica**. Disponível em: <http://www.ceeel.com.br>. Acesso em: 24/05/03.

CHIAVENATO, I. 2000. **Introdução à teoria geral da administração**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Campus. 463 p.

CHIZZOTTI, A. 1995. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 2ª Ed. São Paulo: Cortez Editora.

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE ÁGUAS Y TIERRAS. 1987. **Manejo conservacionista de bacias hidrográficas. Metodologia para o levantamento da importância**. Centro Interamericano de desarrollo Integral de Águas y Tierras, Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul. v.1 e v. 2 Itajai, SC.

CLARKE; R. T. 2000. **Avaliação do uso de algumas técnicas multivariadas para obter índices de qualidade**. Porto alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS. 14 p.

CLIVAS, C.; BABEY, N.; BIGLER, J. M.; PERIN, D. 2002. Elaboration d' un système provisoire d' indicateurs du développement durable au niveau local. **Centro de competences HES-SO Puma**. Disponível em: <http://biznet.hevs.ch>. Acesso em: 01/02/02.

COGO, V. 1997. Gli indicatori di sostenibilità: primi risultati di una ricerca per Venezia. Venezia. **Fondazione Eni Enrico Mattei**. Work Paper 1097,

COLLINGWOOD, R.G. 1986. Introdução. In: COLLINGWOOD, R.G. **Ciência e Filosofia: a idéia de natureza**. Lisboa: Ed. Presença, s.d. p. 7 – 33.

COMITESINOS. 1999. **Comitesinos 10 anos** - Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos. São Leopoldo: COMITESINOS, PRÓ-GUAÍBA, CORSAN, GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

COMITESINOS. 2000. **Enquadramento das águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. São Leopoldo: COMITESINOS.

COMITESINOS. 2002a. Organização. **Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br>. Acesso em: 02/04/01.

COMITESINOS. 2001. **Regimento interno do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. São Leopoldo: COMITESINOS.

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L' ENVIRONNEMENT. 2001. Indice de Qualité des eaux du *CCME 1.0*: Manual de l' Utilisateur. Recommandation pour la Qualité de l' Environnement. **Conseil Canadien des Ministres de l' Environnement**. Disponível em: <http://www.ccme.ca>. Acesso em: 01/02/01.

COOMBES M.; WONG, C. 1994. Methodological steps in the development of multivariate indexes for urban and regional policy analysis. In: *Environment and Planning A*, 26, pp. 1297- 1316.

CORRÊA, E. C. 1996. **Construção de um modelo multicritério de apoio ao processo decisório**. Dissertação (Mestrado) - Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, BR-SC.

COSTA, A. C. F. da; SATTLER, M. A. 2000. Catadores informais: elo do processo de coleta dos materiais recicláveis presentes no lixo urbano da cidade de Porto Alegre. In: FRANKENBERG, C.L.C., RAYA-RODRIGUEZ M.T. CONTELLI, Marlize (Orgs.). **Gerenciamento de resíduos e certificação ambiental**. Porto Alegre : EDIPUCRS, p. 386-399.

COUGHLAN, K. J. 1995. **Assessing the Sustainability of Cropping Systems in Pasificland Coutries – Biophysical Indicators of Sustainability**. Lae, Papua New Guinea: Paper Prepared for IBSRAM Annual Meeting of Pacificland Network.

CRAIG, W; MEYER, D. 1991. Progress on the research agenda. **Urisa Journal**, Urisa 90. Volume 3 n. 1, pp 90-96.

CURTIS, A.; ROBERTSON, A. I. ; SPENCER, C. 1998. Development and testing of a rapid appraisal wetland condition index in south-eastern australia. **Journal of Environmental Management**. 1998. 54, p. 143-159.

DALE, H. V.; BEYELER, S. C. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**. N° 1, p. 3 – 10. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecolind>. Acesso em: 23/11/02.

DAMODAR, N. G. 2000. **Econometria básica**. 3ra. ed. São Paulo: Makron Books.

DAROIT, D.; BRAGHIROLI, M. L. S.; NASCIMENTO, L. F. 1999. A questão ambiental inserida na qualidade total. In ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO

EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE (5. : 1999 : São Paulo) [Anais]. São Paulo: USP, p. 547 – 556.

DEHEINZELIN, M. 1993. **O discurso do anti-método**. Criança, Brasília, n. 24, p. 6-10.

DEPONTI, C. M. 2001. **Indicadores para avaliação da sustentabilidade em contextos de desenvolvimento rural local**. Monografia - Programa de Pós- Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

DEUS, A. B. de S. 2000. **Gerenciamento de Serviços de Limpeza Urbana: Avaliação por Indicadores e Índices**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BR-RS.

DIAS, C. M. S.; ZASSO, S. M. B.; PEREIRA, F. da S. 2000. **As representações sociais e o imaginário sobre a cultura da escola no processo de alfabetização de mulheres**. Disponível em: 168.96.200.17/ar/libros/anped/1803P.PDF. Acesso em: 23/11/02.

DIEGUES, A. C. 1996. Representações do Mundo Natural, o Espaço Público, o Espaço dos “Comunitários” e o Saber Tradicional. In: DIEGUES, Antonio C. **O Mito Moderno da natureza Intocada**. São Paulo, HUSITEC, p. 39 – 73.

DOBROVOLSKI, R.L. 2001. **Perfis de desenvolvimento sustentável: quantificação e análise espaciais para o estado do rio grande do sul**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS.

DOMINGUES, E. 2000. **Indicadores de sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Centro Internacional de desenvolvimento sustentável. Escola Brasileira de Administração Pública da Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro: BR -RJ.

DONAIRE, D. 1999. **Gestão ambiental na empresa**. 2ª ed. São Paulo: Atlas. 169 p.

DOOGE, J. C. I. 1997. Scale problems in Hydrology. In: BURAS, N. (Ed). **Reflections on hydrology: Science and practice**. Washington: American Geophysical Union. p. 89 – 143.

DOUROJEANNI, A. 1993. **Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable aplicado a microregiones y cuencas**. Santiago: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social – CEPAL. Serie Ensayos, Santiago - Chile. ver 1 89/05 ago.

DURLO, M. A. 2000. Biotécnicas no manejo de cursos de água. **Revista Ciência & Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria. Gestão das águas - v. 21, n. 2. p. 81 – 102.

DYER, J. S.; SARIN, R.K. 1979. Measurable Multiattribute Value Functions. **Operation Research**. V.27, n. 4, Julho-Agosto.

EDEN, C.; SUE, J.; SIMS, D.; SMITHIN, T. 1981. The intersubjectivity of issues and issues of intersubjectivity. **Journal of Management Studies**, v. 18, n. 1, p. 35-47.

- EDEN, C.; JONES, S. ; SIMS, D. 1983. **Messing about in problems**. Oxford: Pergamon.
- EDEN, C. 1989. Using cognitive mapping for strategic options development and analysis (SODA). In: ROSENHEAD, J., (ed.) **Rational Analysis For a Problematic World**, Chichester, Wiley.
- EDEN, C.; ACKERMANN, F. ; CROPPER, S. 1992. The Analysis of Cause Maps. **Journal of Management Studies**, 29, n. 3, p. 309-324.
- EDEN, C.; ACKERMANN, F. 1998. **Making Strategy: The Journey of Strategic Management**. London: SAGE Publication.
- EDEN, S. E. 1994. Using sustainable development. The business case. **Global Environmental Change** (2), p. 160 – 167.
- ELY, A. 1986. **Economia do Meio Ambiente**: Uma apreciação introdutória interdisciplinar da poluição, ecologia e qualidade ambiental. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística. 137 p.
- ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G; NORONHA, S. MacDonal. *Apoio à Decisão - Metodologias para Estruturação de problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas*. Florianópolis: Insular, 2001.
- FACUNDES, L. 2002. **Elaboração de índice ambiental urbano através da análise da densidade populacional e superfície impermeável em bacias hidrográficas**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- Graduação em Planejamento Urbano Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BR-RS.
- FERREIRA, A.B. de H. 1999. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos.
- FISHBURN, P. 1967. Methods of estimating additive utilities. **Management Science**, n 13, p. 435-453.
- FLICKINGER, Hanas-Georg. 1994. O ambiente epistemológico da educação ambiental. **Educação & Realidade**. v. 19 n°. 2. p. 197 – 207.
- FOUREZ, G. 1994. **La construcción del conocimiento científico**. Filosofía y ética de la ciencia. Madrid, España; NARCEA, S.A. de Ediciones. 199 p.
- FRANK, B.; ADAMI, R.M. 1997. Regionalização de bacia hidrográfica: O caso da bacia do Itajaí. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 12, **Anais 3**, Vitória, Brasil.
- FRANK, B. 1995. **Uma abordagem para o gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Itajaí, com ênfase no problema das enchentes**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, BR-SC.
- FRANKLIN, B; MORLEY, D. 1996. A busca contextual: casos tirados da gerencia do lixo, do turismo na natureza e do apoio a indivíduos. In: WEISBORD, Marvin R. **Descobrendo uma base comum**. Rio de Janeiro: Qualitymark. P. 247 – 265.

FREEMAN, H. M. 1998. **Manual de prevención de la contaminación industrial**. Trad. por Maricel Carreras Montiel, Patricia Silva Sandívar e Fernando Palafox Ode. Trad. da 1ª ed. em inglês *Industrial Pollution Prevention Handbook*. México: McGRAW-HILL. 313 p.

FREITAS, A. J. de. 2000. Gestão de Recurso Hídricos. In: SILVA, D.D. da; PRUSKI, F.F. (Eds). **Gestão de recursos hídricos, aspectos legais, econômicos e sociais**. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG; Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 659 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER. 2003. Enquadramento de ramos das atividades, Aprovada pelo Conselho de Administração em 21/08/2001 Publicada no DOE em 07/01/2002. Porto Alegre: FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - RS. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/central/tab\\_enquadramento/tab\\_enq.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/central/tab_enquadramento/tab_enq.asp) - 47k. Acesso em: 24/05/03.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. 1998. Produto Interno Bruto dos Municípios do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: <http://www.fee.tche.br>. Acesso em: 23/11/2000.

GALETI, P. A. 1973. **Conservação do Solo, Reflorestamento, Clima**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola.

GALLOPIN, G. 1997. Indicators and their use: information for decision making. In: MOLDAN, B.; BILLHARZ, S. (Eds). **Report on the Project on Indicators of Sustainable Development**. Chichester: John Wiley and Sons.

GEORGESCU-ROEGEN, N. 1980. The entropy law and the economic problem. In: DALY, H. (Org.). **Economics, ecology, ethics**. Essays toward a steady-state economy. San Francisco: Freeman, p. 48-60.

GIL, A. C. 1999. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Ed. Atlas.

GIUPPONI, C.; MYSIAK, J. FASSIO, A.; COGAN, V. 2002. Towards a spatial decision support system for water resource management: MULINO-DSS 1st release. In: 5<sup>th</sup> AGILE CONFERENCE ON GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE, Palma-Spain. 25<sup>th</sup> – 27<sup>th</sup>.

GONÇALVES, C. W. P. 1993. A ciência diante da natureza. In: GONÇALVES, C.W.P. (Org.). **Caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Ed. Contexto, 4ta ed. P. 37 – 60.

GONCALVEZ, C. W. P. 1993. **Os três caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Ed. Contexto.

GRASSI, L. A. T. ; CANEPA E. M. 2000. Os Comitês de bacia no Rio Grande do Sul: uma experiência histórica. **Revista Ciência & Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria. UFSM v. 21, n. 2, p. 119 - 134.

GUIMARÃES, R.P.; MAIA, K.D. 1997. Padrões de produção e padrões de consumo, dimensões e critérios de formulação de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DO FÓRUM BRASILEIRO DE ONGs E MOVIMENTOS SOCIAIS PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO.

HAMMOND, A. et al. 1995. **Environmental indicator: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Baltimore: World Resources Institute Publications. 302 p

HARDI, P.; BARG, S. 1997. **Measuring sustainable development**: review of current practice, Ottawa: Industry Canada, Occasional Paper Number 17. Disponível em: <http://iisd.org/about/prodcat/perfrep.htm> measuringsderview. Acesso em: 01/10/01.

HARRIS, B.; BATTY, M. 1992. **Locational Models, Geographic Information, and Planning support Systems**. Technical Paper 92-1, NCGIA.

HEATHCOTE, I. W. 1998. **Integrated watershed management: principles and practice**. New York: John Wiley & Sons Inc. 414 p.

HILLIER, F. S. ; LIEBERMAN, Gerald J. 1994. **Introducción a la Investigación de Operaciones**. 3ª ed. (español). Trad. Maria Gonzáles Osuna. Trad. da 5ª ed. (ingles), Introduction to Operation Research. México: McGRAW-HILL.

HIPEL K.W. 1992. Multiple objective decision making in water resources. **Water Resources Bolletin**. Vol 28 n. 1, p. 3-12.

HODGE, R.A.; HARDI, P.; BELL, D.V.J. 1999. Seeing change through the Lens of sustainability. **Background Paper for the Workshop Beyond Delusion: Science and Policy Dialogue on Designing Effective Indicators of Sustainable Development**. The International Institute For Sustainable development. Costa Rica, 6-9 May 1999.

HOFFMANN, R. 1998. **Distribuição de Renda**: Medidas de Desigualdade e Pobreza. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 279 p.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J.J. de C.; SERRANO, O.; THAMES, A.C.de M.; NEVES, E.M. 1992. **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: ENIO MATHEUS GUAZZELLI & CIA. LTDA. 7ª edição.

HOLZ, E. 1999. **Estratégias de equilíbrio entre a busca de benefícios privados e os custos sociais gerados pelas unidades agrícolas familiares**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, BR-SC.

HOUAISS, A.; SALLES, V. M. 2001. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva Ltda.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Ministério de Planejamento, orçamento e gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estudos e Pesquisas Informação Geográfica nº 2. 195 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2003. Informações municipais. Rio de Janeiro: Ministério de Planejamento, orçamento e gestão. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 06/06/03.

IORIS, A. A. R. 2001. Sustainability Indicators applied freshwater management. In: IV DIÁLOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE ÁGUA, SRH-MMA, RIRH, OEA, OAS, Foz do Iguaçu-PR, BR, 02 a 06 de setembro de 2001.

JACQUET-LAGREZE, E. ; SISKOS, J. 1982. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method. **European Journal of Operational Research**. V. 10, p. 151- 164.

JESINGHAUS, J. 1998. **A European System of Environmental Pressure Índices**. First Volume of the Environmental Pressure Indices Handbook: The indicators. Disponível em: <http://esl.jrc.it/envid/theory/Handb.htm>.

JOHANNIS, R.D.; HAAGSMA, I.J.G. 2001. **Integration of integrated water management**. The Netherlands. Delft University of Technology. Disponível em: <http://cci.ct.tudelft.nl/DSS/Remco/KarlsRulie.html>. Acesso em: 23/05/01.

JUCHEM, J.R. 2002. **A necessidade da reserva de área para o armazenamento de água no início do crescimento urbano**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS.

JUST, R.; NETANYAHU, S. 1998. International Trans-boundary water: Cooperation with Limited Enforcement. In: **Conflict and cooperatio on Transboundary Water Resources**. USA: Kluwer Academic Publishers. pp 432.

KAPOOR, I. 2001. Towards participatoy environmental management?. **Journal of environmental management**. v. 63. p. 269 – 279. Disponível em: <http://www.idealibrary.com>. Acesso em: 05/09/01

KEENEY, R.L. 1992. **Value – Focused Thiking: A Path to Creative Decision – making**. USA: Harvard University Press.

KEENEY, R.L. ; RAIFFA, H. 1993. **Decisions with Multiple Objctives**. New York: Johon Wiley and Sons.

KLEMES, V. 1983. Conceptualization and sacale in hidrology. **Journal of hidrology**. Amsterdam, v. 65, n. 1/3, p. 1-23.

KOCHE, J.C. 1997. **Fundamentos de Metodologia Científica**: Teoria da ciencia e prática da pesquisa. Petrópolis, RJ: Vozes. 180 p.

KOHN, M. R de. 1994. **Gestão ambiental**: os instrumentos básicos para gestão ambiental de territórios e de unidades produtivas. Rio de Janeiro: ABES: AIDIS, 1994. 284p.

KRAHENHOFER, P. 2001. **Indicadores: avaliação e monitoramento**. (Mimogr.). Porto Alegre: EMATER/RS. 2001. 9 p.

KUHN, T.S. 1975. **A estrutura das revoluções científicas**. Trad. de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva. Trad. de: The Struture of Scientific Revolutions, The University of Chicago Pres,1962.



- LAKATOS, E.M.; MARCONI, M. de A. 1992. **Metodologia científica**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas 249 p.
- LAL, R. (ed.). 1994. **Soil Erosion Research Methods**. Florida - USA: Soil and Water Conservation Society, St. Lucie Press, 2<sup>a</sup> ed.
- LANGFIELD-SMITH, K. 1992. Exploring the need for a shared cognitive map. **Journal of Management Studies**, v. 29, n. 3, pp. 349-368.
- LANNA, A.E.L. 1995. **Gerenciamento de bacia hidrográfica**: Aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171p.: il. (coleção meio ambiente).
- LANNA, A.E.L. 1997. Introdução. In: PORTO, R.L. (Org.). **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: Ed. da Universidade. ABRH. 420 p.
- LANNA, A.E.L. 2000a. A inserção da gestão das Águas na gestão ambiental. In: MUÑOZ, H.R. (Org.). **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos. 2<sup>a</sup> ed. p. 75 –110.
- LANNA, A.E.L. 2000b. Introdução à gestão ambiental e à análise econômica do ambiente. Porto Alegre: **Instituto de Pesquisas Hidráulicas**, UFRGS. Disponível em: <http://atlantico.iph.ufrgs.br/portalph/>. Acesso em: 15/09/00.
- LANNA, A.E.L. 2000c. Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos. **Revista Ciência & Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria. Gestão das águas - v. 21, n. 2. p. 21 – 56.
- LAUKKANEN, M. 2000. **Cognitive Maps of Entrepreneurship**: Describing policy maker' subjective models of local development. Disponível em: <http://www.sbaer.uca.edu/research/2000/icsd/pt1/059lau.pdf>. Acesso em: 05/10/00.
- LATOUR, B. 1997. **Jamais fomos modernos: ensaio de antropologia simétrica**; Trad. De: Nous n'avons jamais été modernes por e Carlos Irineu da Costa – Rio de Janeiro: Ed. 34, 1994. 152 p. (Coleção TRANS).
- LEAL, M. S. 1998. **Gestão ambiental de Recursos Hídricos**: princípios e aplicações. Rio de Janeiro: CPRM, 176 p.
- LEEuw, F.A.A.M. de. 2002. A set of emission indicators for long-range transboundary air pollution. **Environmental Science & Policy**, Volume 5, Issue 2, April 2002, p. 135-145
- LEFF, E. 2000. Complexidade, Interdisciplinariedade e saber ambiental. In: PHILIPPI Jr., A. TUCCI, C.E.M. HOGAN, R.N. **Interdisciplinariedade em ciências ambientais**. São Paulo: Signus Editora.
- LEFF, E. 2000. **Ecologia, Capital e Cultura**: Racionalidade Ambiental, Democracia Participativa e Desenvolvimento Sustentável. Blumenau: Ed. Do FURB. 95 p.

LERIPIO, A. A. 2001. **GAIA – um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, BR-RS.

LEUNG, Y. 1997. **Intelligent spacial decision suport sysems**. Berlin: Springer-Verlag, 467p.

LIVESTOCK AND ENVIRONMENT TOOLBOX. 2002. Pressure-State-Response Framework and Environmental Indicators. **Livestock & Environment Toolbox Home**. Disponível em: <http://www.lead.virtualcentre.org>. Acesso em: 12/10/02.

LOPES, S. B. 2001. **Arranjos institucionais e a sustentabilidade de sistemas agroflorestais: uma proposição metodológica**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS.

LUMPKIN, C.A. ; RIDGLEY, M. 2000. the bi-polar resource –allocation problem under uncertainty and conflict: A general methodoloy for the public decision – maker. **Journal of environmental Management**. v. 59, 89 – 105. Disponível em: <http://www.idealibrary.com>. Acesso em: 05/09/00.

LYNCH, K. 1980. **A imagem da cidade**. Lisboa: Livraria Martins Fontes.

MADEIRA, M.C. 1998. Representações sociais e decisão: breves considerações. **Revista Educação em Questão**, v. 8, n° 1. p. 69-83.

MAGNA ENGENHARIA. 1996a. Estudos de Alternativas para Alcançar Cenários Estipulados. In: \_\_\_\_\_. **Simulação de uma Proposta de Gerenciamento dos Recursos Hídricos na Bacia do rio dos Sinos**, RS: Relatório. Porto Alegre. v. 1.

MAGNA ENGENHARIA. 1996b. Diagnóstico dos Usos e disponibilidade de Água na Bacia. In: \_\_\_\_\_. **Simulação de uma Proposta de Gerenciamento dos Recursos Hídricos na Bacia do rio dos Sinos**, RS: Relatório. Porto Alegre. v. 2.

MAGNA ENGENHARIA. 1996c. Impactos Econômicos e financeiros. In: \_\_\_\_\_. **Simulação de uma Proposta de Gerenciamento dos Recursos Hídricos na Bacia do rio dos Sinos**, RS: Relatório. Porto Alegre. v. 3.

MAIMON, D. 1992. **Ensaio sobre economia do meio ambiente**. Rio de janeiro: APED, Associação de Pesquisa e Ensino em Ecologia e Desenvolvimento.

MARGULIS, S. 1990. Introdução à Economia dos Recursos Naturais. In: MARGULIS, S. (Editor). **Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos**. Rio de Janeiro: IPEA, Brasília: IPEA/PNUD. P. 157- 177.

MARQUES, D. da M. 1998. Necessidade de Critérios Biológicos para normas de qualidade dos recursos hídricos continentais do Mercosul. In: CIRELLI, A.F. (Compiladora). **Agua Problemática Regional: Enfoque y perspectivas en el aprovechamiento de Recursos Hídricos**. Buenos Aires, Argentina: UNESCO/ Asociación de Universidades Grupo Montevideo, Comité Académico Águas, Editorial Universitária de Buenos Aires. p. 33-49.

MARTINEZ ALIER, J. 1995. **Curso a distancia de economía ecológica**. México D-F: Red de Formación Ambiental del PNMA.

MARTINI, L.C.P. 2001. **Medidas compensatórias aplicáveis à questão da poluição hídrica de origem agrícola**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS.

MARTINS, R.; HOCHHEIM, N. 2000. Valoração Ambiental: Estudo de caso no uso do solo Agrícola na Microbacia Sul do rio em Santo Amaro da Imperatriz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO – UFSC, Florianópolis, 15 a 19 de Outubro.

MARX, K. 1975. **O Capital**, Rio de Janeiro: Civilização brasileira.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. 1998. Parâmetros e indicadores de sustentabilidade na agricultura: Limites, potencialidades e significado no contexto do desenvolvimento rural. **Extensão Rural**. Santa Maria:, DEAER/CPGExR – CCR – UFSM, Ano V, Jan – Dez. p. 25 – 37.

MARZALL, K. 1999. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BR-RS.

MATHEW, V.G. 2000. **Environmental Psychology**. Disponível em: <http://www.psychology4all.com>. Acesso em: 05/09/00.

MATZENAUER, H.B. 1998. **Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão no aperfeiçoamento do sistema de coleta e destino final do lixo doméstico da Cidade de Pelotas**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, BR-SC.

MAULE, R.W. 1997. Cognitive maps, agents and personalized virtual environments in Internet learning experiences. **Internet Research: electronic Networking Applications and Policy**. v. 8, n. 4 p. 347 – 358. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/pdfs/19999104.pdf>. Acesso em: 05/09/00.

McCORMICK, J. 1992. As raízes do ambientalismo. In: McCORMICK, J. **Rumo ao Paraíso: a historia do movimento ambientalista**. Rio de Janeiro: Relume-Duamará. p. 21 – 41.

MERICO, L.F.K. 1996. **Introdução à economia ecológica**. Blumenau: Ed da FURB.

METROPLAN. 1998. Análise da qualidade das águas nas sub-bacias dos rios Caí, Gravataí, Guaíba e Sinos. Anexo 16. Porto Alegre, RS: Cia. Metropolitana de Planejamento.

METROPLAN. 2001. Caracterização da sub-bacia hidrográfica do Arroio Sapucaia. Porto Alegre: Programa Integrado de Recuperação de Áreas Degradadas. METROPLAN.

MINAYO, M.C. 1994. O conceito de representações sociais dentro da Sociologia Clássica. In: JOVCHELOVITCH, S.; GUARESCHI, P. (Orgs.) **Textos em Representações Sociais**. Petrópolis: Vozes.

- MINGIONE, E. 1993. Marxism, ecology and political movements. **Capitalism, nature, socialism**, v 4 n° 2, p. 85 – 100.
- MYRDAL, G. 1970. Agricultura e development and planning in underdeveloped countries outside the socialist sphere. **Economic Planning**, New York, V. 6 n°. 3.
- MONTIBELLER NETO, G. 2000. **Mapas cognitivos difusos**. Tese (Doutorado)-Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, BR-SC.
- MONTIBELLER FILHO, G. 2001. **O Mito do Desenvolvimento Sustentável: Meio Ambiente e Custos Sociais no Moderno Sistema de Produção de Mercadorias**. Florianópolis: UFSC, 2001. 306 p.
- MONTIBELLER NETO, G. 1996. **Mapas cognitivos: Uma Ferramenta de Apoio à Estruturação de Problemas**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, BR-SC.
- MOORE, I.D.; TURNER, A. K.; WILSON, J.P.; JENSON, S.K.; BAND, L.E. 1993. GIS and Land-Surface – Subsurface Process Modeling. In: GOODCHIELD, M.F.; PONKS, B.O.; STEYZENT, L.T. (Ed.). **Environment Modeling with GIS**. London: Oxford University Press, 1993. p. 196 – 230.
- MORAES, A.C.R. 1994. **Meio ambiente e ciências humanas**. São Paulo: Editora Hucitec.
- MORGAN, G. 1983. **Beyond Method – Strategies for Social Research**. Beverly Hills: Sage.
- MORIN, E. 1977. **La Méthode: la nature de la nature**. Paris: Seuil. V. 1. 416 p.
- MORIN, E. 1997. **Por um Pensamento ecologizado**. In: CASTRO, E. e PINTO, F. *Faces do Trópico Úmido*. Belém: UFPA/NAEA. P. 54 – 77.
- MORTENSEN, L.F. 1997. The Driving Force-State-Response Framework used by the CSD. In: MOLDAN, B.; BILLHARZ, S. (Eds.). **Sustainability Indicators**. Report on the project on Indicators of sustainable development. Chichester: John Wiley and sons.
- MOTA, F.S.B. 1995. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES. 187 p.
- MOTA, F.S.B. 1997. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, ABEAS, MMARHAL.
- MOURA, L.A.A. de. 2000. **Qualidade e gestão ambiental: sugestões para implantação das normas ISO 14.000 nas Empresas** 2ª ed. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira. 256 p.
- MULLER, P.; SUREL, Y. 2002. **A Análise das Políticas Públicas**. Tradução de BARVARESCO, Agemir e FERRARO, Alceu R. Título original, L' analyse des politiques publiques, 1998. Pelotas-RS: Editora da Universidade Católica de Pelotas, 156 p.

MULLNER, S.A.; HUBERT, W.A.; WESCHE, T.A. 2001. Evolving paradigms for landscape-scale renewable resource management in the United States. **Environmental Science & Policy**, v. 4, p. 39 – 49.

MUNDA, G. 1994. Qualitativa Multicriteria Evaluation for Environmental Management. **Ecological Económica**, v. 10, n. 2, pp 97-112.

NADKARNI, S.; SHENOY, P.P.A. 2001. Bayesian network approach to making inferences in causal maps. **European Journal of Operational Research**, v 128, p. 479-498.

NAHUZ, M.A.R. 1995 O sistema ISO 14000 e a Certificação ambiental. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v. 6, n. 35 p. 55 –66.

NASCIMENTO, N.O.; BAPTISTA, M.B. 2001. Contribuição para um enfoque ampliado do uso de bacias de detenção em meio urbano. In: BRAGA, Benedito; TUCCI, Carlos E. M.; TOZZI, M. (Orgs). **Drenagem Urbana – Gerenciamento Simulação Controle**. Porto Alegre: Editora da Universidade, ABRH.

NECK, C., P.; MANZ, C. C. 1994. From groupthinking to teamthinking: toward the creation of constructive thought pattern in self-managing work teams. **Human Relations**, v. 47, n. 8, p. 929-951.

NIJKAMP, P. 1997. **Environmental Security and Sustainability in natural Resource Management: A Decision Support Framework**. Faculteit der Economische wetenschappen en Econometrie. Free University Amsterdam. Research Memorandum.

NUNES, E.R.M. 2001. **Metodologia para a Gestão Ambiental de Bacias Hidrográfica com Abrangência Para Região Hidrográfica: Um Estudo de Caso do Plano Diretor do Programa Pró-Guaíba RS**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, BR-SC.

ODUM, H.T. 1983. **Systems Ecology**. New York: John Wiley, New York.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. ENVIRONMENTAL. 1993. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. A syntethesis report by the Group on the State of the Environment.. Paris: **Organisation for Economic Co-operation and Development**. Environmental Monographs, n° 83. 1993. Disponível em: <http://www.oecd.org>. Acesso em: 05/09/01

OTT, Wayne R. 1987. **Environmental Indices: They and Práctice**. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science Publishers, Inc.

PÁDUA, J. A. 1989. Espaço público, interesses privados e política ambiental. **São Paulo em perspectiva**, v. 3, n. 4, p. 2 – 4.

PARK, K.S.; KIM, S.H. 1995. Fuzzy Cognitive maps considering time relationships. *Int. J. Human Computer Studies*, v. 42, p. 157 – 168.

PEREIRA, J.M.C.; DUCKSTEIN, L.A. 1994. Multiple criteria decision making approach to GIS – Based Land Suitability Evaluation. **Int. Journal of GIS**. England, v. 7 p. 196-206.

PEREIRA, J. S. 2002. **A cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão dos recursos hídricos: da experiência Francesa à prática Brasileira**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS.

PEREIRA, M.J. L. de B.; FONSECA, J.G.M. 1997. **Faces da decisão**: as mudanças de paradigmas e o poder da decisão. São Paulo: Makron Books, 275 p.

PEREIRA, P.A.S. 2000. **Rios, Redes e Regiões**: A Sustentabilidade a Partir de um Enfoque Integrado dos Recursos Terrestres. Porto Alegre: AGE.

PETTS, G.E.; BRADLEY, C. 1996. Hydrological and Ecological Interaction within River Corridors. In: WILBY, R. L. **Contemporary Hidrology**: Towards Holistic Environmental Science. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, p. 241-271.

PHILIPPI, A.J.A. 2000. Interdisciplinariedade como atributo da ciência e tecnologia. In: PHILIPPI, A.J.A.; TUCCI, C.E.M.; HOGAN, R.N.: **Interdisciplinariedade em ciências ambientais**. São Paulo: Signus Editora.

PHILIPPI Jr., A.; ZULAUF, W.E. 1999. Estruturação dos municípios para a criação e implementação do sistema de gestão ambiental. In: PHILIPPI Jr., A.; MAGLIO, I.C.; COIMBRA, J. de A.A.; FRANCO, R. M. (Eds.). **Município e meio ambiente**. São Paulo: Associação Nacional de Municípios e meio ambiente. P. 47 – 59.

PINHEIRO, S.L.G.O. 1995. Enfoque Sistêmico na Pesquisa de Extensão Rural (FSR/E): Novos Rumos para a Agricultura ou apenas reformulação de Velhos Paradigmas de Desenvolvimento? In: Anais do II ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, Paraná. p. 21 - 52.

PINHO, C.M. 1970. **Economia da Educação e Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, Enio Matheus Guazzelli & CIA. LTDA, Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais Educação. São Paulo, Brasil. 103p.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos. 1995. Bacias Hidrográficas - integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, v. 19, n. 110, p. 41-45.

POPP, J.; HAG, D.; HYATT, D.E. 2001 Sustainability indices with multiple objectives. **Ecological Indicators**. N° 1, p. 37 – 47. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecolind>. Acesso em: 23/11/02.

PORTO ALEGRE. 1999. Prefeitura Municipal. **Plano diretor de desenvolvimento urbano ambiental de Porto Alegre – 2. PDDUA**: lei complementar n° 434 de 01/12/99 com atualizações até 31/03/2001. 1ª. ed. Porto Alegre: Corag, 165 p.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BEEK, K.J. Anexo: Metodologia Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. In: RIO GRANDE DO SUL. **Aptidão agrícola das terras: estudos básicos para o planejamento agrícola N° 1**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola, Ministério da Agricultura e Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

RAMOS, E.L. 1988. **Economia Rural: Princípios de administração**. 2<sup>a</sup> ed. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA. 168 p.

RATTNER, H. 1994. Desenvolvimento sustentável - tendências e perspectivas. In: MAGALHÃES, L.E. de (Coord), **A questão ambiental**. São Paulo: Terragraph, p. 33 – 45.

RATTNER, H. 1991. Tecnologia e desenvolvimento sustentável: uma avaliação crítica. **Revista de administração**. São Paulo, v. 26, n. 1, p. 5-11.

REGIOTA, M. 1995. Meio ambiente: representação social e prática pedagógica. In: REGIOTA, M. **Meio ambiente e representação social**. São Paulo: Cortez, Questões da nossa época, v. 41. p. 65-81.

REHM, B.; SCHWEITZ, R.; GRANATA, E. 1996. Qualidade da água na bacia fluvial do Alto Colorado. In: WEISBORD, M.R. **Descobrimo uma base comum**. Rio de Janeiro: Qualitymark. P. 233 – 245.

RIO GRANDE DO SUL. 1994. **Macrozoneamento Agroecológico e Econômico Estado do Rio Grande do Sul**: Regiões Agroecológicas. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento. 1v.

RIO GRANDE DO SUL. 1985. **Manual de conservação do solo e água**. 3. ed. Porto Alegre: Estado do Rio Grande do Sul – Secretaria de Agricultura p. 287.

RIO GRANDE DO SUL. 2000a. **Código Estadual do Meio Ambiente**- Lei Estadual n. ° 11.520 de 03.08.2000. Porto Alegre: Governo do Estado do rio Grande do Sul, Secretaria do Meio Ambiente.

RIO GRANDE DO SUL. 2000b. **Legislação de Recursos Hídricos**- Lei Estadual n. ° 10.350 de 30.12.1994. Porto Alegre: Governo do Estado do rio Grande do Sul, Secretaria do Meio Ambiente.

RIO GRANDE DO SUL. 2000. **Programa para o Desenvolvimento Ecologicamente Sustentável e Socialmente Justo da Região Hidrográfica do Guaíba**. Porto Alegre: Governo do Estado Rio Grande do Sul.

RIBEIRO, M.A. 1994. **Zoneamento ambiental**. Belo Horizonte: IGA/CETEC/MG.

RIBEIRO, M.A. 1998. **Ecologizar: Pensando o ambiente humano**. Belo Horizonte: Rona. 392 p.

RIGBY, D.; HOWLETT D.; WOODHOUSE, P. 2000. A Review of Indicators of Agricultural and Rural Livelihood Sustainability. **Sustainability indicators for natural Resource Management & Policy**. Working paper 1. Disponível em: <http://les.man.ac.uk/jump/indicators.html>. Acesso em: 02/02/01.

RIO + 10. 2003. **Resultados Rio + 10**. Honduras: Hacia la Cumbre de la Tierra Sobre el Desarrollo Sostenible. Disponível em: <http://ns.rds.org.hn/rio+10/resultados1.htm> e <http://www.ayaba.com/modules.php?name=New&file=article&sid=127>. Acesso em: 10/12/2003.

RIO, V. del. 1999. Cidade da Mente, Cidade Real: Percepção ambiental e Revitalização na Área Portuária do RJ. In: RIO, V. del; OLIVEIRA, L. (Orgs.). **Percepção ambiental**. São Paulo: Studio Nobel. 2 Ed. P. 23 – 73.

ROHDE, G.M. 1996. **Epistemologia ambiental**: uma abordagem filosófico-científico sobre a efetuação humana alopoética. Porto alegre: EDIPUCRS, 244 p.

ROHDE, G.M. 1996. Mudanças de paradigma e desenvolvimento sustentado. **Sociedade e Estado**. Brasília-DF: Relume-Dumará. v. XI, n°. p. 41 - 53.

ROLDÁN, Adrián Bacarrera ; VALDÉS, Américo Saldívar. 2002. Proposal and application of a sustainable development Index. **Ecological Indicators**. N° 50, p. 1– 6. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecolind>. Acesso em: 05/09/02.

ROUSSET, P. 1998. Lê vert et lê rouge face à la crise socioecologique. **Écologie et Politique**, n 22. Printemps, p. 33-53.

ROY, B. 1985. **Méthodologie Multicritère d' Aide à la Décision**. Economica, Paris.

ROY, B. 1987. Meaning and Validity of Interactive Procedures as Tools for Decision Making. **European Journal of Operational Research**. N. 31, p. 297-303.

ROY, B. 1990. Decision –aid and decision making in: BANA e COSTA. **Reading in Multiple Criteria Decision Aid**, Berlin: Springer, pp 17-35.

ROY, B. 1993. Decision science or decision-aid science?. **European Journal of Operational Research**, n. 66, p. 184 – 203.

ROY, B. 1996. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Kluwer academic publishers. Netherlands. P. 292.

ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. 1996. The European School of MCDA: Emergence, basic features and current works. **Journal of Multicriteria Decision Analysis**, v 5, p. 22-38.

RUBERG, C.; AGUIAR, A.; PHILIPP JR. A. 2000. Promoção da Qualidade ambiental através da reciclagem de resíduos sólidos domiciliares In: FRANKENBERG, C.L.C., RAYA-RODRIGUEZ M.T.; CONTELLI, M. (Orgs.). **Gerenciamento de resíduos e certificação ambiental**. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 157 - 170.

RUSCHEINKY, A. 2000. **Educação ambiental**: A produção do sujeito e a questão das representações sociais. V. 04. Disponível em: <http://www.sf.dfis.furg.br/mea/remea/vol14c/aloiso.htm>. Acesso em: 05/09/00.

SÁ, C.P. de. 1998. **A construção do objeto de pesquisa em representações sociais**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 110 p.

SÁ, C.P. de. 1993. *Representações Sociais*: o conceito e o estado atual da teoria. In: SPINK, M.J. (Org.). **O conhecimento no cotidiano**. São Paulo: Brasiliense. p. 14 – 45.



SAATY, T.L. 1991. **Método de análise hierárquica**. Tradução SILVEIRA, Wainer da Silva. Analytic hierarchic methods. São Paulo: McGraw-Hill, Makron Books. São Paulo, Brasil, 367p.

SAATY, T.L. 1997. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**. New York, V 15, pag 234 - 281.

SACHS, I. 1986. **Ecodesenvolvimento: Crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice.

SACHS, I. 1994. Transition strategies for the 21st century. **Nature & Resources**. UNESCO 28(1), p. 4 – 17.

SANTOS, M. 1992. **O espaço do cidadão**, São Paulo: Editora Nobel.

SANTOS, et al. 1996. Percepção ambiental. Material de apoio - Textos. In: ANAIS DO VII SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA: UFSCar, 309 – 351. Disponível em: [http://educar.sc.usp.br/biologia/m\\_a\\_txt.html](http://educar.sc.usp.br/biologia/m_a_txt.html). Acesso em: 10/12/00.

SÃO LEOPOLDO. 1999. **Mapa Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. São Leopoldo: Secretaria Municipal do Meio Ambiente - Prefeitura Municipal de São Leopoldo, MMA-SRH, CRH-RS, ABEAS.

SCHRAM, G. 1980. Integrated river basin planning in a holistic universe. **Natural Resources Journal**, v. 20, n. 4, p. 767-806.

SCHULTZ, M.T. 2001. A critique of EPA's index of watershed indicators. **Journal of Environmental Management**. 2001. 62, 429 – 442. Disponível em: <http://www.idealibrary.com>. Acesso em: 05/09/01

SCHUT, S.I.M. 2000. O planejamento da bacias hidrográficas e a percepção ambiental. **DYNAMIS**. FURB – Blumenau – SC. v. 8 – nº 30. p. 69 – 80.

SCHWASS, R. 1996. Uma Estratégia de conservação do meio ambiente para o Paquistão. In: WEISBORD, Marvin R. **Descobrimos uma base comum**. Rio de Janeiro: Qualitymark. P. 173 – 183.

SEN, A. 1989. Development as Capability Expansion. *Journal of Development Planning*, nº 19. ANDRADE, Regis Castro, Trad. Estados, Reformas e Desenvolvimento. **Revista de Cultura e Política**. 1993. nº 28/29. p. 314 – 333.

SEN, A. 2000. **Desenvolvimento como liberdade**. MOTTA, Laura Teixeira (Trad.). São Paulo: Companhia das Letras. 409 p.

SEN, A. 2001. Desigualdade reexaminada. MENDES, Ricardo Doninelli, Trad. Rio de Janeiro: Record. 301 p.

SEPÚLVEDA, S.; CHARVARRIA, H.; CASTRO, A.; ROJAS, P.; PICADO, E.; BOLAÑOS, D. 2002. **Metodologia para estimar el nivel desarrollo sostenible em espacios territoriales**. San José, Costa Rica: IICA. P. 47.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHÁVES, A. G. M. ; PEREIRA, I. C. 2001. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídrico**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas. 2da Edição.

SETTI, A.A. 1997. **Curso “Introdução à Gestão de Recursos Hídricos”**. Fortaleza: MMARHAL, SRH. v. 1. 01 a 05, dezembro de 1997 (Mimeogr.).

SHAXSON, T.F.; HUDSON, N.W.; SANDERS, D.W.; ROOSE, E. ; MOLDENHAUER, W.C. 1989. **Land Husbandry A Framework For Soil and Water Conservation**. Iowa: Soi and Water Conservation Society. 64 p.

SHIELDS, D.J.; SOLAR, S.V.; MARTIN, W.E. 2002. The role of vaues and objetives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicators**. nº 34, p. 1 – 12. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecolind>. Acesso em: 23/11/02.

SICSÚ, A.B.; LIMA, J.P. 1999. Desenvolvimento Regional e Polos de base Local: Reflexões e Estudos de Caso. In: LIMA, J. P. R. de; et al. **Economia e região, Nordeste e Economia Regional**. Recife: Editora Universitária da Universidade federal de Pernambuco. 304 p.

SILVA, M.O. da S. 1991. **Refletindo a pesquisa participante**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Cortez, 195 p.

SILVA, D.J. da. 2000. O paradigma Transdisciplinar: uma Perspectiva Metodológica para a Pesquisa Ambiental. In: PHILIPPI JR., A. TUCCI, C.E.M.; HOGAN, R. N. **Interdisciplinarietà em ciências ambientais**. São Paulo: Signus Editora.

SILVA, D.J. da. 1998. **Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Sustentável**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, BR-SC.

SILVA, A.J.M.C. da. 2001. **Impactos da Implantação de Sistema de Gestão Ambiental em uma Fábrica de Calçados**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, BR-RS.

SILVA, O.B.J. da. 2001. **Análise da escala das variáveis hidrológicas e do uso do solo na bacia do Potiribu - RS**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS.

SILVA, V.C. da. 2001. **Estimativa da erosão atual, erosão potencial e do aporte de sedimentos na bacia do rio Paracatu**. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, BR-DF.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. 2000. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis: LED/UFSC. 118 p.

SILVA, J.S. de V.; BANA E COSTA, C.A. 2001. Especificação de uma ferramenta de apoio à decisão para gestão pública em regiões semi-áridas. **Artigo de Investigação N° 23/2001**, CEG-IST.

- SILVEIRA, C.M.R. da; SOARES, S.R. 2000. Indicadores de qualidade ambiental como um recursos para monitorar o ecossistema urbano em cidades. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Porto Alegre. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- SIERRA BRAVO, R. 1999. **Técnicas de Investigación Social: teoría y ejercicios**. Decimatercera ed. México, DF: Ed. Paraninfo. 714 p.
- SIMONE, L.D. de; POPOFF, F. 1997. **Eco-efficiency: the business link to sustainable development**. Cambridge, Mass. USA, The MIT Press. 280 p.
- SIMS, D.F.; DOYLE, J.R. 1995. **Cognitive Sculpting as a Means of Working with Managers Metaphors**. Omega, v. 23, n. 2. p. 117 – 124.
- SMITH, C.S.; MCDOALD, G. T. 1998. Assessing the susteainability of agriculture at the planning stage. **Journal of Environmental management**. n° 52, p. 15 – 37.
- SMITH, G.F. 1989. Defining Managerial Problems: a Framework for Prescriptive Theorizing. *Management Science*. v. 35, n. 8. p. 1489 – 1505.
- SOUZA, F.C.B. de. 1999. **Sistema de apoio à decisão em ambiente espacial aplicado em um estudo de caso de avaliação de áreas destinadas para disposição de resíduos sólidos na região metropolitana de Porto Alegre**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, BR-SC.
- SOUZA, M.P. de. 2000. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática**. São Carlos: Editora Riani Costa, 2000. 112 p.
- SOUZA, R.S de. 2000. **Entendendo a Questão Ambiental**: Temas de economia, Política e Gestão do Meio ambiente. Santa Cruz do Sul-RS: EDUNISC, 461 p.
- SPANGENBERG, J.H.; BONNIOT, O. 1998. Sustainability Indicators – A Compass on the Road Towards sustainability. **Sustainable Societies Program, Division for Material Flows and Structural Change**. Wuppertal Institute For Climate, Environment, Energy. Wuppertal Paper N° 81, february 1998.
- SUSTAINABLE MEASURES. *Indicators of sustainability*. **Sustainable Measures** Disponível em: <http://www.sustainablemeasures.com/Indicators/WhatIs.html>. Acesso em: 01/06/01
- SUTER II, G.W. 2001 Applicability of indicator monitoring to ecological risk assessment. **Ecological Indicators**. N° 1, p. 101 – 112. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecolind>. Acesso em: 23/11/02.
- TECLE, A. 1992. Selecting a multicriterion decision making technique for watershed resources management. **Water Resorces Bulletin**. Vol 28 n. 1 p 129-140. February, 1992.
- TEIXEIRA, M.B. 1994. **Planejamento ambiental**: referencial básico e roteiro para a formulação do plano ambiental municipal. In: Divulgação do Museu de Ciência e Tecnologia – UBEA/PUCRS. Porto Alegre: EDIPUCRS.

THE UNIVERSITY OF READING. 2000. Indicators of Sustainable Development. **The University of Reading**. Disponível em: <http://www.ecifm.rdg.ac.uk/sustainability/indicators.htm>. Acesso em: 02/05/00.

THEODORO, S.H.; SAYAGO, F.N.A.; WEHRMENN, M.F. 2002. **Mediação de conflitos socioambientais: um novo campo de atuação técnico-científica**. Brasília: Centro de desenvolvimento sustentável - Universidade de Brasília CDS/UnB. Disponível em: [www.unbcds.pro.br/teses\\_e\\_dis/artigos/sbpc2002.doc](http://www.unbcds.pro.br/teses_e_dis/artigos/sbpc2002.doc). Acesso em: 23/11/02

THIOLLENT, M. 1997. **Pesquisa- ação nas organizações**. São Paulo: Atlas. 146 p.

THOMAS, C.; HOWLETT, D. 1993. The Freshwater Issue in International Relation. In: THOMAS, C.; HOWLETT, D. **Resource politics: freshwater and regional relations**, Buckingham: Open University Press, The editors and Contributors, 210 p. : il.

TODARO, M. 1979. **Introdução à economia: Uma visão para o Terceiro Mundo**. Rio de Janeiro: Editora Campus.

TONET, H.C.; LOPES R.G.F. 1994. **Alternativas organizacionais mais adequadas para viabilizar o uso dos instrumentos de avaliação de Impactos Ambientais e Gerenciamento de Bacia Hidrografica**. Brasília: IBAMA.

TUCCI, C.E.M.; GENZ, F. 1995. Controle do impacto da urbanização. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, R. La L. ; BARROS, Mário T. de Barros, (Orgs.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/ UFRGS. p. 277 -327.

TUCCI, C.E.M. 2002. Recursos hídricos. In: CAMARGO, A.; CAPOBIANCO, J.P.R. **Meio Ambiente Brasil: avanços e obstáculos Pós-Rio- 92**. São Paulo: Estação Liberdade: Instituto Socioambiental: Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas. P.265 – 304.

TURNER, K.T.; PEACE, D.; BATEMAN, J. 1994. **Environmental economics: an elementary introduction**. New York: Harvester Wheatsheaf, 327 p.

TWEED, C.; JONES, P. 2000. The role o models in arguments about urban sustentability. **Environmental Impact Assessment Review**. 2000. n° 20, p. 277-287.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. 1987. **Methodological Guidelines for the Integrated Environmental Evaluation of Water Resources Developmen**. Paris: UNEP, UNESCO, Paris, França. p. 152.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. 1999. **Sustainability criteria for water resources Systems**. Cambridge: UNESCO.

UNITED NATIONS. 1997. Department for Policy Coordination and Sustainable Development (DPCSD). **Indicators of Sustainability: guidelines for national testing of ISDs**. Disponível em: <http://www.um.org/dpcsd/indi8.htm>. Acesso em: 05/11/00

UNITED NATIONS.1996. **Work programme on indicators of sustainable development of the Comissio on Sustainable Development, UN-DPCSD**.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM. 2001. **Los 10 Principios de Bellagio**. United Nations Environment Program. Disponível em: <http://www.unep.org/unep/diamenu.htm>. Acesso em: 05/09/01.

VAN GIGCH, J. P. 1989. The Potential Demise of OR/MS – Consequences of Neglecting Epistemology. **European Journal of Operational Research**, n. 42, p. 268 –278.

VARGAS, P. R. 2001. O insustentável discurso da sustentabilidade. In: BECKER, D.F. (Org.). **Desenvolvimento sustentável: necessidade e/ou possibilidade?**. Santa Cruz do sul: EDUNISC, 2001. p. 207 - 237.

VIEGAS FILHO, J. S. 2000. **O paradigma da modelagem orientada a objetos aplicado a sistemas de apoio à decisão em sistemas de recursos hídricos**. Tese (Doutorado) - , Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BR-RS.

VIERA. V.P.P.B. (Coord.). **A Água e o Desenvolvimento sustentável no Nordeste**. Brasília: IPEA, 2000. 264 p.

VISSMAN Jr., W.; HARBAUGH, T.E.; KNAPP, J.W. 1972. **Introduction to hydrology**. New York: Intext Educational.

VILLANUEVA, A.V. 2000a. **Manejo de Cuencas Altoandinas**. Lima, Perú: Escuela Superior de Administración de Agua “Charles Sutton”. Tomo 1, 516 p.

VILLANUEVA, A. V. 2000b. **Manejo de Cuencas Altoandinas**. Lima, Perú: Escuela Superior de Administración de Agua “Charles Sutton”. Tomo 2, 516 p.

VIOLA, E.J. 1992. O movimento ambientalista no Brasil (1971-1991): da denuncia e conscientização pública para a institucionalização e o desenvolvimento sustentável. **Ciências sociais Hoje**. Rio de Janeiro: Fundo Editora. ANPOES. 259 – 284.

VIOLA, E.J.; LEIS, H.R. 1995. A evolução das políticas ambientais no Brasil, 1971-1991: do bissetorialismo preservacionista para o multisetorialismo orientado para o desenvolvimento sustentável. In: **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável**. Campinas, SP: UNICAMP.

WANG, Q. J. 1991 The POT model described by the generalized Pareto distribution with Poisson arrival rate, **Journal of Hidrology**, n.129, p. 263 – 280.

WATKINS Jr., D.W.; MCKINNEY, D. C. 2001. Recent developments associated with decision support systems in water resources. **Environmental and water resources Engineering Program**, Department of Civil Engineering, University of Texas at Austin. Disponível em: <http://www.earth.agu.org.revgeophys;watkin00.html>. Acesso em: 23/05/01.

WEVER, G. 1996. **Strategic environmental management** – using TQEM and ISO 14000 for competitive advantage. New York: John Wiley and Sons, Inc.

WEATHERALLL, M. 1970. **Método Científico**. Tradução de Leonidas Hegeberg do Scientific method. São Paulo: Polígono, 282 p.

WHIPPLE Jr., W. 1998. **Water Resources: A New Era For Coordination**. Reston: American Society of Civil Engineers, ASCE PRESS. USA. 123p. c1998. il.

WINOGRAD, M.; AGUILAR, M.; FARROW, A.; SEGNESTAM, M.; DIXON, J. 1999. **Conceptual ramework to Dvelop and Use Water Indicators**. Cali, Colombia: CIAT/World Bank/UNEP Project, rural Sustainability//Indicators: Outlook for Central America, Technical Note. Disponível em: <http://Inweb18.worldbank.org/essd/essdext.nsf/44bydocnome/publication>. Acesso em: 06/05/01.

WINOGRAD, M. et al. (Coord.). 1996. Desarrollo y uso de indicadores ambientales para la planificación y la toma de decisiones em la Corporación Autónoma Regional del Risralda: marco conceptual y aplicación. Cali, Colombia: CIAT. 42 p.

WOODHOUSE, P.; HOWLETT, D.; RIGBY, D. 2000. A framework for research on Sustainability Indicators for Agriculture and Rural Livelihood. **Sustainability indicators for natural Resource Management & Policy**. Working paper 2. Disponível em: <http://les.man.ac.uk/jump/indicators.html>. Acesso em: 05/02/01

WORLD BANK. 1995. **Monitoring environmental progress**. Waschington. D.C.

WRIGHT, E.O. et al.1993. **Reconstruindo o marxismo: ensaios sobre a explicação e teoria da história**. Tradução GUARESCHI, P.A. Petrópolis - RJ: Vocês.

YIN, R.K. 2001. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. GRASSI, Daniel (Trad.) Porto Alegre: Bookman 2 ed. 205 p.

YOUNG, R de. 1999. Environmental Psychology. In: ALEXANDER, D. E. ; FAIRBRIDGE, Eds. **Encyclopedia of Environmental Science**. Hingham, MA: Kluwer Academic Publishers. Disponível em: <http://www.personal.umich.edu>. Acesso em: 05/09/00

ZANDBERGEN, P.A. 1998. Urban Watershed ecological risk assessment using GIS: a case study of the Brunette River watershed in British Columbia, Canada. **Journal of Hazardous**. n. 61. p. 163-173.

ZELENY, M. 1982. **Multiple Criteria Decision Making**. New York: McGraw-Hill.

ZÓZIMO P. do C.R.; NUNO, R. da S.C. et al. 1987. "Carta de Riscos de Erosão das Bacias das Ribeiras de Loures e de Odivelas". **Modelo sobre a erosão de solo**, UTL. Lisboa.

**Anexo A1 Guia para a aplicação  
do método MISGERH**

## **Guia para a aplicação do método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos - MISGERH**

### **Introdução**

O método MISGERH permite construir um modelo de um sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade dos recursos hídricos, através de um processo participativo dos atores envolvidos no problema, visando ter maior conhecimento do mesmo e subsidiar a gestão deste recurso. O método, adotando o paradigma construtivista, foi concebido sob três temas: gestão de bacias, sistema de apoio à decisão e indicadores de sustentabilidade. Este método tem uma base na análise multicritério, razão pela qual adota basicamente tanto alguns conceitos, bem como os passos do "Apoio à Decisão: Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas" (ENSSLIN *et al.*, 2001). Além disso, adota conceitos, teorias e procedimentos próprios da literatura de indicadores de sustentabilidade.

Como pode ser observado na Figura A1.1 do presente Anexo, o processo da modelagem pode ser dividido em quatro grandes etapas: identificação do contexto decisório, estruturação do problema dos decisores, estruturação do modelo multicritério e avaliação das ações potenciais (ou alternativas).

#### **Etapa 1 – Identificação do contexto decisório**

Esta etapa inicial envolve duas atividades:

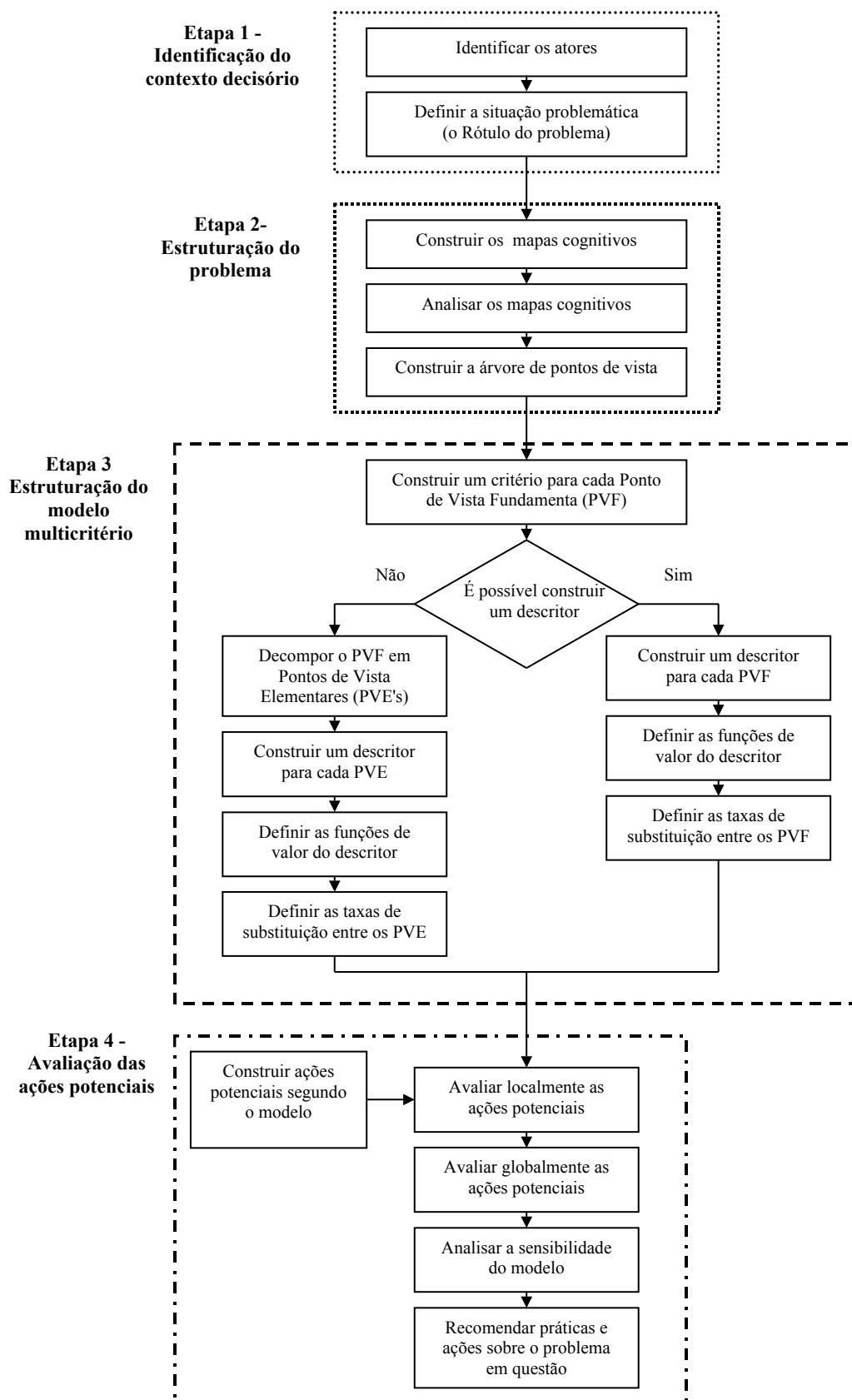
- Identificar os atores envolvidos no problema, dentre gestores dos recursos naturais e/ou ambientais e os Comitês de Bacia.
- Identificar a situação problemática, isto é, definir o rótulo do problema, através de um prévio diagnóstico junto com os atores.

#### **Etapa 2 - Estruturação do problema**

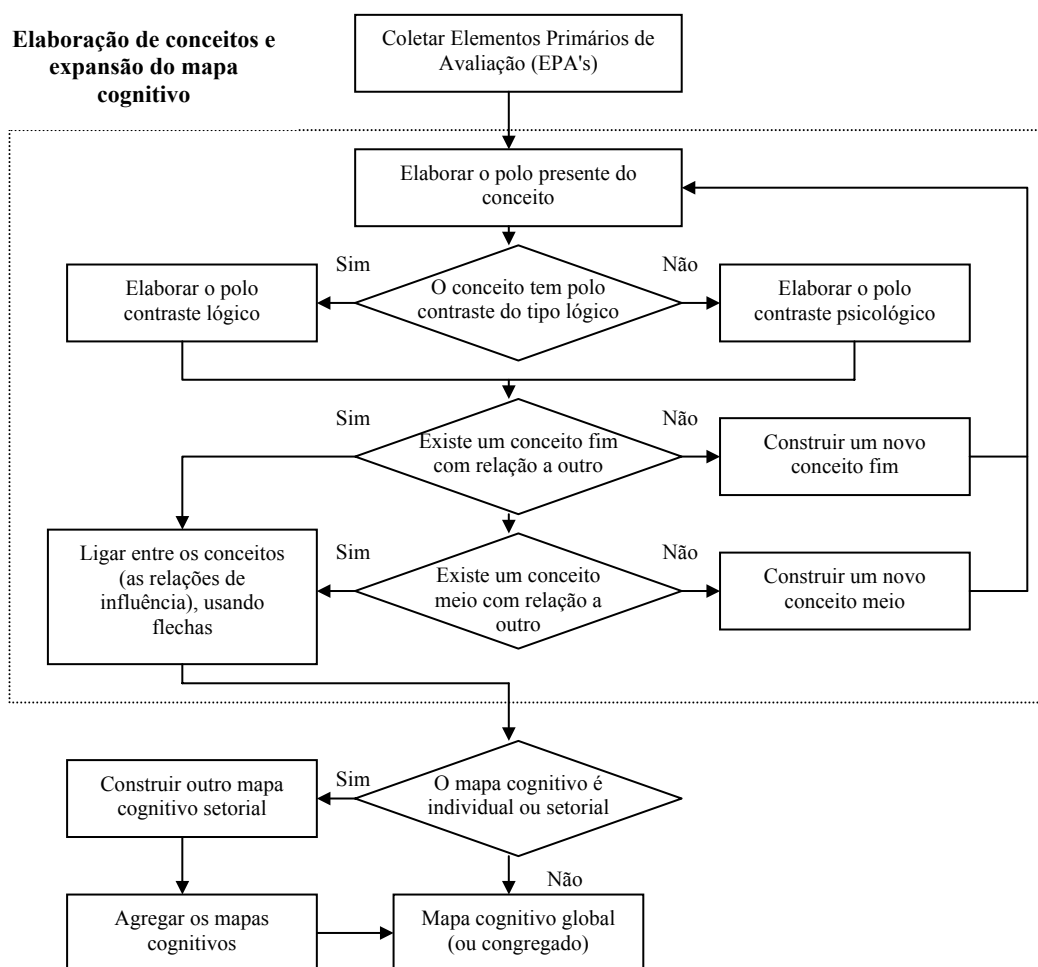
Esta etapa contempla, basicamente, três atividades: construção do mapa cognitivo, análise de mapas cognitivos e a construção das árvores de pontos de vista.

A construção do mapa cognitivo é sintetizada como fluxograma na Figura A1.2.





**Figura A1.1 Fluxograma para a modelagem de um sistema de indicadores**



**Figura A1.2 Fluxograma da construção de mapas cognitivos**

As tarefas são as seguintes:

- Geração dos elementos primários de avaliação, EPAs, a partir do rótulo do problema. Esta tarefa pode ser feita com auxílio de uma estratégia de identificação descrita por Keeney (1992), Ensslin *et al.* (2001); os mesmos também são apresentados no Anexo A2. A Figura A4.1 do Anexo A4 exemplifica os EPAs para a construção do mapa cognitivo.
- Elaborar conceitos, a partir dos EPAs. Esta tarefa é feita numa perspectiva orientada à ação. Cada conceito tem dois pólos: um polo presente e outro contraste do tipo psicológico ou lógico. Maiores detalhes a respeito são encontrados em Montibeller (1996). A Figura A4.2 do Anexo A4 exemplifica os conceitos para a construção do mapa cognitivo.

- Fazer ligações de influência e expandir o mapa cognitivo. Estes procedimentos podem ocorrer em dois sentidos: a) em busca de conceitos fim, através da pergunta "por que interessa?" (por exemplo, veja-se a Figura A4.3 do Anexo A4) e b) em busca dos conceitos meio, através da pergunta "quais as razões que explicam?" (por exemplo, veja-se a Figura A4.4 do Anexo A4). Também podem ser feitas as ligações pelas relações entre os conceitos construídos (por exemplo, veja-se a Figura A4.5 do Anexo A4).
- Uma vez elaborados os mapas cognitivos, caso eles forem individuais ou setoriais, devem ser agregados para formar o mapa cognitivo congregado (por exemplo, veja-se a Figura A4.18 do Anexo A4).

O processo de construção dos mapas cognitivos é dinamizado através do diálogo do facilitador (que possui representações cognitivas) com os atores (que possuem representações discursivas e cognitivas). Assim, o facilitador "materializa" as representações cognitivas (oriundas do sistema de valores dos atores) numa representação gráfica denominada "mapa cognitivo" que irá ser o modelo (veja-se Figura A2.1 do Anexo A2).

Para facilitar a elaboração dos mapas cognitivos, recomenda-se utilizar o *Software Decision Explorer*, apresentado por Brightman (1999). Maiores detalhes sobre a construção de mapas cognitivos são encontrados em Montibeller (1996), que também são apresentados sinteticamente no Anexo A2.

**A análise de mapas cognitivos** envolve a análise tradicional e avançada.

Com relação à análise tradicional, são analisadas as hierarquias de meios-fins, os conceitos "cabeças" e "rabos" (por exemplo, veja-se o Quadro 7.1 do texto), os laços de realimentação (por exemplo, veja-se a Figura 7.9 do texto) e os *Clusters* (por exemplo, veja-se as Figuras do número A4.6 até A4.17 do Anexo A4).

Quanto à análise avançada, são analisadas as linhas de argumentação (por exemplo, veja-se a Figura 7.10 do texto), e os ramos do mapa cognitivo (por exemplo, veja-se a Figura 7.11 do texto).

As análises de mapas cognitivos é feita com a ajuda do *Software Decision Explorer* (BRIGHTMAN, 1999). Maiores detalhes sobre a análise de mapas cognitivos são encontrados em Montibeller (1996), Ensslin *et al.* (2001), também apresentados sinteticamente no Anexo A2.

A **construção da árvore de pontos de vista** refere-se à transformação do mapa cognitivo para uma árvore de pontos de vista, sendo um estado de transição, recursivamente, para a etapa seguinte de construção do modelo multicritério. Este procedimento não é simples nem fácil, pois ambas estruturas diferem. O mapa cognitivo é uma estrutura extremamente contextualizada do problema em foco, através de conceitos, ao passo que a árvore de pontos de vista é uma estrutura hierárquica, formada por Pontos de Vista Fundamentais (PVF's) e Pontos de Vista Elementares (PVEs).

Para facilitar esta tarefa é realizado o enquadramento do mapa cognitivo, onde são identificados os candidatos a PVF's, a partir dos quais, são definidos os PVF's que irão formar a família de PVF's. Por exemplo, veja-se a Figura 7.12 do texto.

O enquadramento do mapa é uma técnica que ajuda a determinar os pontos de vista no mapa; ela consiste "em determinar em que H-ésimo nível hierárquico do mapa estão localizados cada um dos planos do quadro do processo decisório". Para maiores detalhes ver em Montibeller (1996).

Um PVF é formado por um conjunto de PVEs, isto é, trata-se de um fim comum para o qual contribuem vários valores mais elementares. Além disso, um PVF, por ser construído a partir de um elemento primário de avaliação, incorpora duas categorias: os objetivos dos atores e as características das ações.

Cada PVF deve atender às seguintes propriedades: inteligibilidade, consensualidade, operacionalidade. Os PVF's formam uma família de pontos de vista fundamentais; tal família é mantida como uma estrutura final de base, sobre a qual são modeladas as preferências. Esta família de PVF's deve atender às seguintes propriedades: inteligibilidade, consensualidade, concisão, exaustividade, coesão e monotonicidade e não-redundância. Para maiores detalhes ver Ensslin *et al.* (2001).

Adicionalmente, nesta tarefa são utilizados o conceito de funções de produção e o modelo FI-P-E-I-R. Os mesmos, são descritos na Seção 5.3.2: Etapa 2 - Estruturação do Problema, do texto.

### **Etapa 3 - Estruturação do modelo multicritério**

Esta etapa contempla três tarefas básicas: a construção dos descritores, a construção da função de valor e a determinação das taxas de substituição. A Figura A1.2 mostra o fluxograma para a estruturação do modelo multicritério.

### **Construção dos descritores:**

Esta atividade, a partir da arborescência de pontos de vista, consiste em operacionalizar os mesmos através dos descritores.

Um "descriptor" pode ser definido como um conjunto de níveis de impacto que servem como base para descrever as *performances* plausíveis das ações potenciais em termos de cada ponto de vista fundamental (BANA E COSTA *et al.*, 1999). Na literatura (KEENEY, 1992), os descritores também são denominados de atributos; os mesmos, servem para medir o grau que um determinado objetivo do decisor é alcançado.

Pode-se verificar a existência dos seguintes tipos de descritores: quantitativo ou qualitativo, contínuo ou discreto, direto (naturais) ou indireto (*próxi*), ou construído (BANA E COSTA, 1992; KEENEY, 1992; ENSSLIN *et al.*, 2001).

O **descriptor direto** é aquele que possui uma fonte de medida numérica intrínseca.

O **descriptor indireto** é aquele evento ou propriedade que, por estar relacionado fortemente (dependente), pode ser associado a um ponto de vista, utilizando-se como um indicador.

O **descriptor construído** é aquele que, constituído por mais de dois pontos de vista elementares que, de forma exaustiva e mais concisa, seja explicado segundo a percepção dos decisores. Utiliza-se quando o ponto de vista, devido a sua complexidade e/ou importância, não pode ser representado por um descriptor direto único.

O **descriptor quantitativo** é aquele que descreve adequadamente o ponto de vista, utilizando somente números.

O **descriptor qualitativo** é aquele que, ao invés de números, descreve o ponto de vista, utilizando expressões semânticas e/ou representações pictóricas. Com relação aos descritores pictóricos, não há a necessidade de utilizar palavras, apenas uma foto ou uma imagem real ou fictícia pode representar o descriptor (KEENEY, 1992).

O **descriptor contínuo** é aquele constituído por uma função contínua.

O **descriptor discreto** é aquele formado por um número finito de níveis de impacto.

O descriptor em sua construção devem atender às seguintes propriedades: não ter ambigüidade (KEENEY, 1992). O descriptor não ambíguo é aquele cujos níveis de impacto tem um significado claro aos atores do processo decisório (ENSSLIN *et al.*, 2001). Além disso, os descritores devem atender as propriedades de mensurabilidade, operacionalidade

e compreensibilidade, sendo todas elas criticamente afetadas pelo problema da ambigüidade. A seguir, define-se brevemente as referidas propriedades, de acordo com Ensslin *et al.* (2001).

Um descritor é **mensurável** quando permite quantificar a *performance* de uma ação de forma clara.

Um descritor é **operacional** quando define claramente como e quais dados coletar. Permite mensurar um aspecto de forma independente de qualquer outro aspecto considerado. O desempenho de uma ação potencial em um determinado PVF é claramente associável a um único nível de impacto e fornece uma base de discussão adequada para o julgamento de valores sobre o PVF.

Um descritor é **compreensível** quando permite a descrição e interpretação da *performance* da ação potencial de forma não ambígua. Portanto, não deve haver perda de informações quando uma pessoa associa um determinado nível de impacto a uma ação potencial e outra pessoa interpreta tal associação.

**Etapas da construção de descritores** - De acordo com Holz (1999), Dutra (1998), na construção de cada descritor, as etapas inerentes ao processo são as seguintes:

- **Conceituação dos PVF** – refere-se à descrição detalhada do que o PVF se propõe, de maneira que todos os decisores no processo possam ter dele o mesmo entendimento e compreensão;
- **Identificação dos PVEs de cada PVF** – refere-se ao desdobramento do PVF, quando necessário, em elementos explicativos mais simples (PVEs);
- **Identificação dos estados possíveis de cada PVE** – refere-se à forma como pode ser descrito um PVE, visando o objetivo maior dos decisores;
- **Montagem das combinações dos possíveis estados** - refere-se à identificação de todas as possibilidades de agrupamento dos estados dos PVEs;
- **Hierarquização das combinações** – refere-se à ordenação dos níveis de impacto, em termos de preferência, segundo o sistema de valores dos decisores ou especialistas (quando necessário);
- **Descrição dos níveis de impacto** – refere-se à descrição dos níveis de impacto para melhorar o entendimento do descritor;

- **Definição** – Refere-se à definição do PVF ou PVE, quando os descritores de cada um deles estiverem concluídos;

Adicionalmente, nesta tarefa são utilizadas as propriedades dos sistemas de indicadores a serem atendidas; estas são: ser mensurável facilmente, ser sensível a tensões no sistema, responder à tensão de maneira previsível, ser antecipatório, prever mudanças que podem ser evitadas pela gestão, ser integrativo, ter uma resposta conhecida a perturbações, pressões antropogênicas e mudanças no tempo, ter baixa variabilidade em resposta. Os mesmos são propostos por Dale e Beyer 2001 e apresentados resumidamente na Seção 5.33: Etapa 3 - Estruturação do modelo multicritério, do texto.

Também são utilizados os conceitos de padrão, parâmetro e indicadores, sendo eles descritos na Seção 5.33: Etapa 3 - Estruturação do modelo multicritério, do texto.

Ainda, ao contrário das metodologias multicritério de apoio à decisão, o método MISGERH pode modelar pontos de vista não isoláveis. O mesmo pode ser verificado através do teste de independência preferencial mútua.

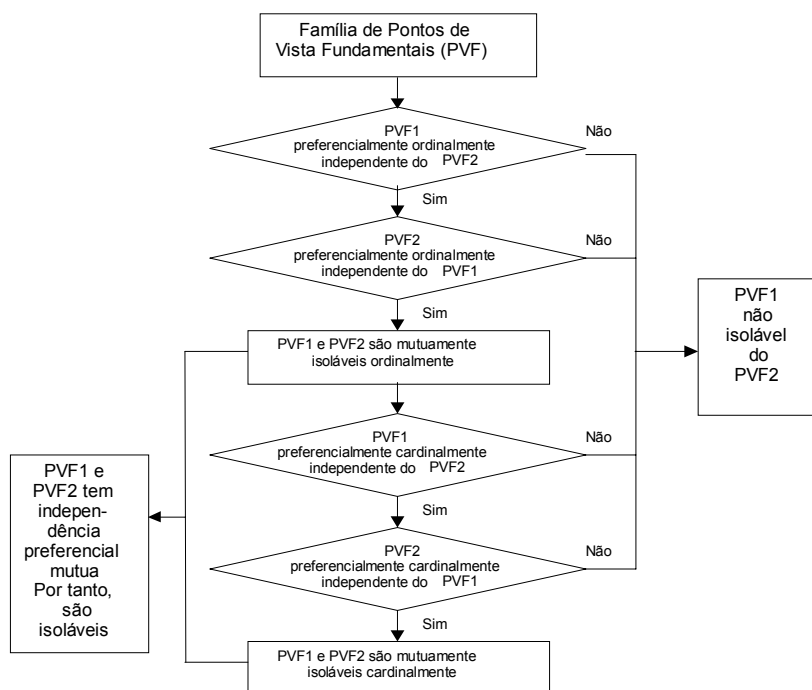
### **O teste de independência preferencial mútua**

A seguir é descrito este procedimento de acordo com Ensslin *et al.* (2001).

Antes de iniciar o teste, cumpre esclarecer que devem estar definidos os descritores, como também, recomenda-se que os níveis de impacto, escolhido para o teste, estejam bastante espaçados na escala, utilizando-se, normalmente, os valores extremos (o melhor e o pior).

A Isolabilidade indica que as ações podem ser avaliadas em cada PVF isoladamente dos demais PVF's. Um PVF é preferencialmente independente dos demais se a ordem e a intensidade de preferência entre um par de ações potenciais  $a$  e  $b$  neste PVF, segundo os decisores, não depende da *performance* destas mesmas ações  $a$  e  $b$  nos demais PVF's. Se dois PVF's são estatisticamente dependentes, mas se os decisores os julgam como PVF's preferencialmente independentes (de acordo a seus sistemas de valores), eles serão considerados como isoláveis.

O teste de independência preferencial mútua, como mostra a Figura A1.3 do presente Anexo, contempla duas fases: teste de independência preferencial ordinal mútua e o teste de independência preferencial cardinal mútua.



**Figura A1.3 Fluxograma do teste de independência preferencial mútua**

O teste de independência preferencial ordinal mútua verifica se a *ordem de preferência*, entre duas ações em um PVF, permanece constante, independentemente dos impactos (*performances*) destas ações nos demais PVF's.

O teste de independência preferencial cardinal mútua verifica se a *diferença de atratividade* (valor) entre duas ações em um PVF, não é afetada pelo impacto (*performances*) destas ações nos demais PVF's.

Cabe salientar que é possível que dois PVF's sejam ordinalmente independentes, mas não sejam cardinalmente independentes. Por isso, é necessário sempre fazer os dois testes. Do mesmo modo, a independência preferencial cardinal ou ordinal em uma direção, não garante a independência na outra.

#### **Construção da função de valor:**

Uma vez definido o descritor, a este é associada uma função de valor que incorpora seu fator de escala de forma numérica.

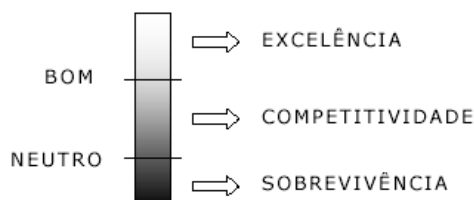
Uma **função de valor** pode ser vista como uma ferramenta aceita pelos decisores para auxiliar a articulação de suas preferências (KEENEY e RAIFFA, 1993). Ela procura transformar as *performances* (impactos) das ações em valores numéricos que representam o grau com que um objetivo é alcançado, com relação a níveis balizadores (BEINAT,



1995). Assim, ela é usada para ordenar a intensidade de preferência, em termos de diferença de atratividade, entre pares de níveis de impacto ou ações potenciais (DYER e SARIN, 1979 e BEINAT, 1995). Contudo, trata-se de uma ferramenta artificial, sugerida pelo facilitador, com o objetivo de que os decisores reflitam sobre suas preferências em termos quantitativos (ROY, 1987; ROY, 1993).

**Existem vários métodos para construção de funções de valor** (FISHBURN, 1967; JACQUET – LAGREZE e SISKOS, 1982; KEENEY e RAIFFA, 1993; BEINAT, 1995; dentre outros), tais como: o método da pontuação direta, o método da bissecção e o método do julgamento semântico. Recomenda-se utilizar o método do julgamento semântico através do MACBETH - *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*, proposto por Bana e Costa e Vasnick, (1995). Neste método, os autores, para facilitar o diálogo entre o facilitador e os decisores, propõem uma *escala semântica* com sete categorias diferença de atratividade: muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema. Os mesmos permitem a passagem de um valor semântico para um valor cardinal. Ainda, os autores, para facilitar essa tarefa, têm desenvolvido um *Software* do MACBETH.

Uma atividade adicional à construção dos descritores é a definição do nível "Neutro" e "Bom". O sentido prático dos mesmos, segundo Holz (1999), reside na possibilidade de representarem limites de intervalos de excelência, competitividade e sobrevivência. A Figura A1.4, a seguir, ilustra estas idéias.



**Figura A1.4 O sentido prático da identificação de níveis de referência Bom e Neutro**

Uma vez que a função de valor foi associada a um descritor, considera-se que foi construído um critério de avaliação para um determinado PVF ou um sub-critério para um PVE. Tal critério é uma ferramenta que permite mensurar, da forma menos ambígua possível, a *performance* de cada ação de acordo com um particular PVF ou PVE (ENSSLIN *et al.*, 2001).

#### **Determinação das taxas de substituição ou coeficientes de ponderação:**

Esta atividade visa tornar compatível os valores parciais entre os diferentes PVF's, possibilitando a transformação de unidades (de valor) locais em unidades (de valor)

globais. Deste modo, as taxas de substituição são fatores de escala que modulam a contribuição de cada função de valor (de cada critério) no valor global do perfil de uma ação. A construção das taxas de substituição depende do sistema de valores do ator. Elas também podem ser construídas com ajuda do *Software* MACBETH (BANA E COSTA e VASNICK, 1995).

#### **Etapa 4 - Avaliação das ações potenciais**

Esta etapa segue com três atividades principais: a construção das ações potenciais conforme o modelo construído, a avaliação local e global das ações potenciais e a análise de sensibilidade.

**Construção das ações potenciais conforme o modelo construído** - refere-se ao estabelecimento de um banco de dados que contém de forma organizada os dados de natureza diversa, segundo o modelo multicritério. Os mesmos podem ser obtidos a partir de diferentes fontes e meios. Como fonte de dados, podem ser salientados, por exemplo, o IBGE e a FEE, dentre outros. Como meios podem ser destacados, por exemplo, através do geoprocessamento, diagnósticos, monitoramento, entrevistas, questionários, dentre outros.

**Avaliação local das ações potenciais** - refere-se à avaliação da *performance* das ações potenciais (ou alternativas) em cada um dos critérios/indicadores de base. Para realizar esta tarefa, é necessária a *performance* local da ação potencial, obtida a partir dos descritores e de suas funções de valor.

**Avaliação global das ações potenciais** - refere-se à transformação das unidades de atratividade local (medida nos critérios) em unidades de atratividade global, ou seja, transforma-se um modelo com múltiplos critérios num modelo com critério único, sendo a pontuação final que uma determinada ação recebe. Para realizar esta tarefa, é necessário que as taxas de substituição (ou coeficientes de ponderação) estejam associadas aos critérios e/ou indicadores do modelo. Este procedimento é feito utilizando-se a Equação 22 do texto.

A avaliação da sustentabilidade do sistema de recursos hídricos, isto é, o agrupamento dos indicadores de base, pode ser feita empregando os seguintes conceitos:

- Sustentabilidade como fluxo de bens e serviços e sustentabilidade como estoque de recursos hídricos;
- Eco-eficiência, no caso da área de interesse privado;
- Sensibilidade e resiliência, em termos de índices ou coeficientes.

Maiores detalhes, incluindo as expressões matemáticas acerca dos referidos conceitos, são apresentados na Seção 5.3.4: Etapa 4 - Avaliação das ações potenciais, do texto. Uma ilustração deste procedimento, empregando dados hipotéticos, é apresentada na Seção 7.10 - Avaliação hipotética, do texto.

**A análise de sensibilidade:** Uma vez feito o processo de agregação dos indicadores de base, é possível fazer alguma recomendação precária. Porém, antes disso, é necessário ter outras informações adicionais como as que fornecem a análise de sensibilidade do modelo. Ela visa examinar se o modelo é robusto a alterações nos seus parâmetros, ou seja, procura-se validar os resultados obtidos com o modelo a partir de variações na taxa de substituição de um dos PVF's, mantendo os outros constantes. Assim, se uma pequena variação na taxa de substituição causar grandes variações na avaliação global das ações, mudando inclusive o nível de hierarquia das alternativas, o modelo não é robusto e os resultados obtidos devem ser encarados com cuidado, sendo necessário muitas vezes um ajuste dos parâmetros utilizados (ENSSLIN *et al.*, 2001). Na seção 7.9 - Análise de sensibilidade pode ser vista uma ilustração desta análise.

### **Considerações finais**

Cumprido esclarecer que para realizar cada etapa, pode ser considerada como documento de base o trabalho de Ensslin *et al.* (2001), entre outros obtidos via *on-line*: <http://www.odpm.gov.uk>.

Quanto à aquisição de manuais, *softwares* e demonstrações do uso de aplicativos, podem ser consultadas em: <http://www.m-macbeth.com/Msite.html>, para o uso do *Software* MACBETH; <http://www.banxia.com/demain.html>, para o uso do *Software* *Decision Explorer*; <http://www.hirschmann.de>, para usos do *Software* HIVIEW, permitindo a análise de sensibilidade do modelo.

**Anexo A2 Bases para construção e análises de mapas cognitivos**

## **Bases para construção e análises de mapas cognitivos**

Nesta Seção serão apresentados, inicialmente, alguns aspectos conceituais sobre os mapas cognitivos e o que eles modelam. Em seguida serão apresentados os passos necessários para a construção dos mapas cognitivos. Finalmente, será apresentada a análise dos mapas cognitivos. Os mesmos, foram elaborados basicamente a partir de Ensslin *et al.*, (2001), Montibeller (1996).

### **Mapas cognitivos como representações:**

Considerando as representações mentais dos decisores como uma "caixa preta" inacessíveis ao pesquisador, qualquer tentativa de obtê-las irá modificá-las, devido a que estão em constante adaptação (MONTIBELLER, 2000). Neste contexto, um **mapa cognitivo** "é uma representação gráfica das representações mentais que o pesquisador conjectura sobre as representações discursivas formuladas pelo sujeito sobre um objeto e obtidas a partir de suas representações mentais" (COSSETE e AUDET *apud* MONTIBELLER, 2000).

Tal conceito foi ilustrado por Montibeller (1996), Montibeller (2000), como um processo de modelagem, o qual, apresenta-se na Figura A2.1, onde, inicialmente o facilitador faz algumas representações cognitivas (linha 1), as quais são expostas através de representações discursivas, compondo um discurso (linha 2). Este discurso, no decisor, gera necessidades de buscar informações, percebidas como relevantes, sobre o contexto decisório. A partir de tais informações percebidas, o decisor constrói representações cognitivas sobre o contexto decisório (linha 3), as quais são expressas como representações discursivas para o facilitador (linha 4), ele, por sua vez, faz representações cognitivas sobre tal discurso (linha 5). A partir dessas representações cognitivas, o facilitador, as transforma em representações gráficas (linha 6) e seguindo um conjunto de regras predefinidas, constrói um modelo (linha 7).

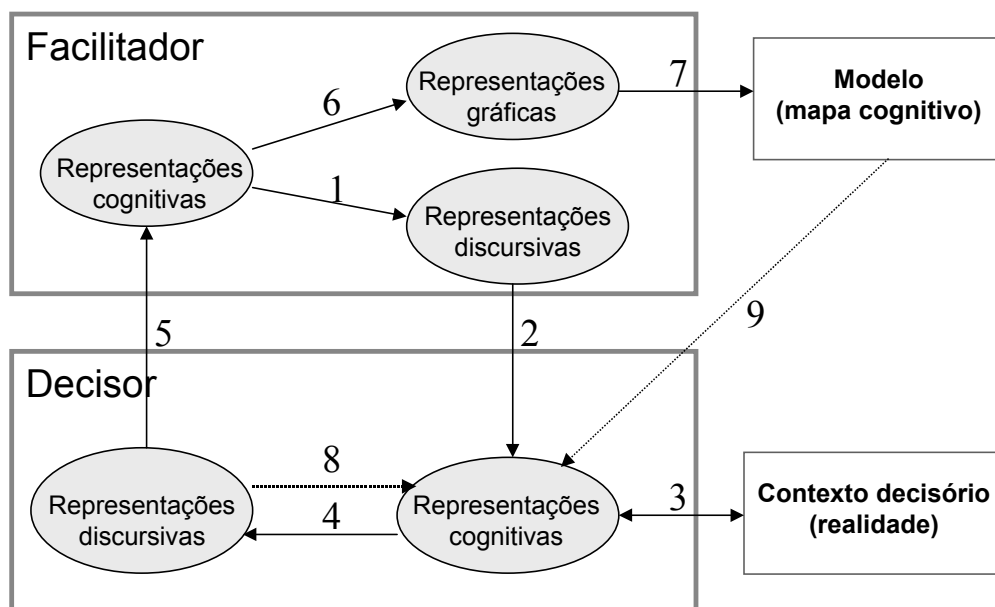
Montibeller (2000), Ensslin *et al.* (2001) destacam algumas conclusões respeito do esquema:

**O mapa cognitivo como ferramenta reflexiva:** permitindo ao(s) decisor(es) aprender sobre a situação problemática com que se defronta(m), em dois momentos: quando tem que falar sobre suas representações cognitivas, gera mudanças nos mesmos (linha 8) e quando vê um modelo ou representação gráfica, pode refletir sobre o que pensa (linha 9) e o que falou o facilitador. Este ciclo é recursivo, gerando conhecimento ao decisor e fazendo com que o mapa descreva este aumento de conhecimento.

**O mapa cognitivo como ferramenta negociativa:** na medida em que ajuda os decisores a negociar sua percepção e interpretação sobre o contexto decisório, permitindo ainda que eles negociem um compromisso à ação.

**O mapa cognitivo não representa as representações cognitivas (modelo mental):** aqui, o mapa não é considerado como um modelo de cognição que permita a descrição e a predição do pensamento do decisor, isto é, não há correspondência direta entre o mapa e os pensamentos do decisor. Mas ele é uma ferramenta poderosa para lidar com a subjetividade (EDEN *et al.*, 1992).

**O modelo não representa o contexto decisório (realidade):** o processo de obtenção de informações do contexto decisório é subjetivo e construído, ao invés de objetivo. A partir daí, o modelo é desenvolvido através de suas representações cognitivas via representações gráficas (MONTIBELLER, 2000).



**Figura A2.1** Processo de modelagem de um mapa cognitivo  
**Fonte:** Montibeller (2000).

### Construindo um mapa cognitivo:

Um mapa cognitivo representa uma estrutura hierárquica de conceitos, "nós", relacionados por ligações de influência, "flechas", entre meios e fins (MONTIBELLER, 2000). Os conceitos de onde saem flechas são denominados conceitos meio (explicações) e os conceitos a onde entram flechas são denominados conceitos fim (consequências). Aqueles mais próximos da cabeça são denominados conceitos valores e os conceitos mais baixos, ou rabos, são denominados conceitos atributos. Os conceitos de acordo com seus

graus de influência, podem ser agrupados em "*Clusters*", que irão formar as áreas de interesse.

As etapas necessárias á construção do mapa cognitivo são:

**Definição de um rótulo para o problema:** Para definir a situação problemática, o facilitador deve inicialmente buscar escutar um relato dos decisores sobre seu problema. Ele deve evitar interferir no que ele diz. A função do rótulo é delimitar o contexto decisório, de tal forma a manter o foco nos aspectos mais relevantes envolvidos com a resolução do problema do decissor. Logo, tal rótulo, não é definitivo, podendo-se modificar ao longo do processo de modelagem do mapa cognitivo.

**Definição dos elementos primários de avaliação (EPAs):** Esta etapa é crítica na qualidade do mapa cognitivo a ser construído. A geração de elementos primários de avaliação, realiza-se em um "brainstorming" com o(s) decisor(es). Esses EPAs são constituídos de objetivos, metas, valores, ações, opções e alternativas.

De acordo com Camacho e Paulus (1995), o procedimento para obter os EPAs consiste em encorajar a criatividade estabelecendo junto ao decisor que: todos os Epas que vêm à mente devem ser expressos; deseja-se quantidade, por tanto quanto mais EPAs aparecem, melhor, evitam-se críticas às idéias pronunciadas e pode-se melhorar e combinar idéias já apresentadas.

No Quadro A2.1, apresenta-se varias estratégias que servem para estimular a criatividade de identificação de EPAs.

**Quadro A2.1 Estratégias para identificar EPAs**

<b>Estratégias</b>	<b>Pergunta que deve ser feita</b>
Aspectos desejáveis	Quais são os aspectos que você gostaria de levar em conta em seu problema?
Ações	Quais características distinguem uma ação (potencial ou fictícia) boa de uma ruim?
Dificuldades	Quais são as maiores dificuldades com relação ao estado atual?
Conseqüências	Quais conseqüências das ações são boas/ruins/inaceitáveis?
Metas/restrições/linhas gerais	Quais são as metas/restrições/e linhas gerais adotadas por você?
Objetivos estratégicos	Quais são os objetivos estratégicos neste contexto?
Perspectivas diferentes	Quais são para você, segundo a perspectiva se um outro decisor, os aspectos desejáveis/ ações/ dificuldades/etc.?

Fonte: Keeney, 1992; Ensslin *et al.* (2001).

**Construção de conceitos a partir dos EPAs:** Inicialmente, os EPAs estão dispersos, a partir de cada um deles, são construídos os conceitos. Para tanto, o EPA deve

ser orientado para uma ação, fornecendo o primeiro pólo do conceito. Tal dinamismo pode ser obtido utilizando o verbo no infinitivo. Logo, deve ser construído o oposto psicológico do conceito, o mesmo, é importante na medida em que o conceito só tem sentido quando existe o contraste entre dois pólos (EDEN *et al.*, 1983). Os dois rótulos são separados por "...", lido como "ao invés de". Ensslin *et al.* (2001) ressalta dos perigos para quem só usam o primeiro pólo, assumindo como pólo contraste seus opostos lógicos (pólos "naturais" ao primeiro pólo): acabar trabalhando/analizando conceitos diferentes daqueles que estão sendo pensados pelo decisor e, perder importantes e diferentes interpretações do decisor sobre seu problema.

**Construção da hierarquia de conceitos:** A hierarquia de conceitos, acontece durante a expansão do mapa cognitivo. Isso pode ser feito em dois sentidos: a) em busca de conceitos fins, através da pergunta por que é importante (um determinado conceito)? e; b) em busca dos conceitos meio, através da pergunta: como avaliar (um determinado conceito)? Ou, como você conseguiria (um determinado conceito)?

**Ligações de influência:** As relações de influência são simbolizadas por flechas ("→"). Em cada uma delas é associado um sinal positivo ou negativo, que indica a direção do relacionamento. Um sinal positivo ("+") indica que o primeiro pólo de um determinado conceito influencia o primeiro pólo do outro conceito. Um sinal negativo ("-") indica que o primeiro pólo de um determinado conceito influencia o pólo oposto do outro conceito. Estas associações devem ser obtidas sempre que comparado os relacionamentos par a par (ENSSLIN *et al.*, 2001).

### **Mapas cognitivos de grupos:**

De acordo com a complexidade do problema e envolvimento de decisores diferenciados com interesses conflitantes, os mapas cognitivos podem ser construídos pela intervenção de um decisor único, quanto pela intervenção de vários decisores. No âmbito deste último caso, o potencial da modelagem do mapa cognitivo é maior. Assim, o mapa cognitivo, como instrumento reflexivo, de negociação e de formulação de problemas, ganha valor, quando o contexto decisório envolve problemas complexos e atores diferenciados.

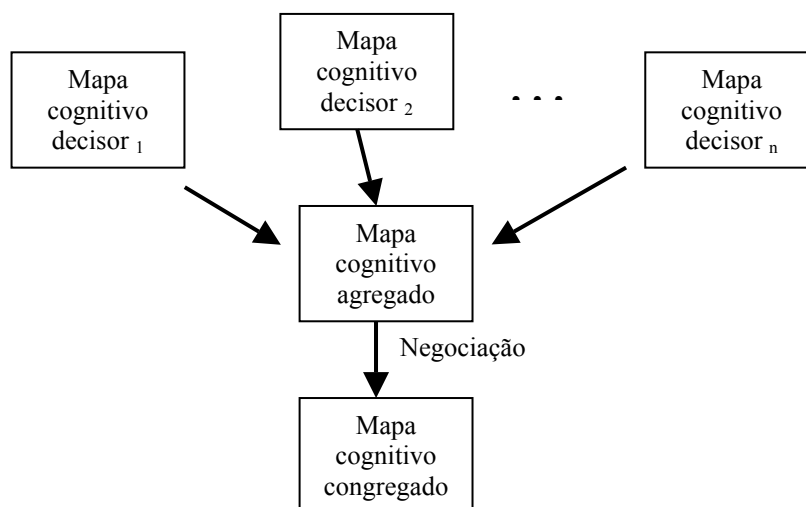
Os atores compartilham o poder na organização, mas têm interesses e valores conflitantes (EDEN *et al.*, 1983). Nessas situações, o facilitador tem de lidar com a dinâmica social de um grupo em que há diferentes personalidades, estilos de interação, valores, poder e preocupações sobre a política interna da organização, etc. Além disso, o facilitador deve conduzir o processo de negociação (apoio) de uma forma mais cautelosa e atenta, evitando que se perca o rumo.



Na construção do mapa cognitivo de grupo existe uma grande quantidade de conceitos conflitantes, mas também uma grande quantidade de conceitos similares, que podem ser agregados (EDEN *et al.*, 1981). Apesar dos decisores perceberem e interpretarem o mesmo contexto decisional de forma diferente, para realizar alguma coisa, eles têm de atuar levando em conta o que pensam, percebem e interpretam outros membros do grupo sobre tal contexto (EDEN *et al.*, 1983). Portanto, há, na realidade, uma interdependência entre os atores, no que concerne às ações.

O resultado da forma como um grupo de decisores entende um problema é representado pelo *mapa cognitivo congregado*. Há duas formas de construção de um mapa cognitivo congregado: a) iniciando diretamente com o grupo; b) iniciando com os mapas cognitivos individuais.

A construção do mapa cognitivo do grupo de decisores é muito mais complexa do que a de um mapa cognitivo individual. Sendo assim, a melhor forma de se construir um mapa cognitivo do grupo é iniciar construindo mapas individuais de cada um dos seus membros e depois agrupá-los em um único mapa agregado (ver Figura A2.2).



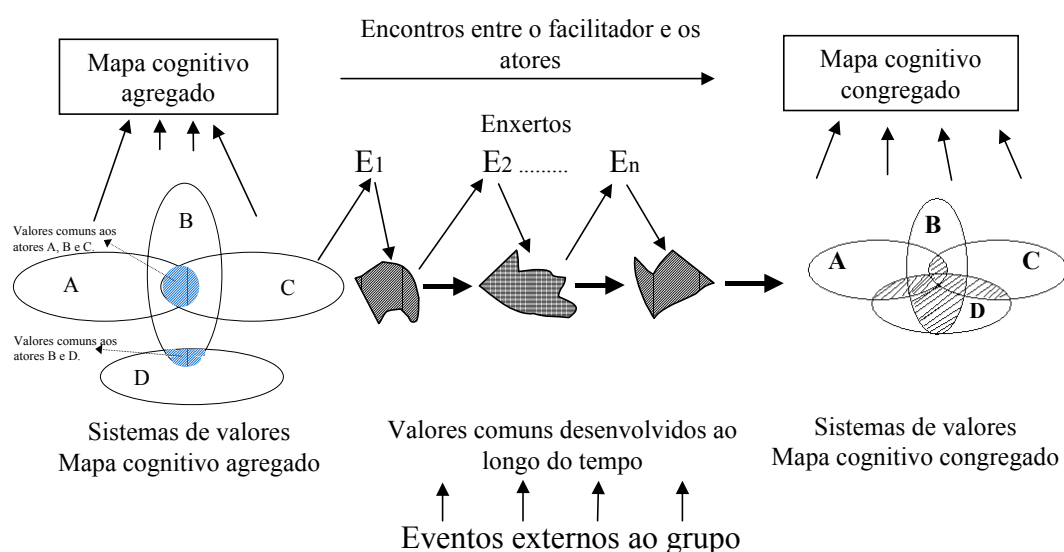
**Figura A2.2 Rumo ao mapa cognitivo congregado**  
**Fonte: Montibeller (1996)**

Por adaptação de Neck e Manz (1994), *o pensamento de grupo* é um pensamento que pode ser caracterizado como o modo de pensar dos atores 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: a) pressão social direta do grupo contra um membro que argumente contrariamente aos valores e às crenças compartilhadas pelo

grupo; b) auto-censura dos membros cujos pensamentos ou preocupações desviam-se do consenso do grupo; c) ilusão de invulnerabilidade à falha, no grupo; d) ilusão compartilhada de unanimidade; e) auto-criação de "*mentes vigiadas*" que desconsideram informações oriundas de fora do grupo; f) esforços coletivos para a racionalização; g) visões estereotipadas dos líderes inimigos de outras organizações (ou segmentos da organização) como fracos ou incompetentes; h) 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 construção dos mapas cognitivos individuais traz maior gasto de tempo, mas também a vantagem de aumentarem as chances de ocorrência do *pensamento de equipe* (NECK e MANZ, 1994), que apresenta os seguintes sintomas: a) encorajamento de visões divergentes; b) abertura para a expressão de inquietações e idéias; c) preocupação sobre inquietações e ameaças; d) reconhecimento da singularidade dos membros; e) discussão de dúvidas coletivas. Esses padrões (oposições construtivas) conduzem a um ganho de efetividade do processo grupal e conseqüente aumento da qualidade do mapa cognitivo.



**Figura A2.3 Construção do mapa cognitivo congregado e o sistema de valores dos atores** Fonte: adaptado de Langfield-Smith (1992, p. 361), Montibeller (1996, p. 110)

A Figura A2.3 acima sintetiza o processo de construção do mapa cognitivo congregado. Podem ser consideradas as seguintes fases:

**Construção dos mapas cognitivos individuais** por meio de entrevista particular com cada membro, começando com os mais influentes.

**Agregação dos mapas cognitivos individuais** por comparação. Unem-se os conceitos similares que transmitam idéias semelhantes com sentido mais amplo (ou mais rico) e relacionam-se os conceitos conectados por ligações de influência.

Deve-se salientar que o mapa cognitivo agregado, considerando todos os decisores, é apresentado ao grupo, tendo o facilitador o cuidado de identificar a contribuição (mapa) de cada participante (fator fundamental). Isso fornece a sensação de posse do modelo a cada um dos decisores (EDEN, 1989).

**Construção do mapa cognitivo congregado**, através da negociação, por parte do grupo, sobre os conceitos do mapa e os relacionamentos existentes entre tais conceitos. Aparecerão enxertos propostos pelo grupo (BOUGON, 1992): a) novos conceitos são inseridos no mapa agregado; b) novas relações de influência aparecem entre os conceitos (ligações de influência entre os existentes, entre os enxertados e entre os existentes e enxertados).

Assim, haverá uma expansão do mapa cognitivos congregado. Essa reunião, onde os decisores negociarão com os mapas, a respeito do seu problema, findará com o mapa cognitivo congregado (BOUGON, 1992).

#### **Análise de mapas cognitivos:**

De acordo com Ensslin *et al.* (2001), o objetivo da análise do mapa cognitivo é, por um lado, *gerenciar sua complexidade e, por outro, compreender melhor as relações existentes entre os fins que os decisores desejam obter e os meios disponíveis para tanto.* Esta tarefa possibilita a transição do mapa cognitivo para a um modelo multicritério, o mesmo, começa pela identificação dos eixos de avaliação do problema. Um eixo de avaliação é definido aqui como uma dimensão considerada como relevante, segundo os valores dos decisores, para a avaliação das ações potenciais (BANA E COSTA *et al.*, 1999). Este procedimento está dividido em duas etapas: análise tradicional e análise avançada.

#### **Análise tradicional de mapas cognitivos:**

A análise tradicional tem surgido pela necessidade de identificar as características estruturais dos mapas cognitivos, permitindo sua análise. Ela, apenas leva em conta a forma do mapa. Assim, a seguir serão apresentadas as seguintes ferramentas de análise:

Hierarquia de meios - fins, Conceitos cabeças e rabos, Laços de realimentação e os *Clusters*.

**Hierarquia de meios-fins:** Refere-se à leitura do mapa cognitivo, possibilitando interpretar o mapa para uma compreensão das relações existentes entre os meios disponíveis aos decisores e os fins que eles almejam alcançar. A hierarquia entre os conceitos é representada pelas ligações de influência entre eles, no sentido meio-fim, simbolizados por flechas.

**Conceitos cabeças e rabos:** Refere-se à identificação dos conceitos cabeças e rabos. Os conceitos do mapa a onde chegam flechas são chamados de cabeças. Eles representam os objetivos/fins/resultados /valores fundamentais (ou estratégicos).

Os conceitos do mapa de onde só saem flechas são chamados de rabos. Eles representam os meios/ações/alternativas/opções, através dos quais podem ser atingidos o objetivos/ fins/ resultados /valores.

**Laços de realimentação:** Refere-se à circularidade criada por uma cadeia de conceitos (nós), em forma de um laço fechado. Isso ocorre quando um conceito meio influencia um conceito fim que, por sua vez, influencia aquele conceito meio.

Conceitualmente, todos os nós presentes em uma estrutura circular têm o mesmo nível hierárquico dentro do mapa e podem, portanto, ser substituídos por um único nó que descreve o laço (EDEN *et al.*, 1992). Porém, esse procedimento acaba gerando perda de informação no mapa cognitivo. Por isso, prefere-se eliminar as circularidades, retirando as ligações de influência entre o conceito julgado mais fim e o conceito julgado mais meio (NADKARNI e SHENOY, 2001).

**Clusters:** Refere-se a um grupo de conceitos (nós) relacionados por ligações intracomponentes, então, um mapa cognitivo é um conjunto de *Clusters* relacionados por ligações intercomponentes. Assim, no sistema complexo, as ligações intracomponentes são mais fortes que aquelas ligações intercomponentes (EDEN *et al.*, 1992).

A detecção de *Clusteres* permite uma visão macroscópica do mapa. De outro lado, representa uma diminuição da complexidade cognitiva do mapa global, dado que permite dividir em mapas menores relativamente não relacionados (apenas com ligações intercomponentes), os quais irão ser as áreas de interesse ou componente do sistema.

A identificação de um *Cluster* pode ser realizada de duas maneiras: a) automaticamente, através de um algoritmo incorporado ao software Decision Explorer, detectando a partir das características estruturais da forma do mapa (EDEN *et al.*, 1992); e

b) manualmente, onde, o facilitador agrupa os conceitos, observando a forma e conteúdo do mapa, que têm sentidos semelhantes e representam uma área de interesse para o(s) decisor(es).

Para Ensslin *et al.* (2001), a identificação de *Clusters* manualmente é mais prático e melhor do que automaticamente, devido a que se leva em conta não apenas a forma, mas também o conteúdo dos conceitos. Além disso, manualmente é prático porque o facilitador já tem aprendizado e ganho maturidade sobre os conceitos do mapa.

### **Análise avançada de mapas cognitivos:**

A análise avançada possibilita identificar os eixos de avaliação do problema, levando em conta a forma e o conteúdo do mapa cognitivo. Nesta tarefa, o facilitador observa a forma do mapa para identificar as linhas de argumentação e logo o ramo. Um ramo é um conjunto de linhas de argumentação, determinado através da análise do conteúdo delas. Cada ramo irá gerar um eixo de avaliação do problema (ENSSLIN *et al.*, 2001).

**Linhas de argumentação do mapa cognitivo:** Esta análise baseia-se na forma do mapa. A linha de argumentação é constituída por uma cadeia de conceitos que são influenciados e hierarquicamente superior a um conceito rabo. Uma linha de argumentação começa com um conceito rabo e termina em um conceito cabeça. No caso de *Clusters*, tais linhas denominam-se linhas de argumentação internas, os mesmos, iniciam nos conceitos rabos e terminam no conceito cabeça do mesmo *Cluster* (ENSSLIN *et al.*, 2001).

**Ramos do mapa cognitivo:** Esta análise baseia-se na forma e conteúdo do mapa, levando em conta as idéias expressas nos conceitos. Assim, o ramo é constituído por uma ou mais linhas de argumentação que demostrem preocupações similares sobre o contexto decisório (ENSSLIN *et al.*, 2001).

**Anexo A3 Composição do Comitê  
da Bacia do Rio dos Sinos**

**Quadro A3.1 Composição do Comitê da Bacia do Rio dos Sinos: Grupo dos usuários da água**

<b>1.Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana</b>	
<b>04 vagas Titulares:</b> Prefeitura Municipal de Taquara - José Carlos Grin CORSAN - Ellen Martha Pritsch SEMAE - Sandro Adriani Camargo Prefeitura Municipal de NH - Elígio Caon	<b>04 vagas Suplentes:</b> Prefeitura Municipal Igrejinha - Michele S. Gonçalves Prefeitura Municipal Canoas - Marco Aurélio Chedid Prefeitura Municipal de São Leopoldo - José Luis Garcias COMUSA - Sílvio Paulo Klein
<b>2.Abastecimento Público</b>	
<b>04 vagas Titulares:</b> CORSAN - Ricardo Röver Machado CORSAN - Fátima Irene Matos Machado COMUSA - Neri Chilanti SEMAE - Emílio Roberto Wild	<b>04 vagas Suplente:</b> CORSAN - Maurício Arnaldo Hönrich CORSAN - André Francisco Weiler COMUSA - Carlos Antônio Fink SEMAE - Germano Weinmann
<b>3.Industria</b>	
<b>03 vagas Titulares:</b> Sindicato das Ind. de Calç.de C. Bom - Gilfredo Heckler AIC-SUL - Adolfo Antônio Klein ACIS - Novo Hamburgo - Alexandre Matias Bogner	<b>03 vagas Suplentes:</b> SIND. IND. CALÇ. TRÊS COROAS - Fábio Alberto Ruppenthal FIERGS - Oscar Schwengber SIMECAN - Adriana Tremarin
<b>4.Agricultura -</b>	
<b>02 vagas Titulares:</b> Sindicato Trab. Rurais N. Hamburgo - Leomir Antônio Pereira	<b>02 vagas Suplentes:</b>
<b>5. Geração de Energia</b>	
01 vaga - Titular: Comp. Estadual de Energia Elétrica - Maria Lúcia M. Guaragna	01 vaga Suplente: Comp. Estadual de Energia Elétrica - Luis Airton Ferret
<b>6. Navegação e Mineração</b>	
<b>01 vaga Titular:</b> SINDAREIA - Ilson Luciano Rabello	<b>01 vaga Suplente:</b> SINDARSUL - Ático Remígio Scherer
<b>7. Turismo, Lazer e Pesca</b>	
<b>01 vaga Titular:</b> Prefeitura Municipal de Esteio - Alejandro Ruiz	<b>01 vaga Suplente:</b> Fundação Zoobotânica do RS - Luiz Fernando da Silva Barrios

**Quadro A3.2 Composição do Comitê da Bacia do Rio dos Sinos: Grupo dos representantes da população da bacia**

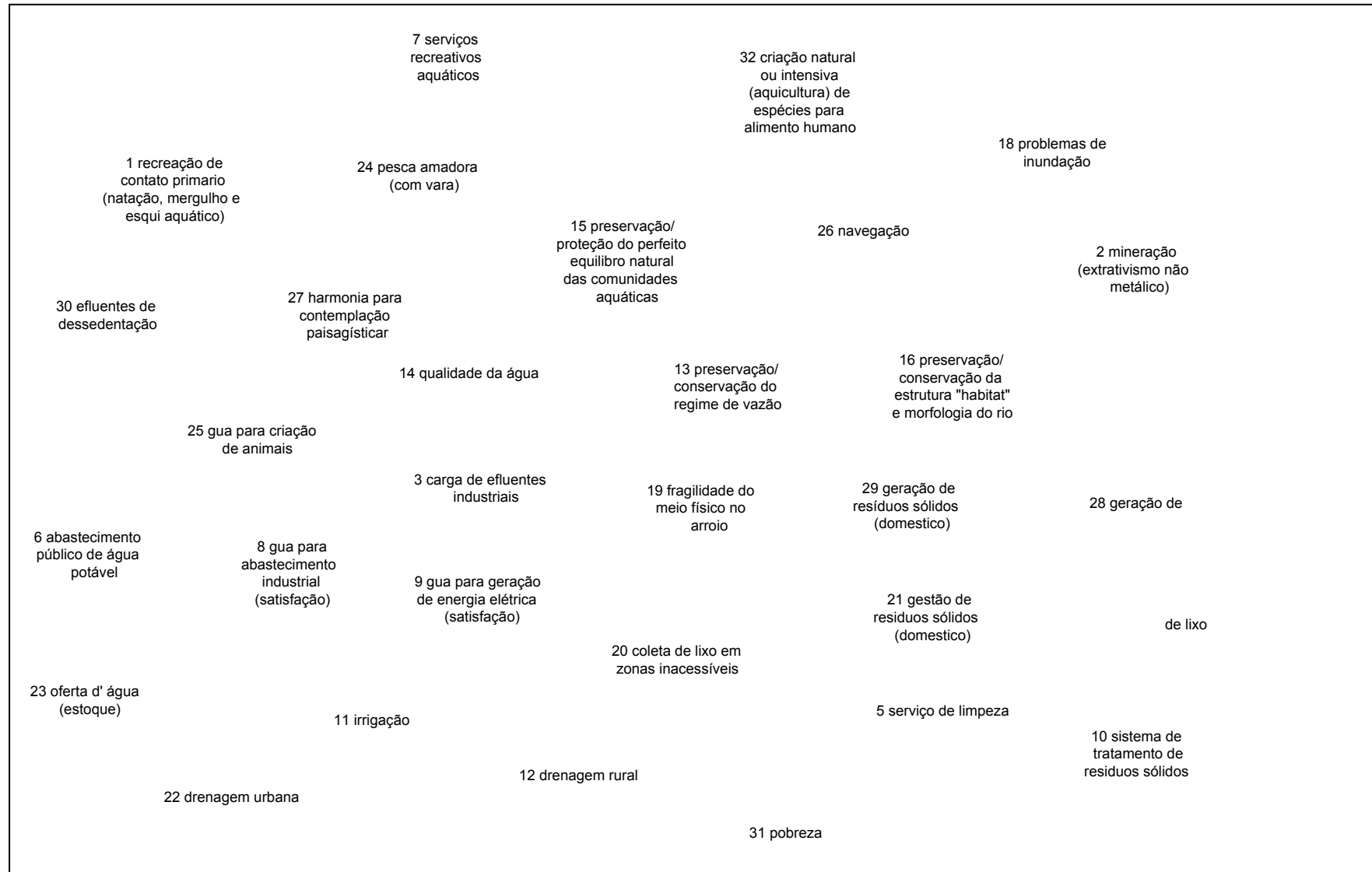
<b>1. Legislativos Municipais</b>	
<b>04 vagas Titulares:</b> Câmara Municipal de Dois Irmãos - Paulo César Quadri Câmara Municipal de Estância Velha - Luçia Trein Câmara Municipal de São Leopoldo - João Deodato Lunardi	<b>04 vagas Suplentes:</b> Câmara Municipal de Dois Irmãos - Veronez Antônio de A. Bueno Câmara Municipal de Estância Velha - Angela Marmitt Câmara Municipal de São Leopoldo - Iara Teresa Cardoso
<b>2. Instituições de Ensino Superior</b>	
<b>03 vagas Titulares:</b> UNISINOS - Cláudio Marques ULBRA - Adria Daniel LA SALLE - Paulo Roberto Fitz	<b>03 vagas Suplentes:</b> UNISINOS - Lauro Tischer ULBRA - Luis Augusto Stumpf Luz LA SALLE - Arno Carlos Lehnen
<b>3. Representação Comunitária</b>	
<b>03 vagas Suplentes:</b> Assoc. Com. SANTA TEREZINHA - Roberto Stroer Assoc. Com. Costa do Morro - Frederico G. Schneider CONSEPRO - João Carlos Maciel	<b>03 vagas Suplentes:</b> Assoc. Com. TRENURB - M <sup>a</sup> Bernadete de Oliveira Assoc. Com. PRIMOR - José Valmir G. dos Santos Assoc. Com. CDL - São Leopoldo - Maria Ana Marne
<b>4. Organizações Ambientalistas</b>	
<b>03 vagas Titulares:</b> Movimento Roessler - Arno Kayser UPAN - Inês Terezinha Berti Ass.Três Coroen. Prot. Amb. Natural - Luiz Carlos Ebert	<b>03 vagas Suplentes:</b> ASPAM - Ion Trindade ASPAM - Miriam Cardoso Colombo ASPAM - João Carlos Jardimi
<b>5. Associações Técnico-Científicas</b>	
<b>03 vagas Titulares:</b> Sindicato Prof. Canoas - Ione Bruhn Gutierres ABES/RS - Paulo Renato Paim Assoc. Eng. Arq. do Vale dos Sinos - Jorge A Albrecht Filho	<b>03 vagas Suplentes:</b> ABAS/Núcleo Sul - Ricardo Stilaliere Sind. QUÍMICOS RS - Geraldo Portanova Sind. BIÓLOGOS RS - Ana Elizabeth Q. Carara



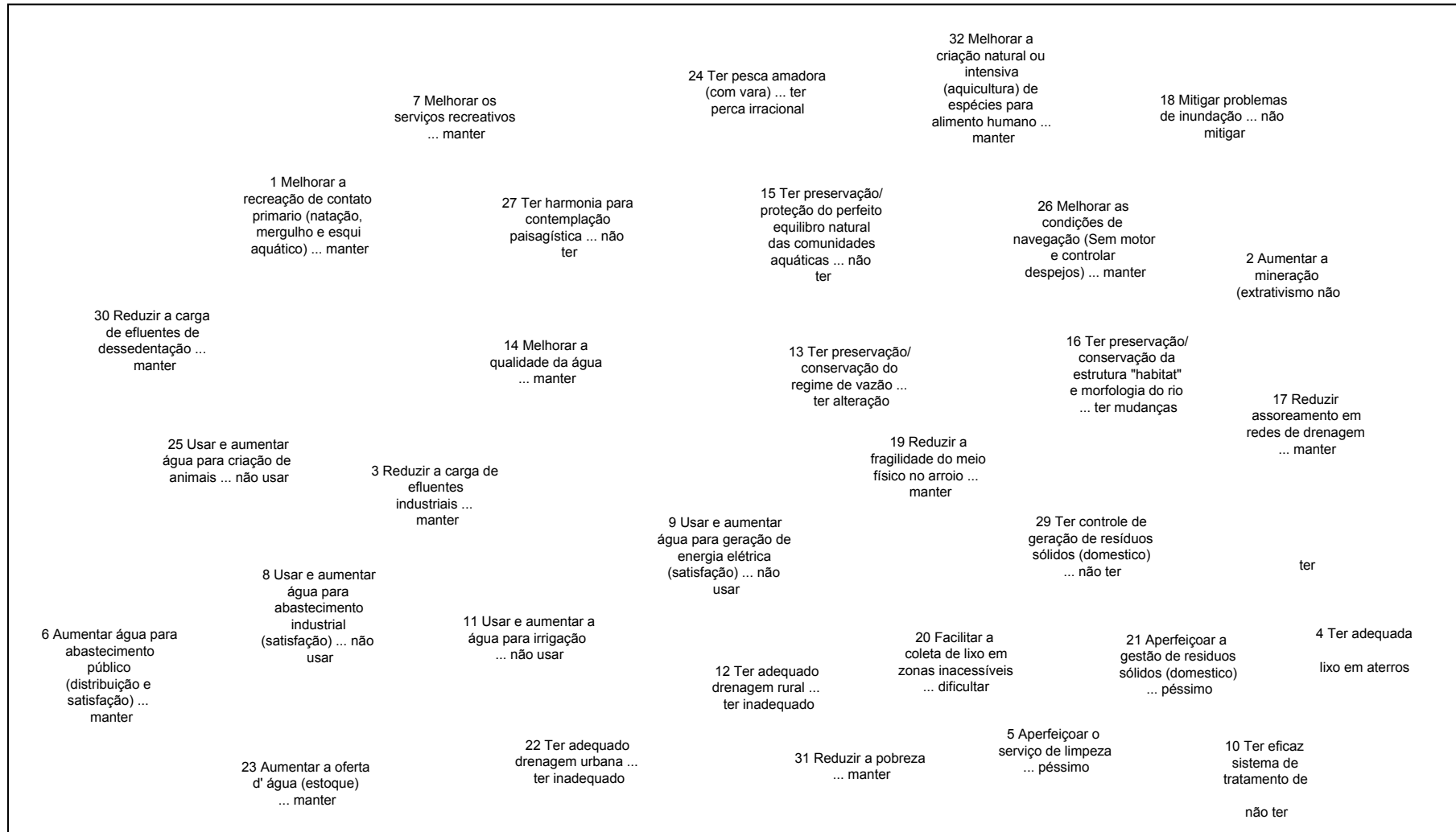
**Quadro A3.3 Composição do Comitê da Bacia do Rio dos Sinos: Grupo de representantes do governo do Estado**

<p><b>1. Representantes Titulares:</b>          Secretaria das Obras Públicas - Carlos A Oliveira da Silva          Secretaria da Agricultura - José Gallego Tronchoni          Secretaria do Meio Ambiente - Luciano Moura          Secretaria da Educação - Não indicado          Secretaria Coordenação e Planejam.- Não indicado          Secretaria da Saúde - Não indicado          Secretaria do Turismo - Não indicado</p>	<p><b>2. Representantes Suplentes:</b>          Secretaria das Obras Públicas - Gilberto dos Santos Cunha          Secretaria da Agricultura - Elio Marcolin          Secretaria do Meio Ambiente - Não indicado          Secretaria da Educação - Não indicado          Secretaria Coordenação e Planejam. - Não indicado          Secretaria da Saúde - Não indicado          Secretaria do Turismo - Não indicado</p>
<p><b>Outras Entidades:</b></p>	
<p>Representante da FEPAM - Ilse Rosito Dicke          Metroplan - Julio Cesar Volpi          Jornalista – Adroaldo</p>	

**Anexo A4 Mapas cognitivos**



**Figura A4.1 Ilustração da construção do mapa cognitivo: Elementos Primários de Avaliação (EPAs)**



**Figura A4.2 Ilustração da construção do mapa cognitivo: conceitos a partir dos EPAs**

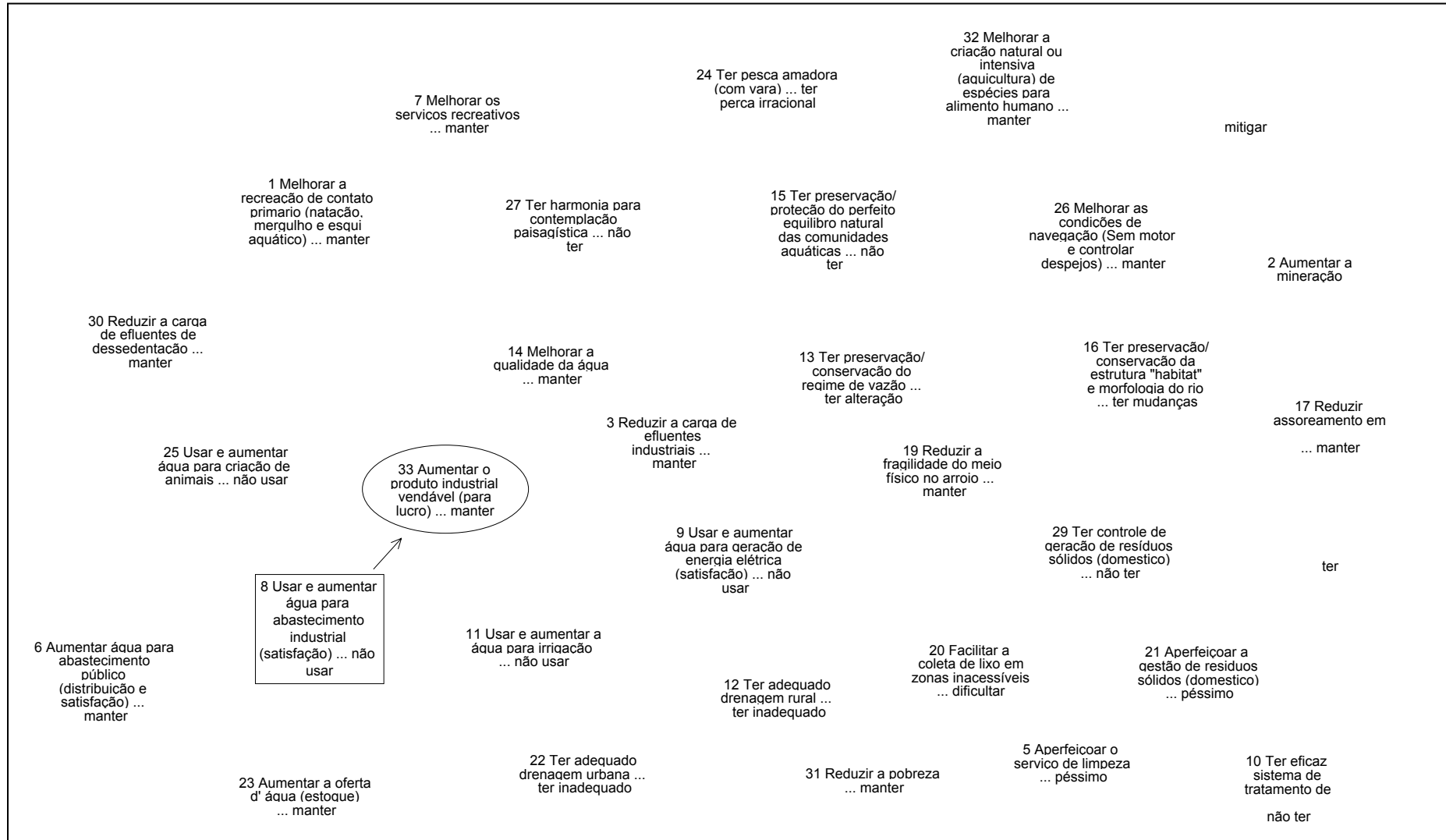
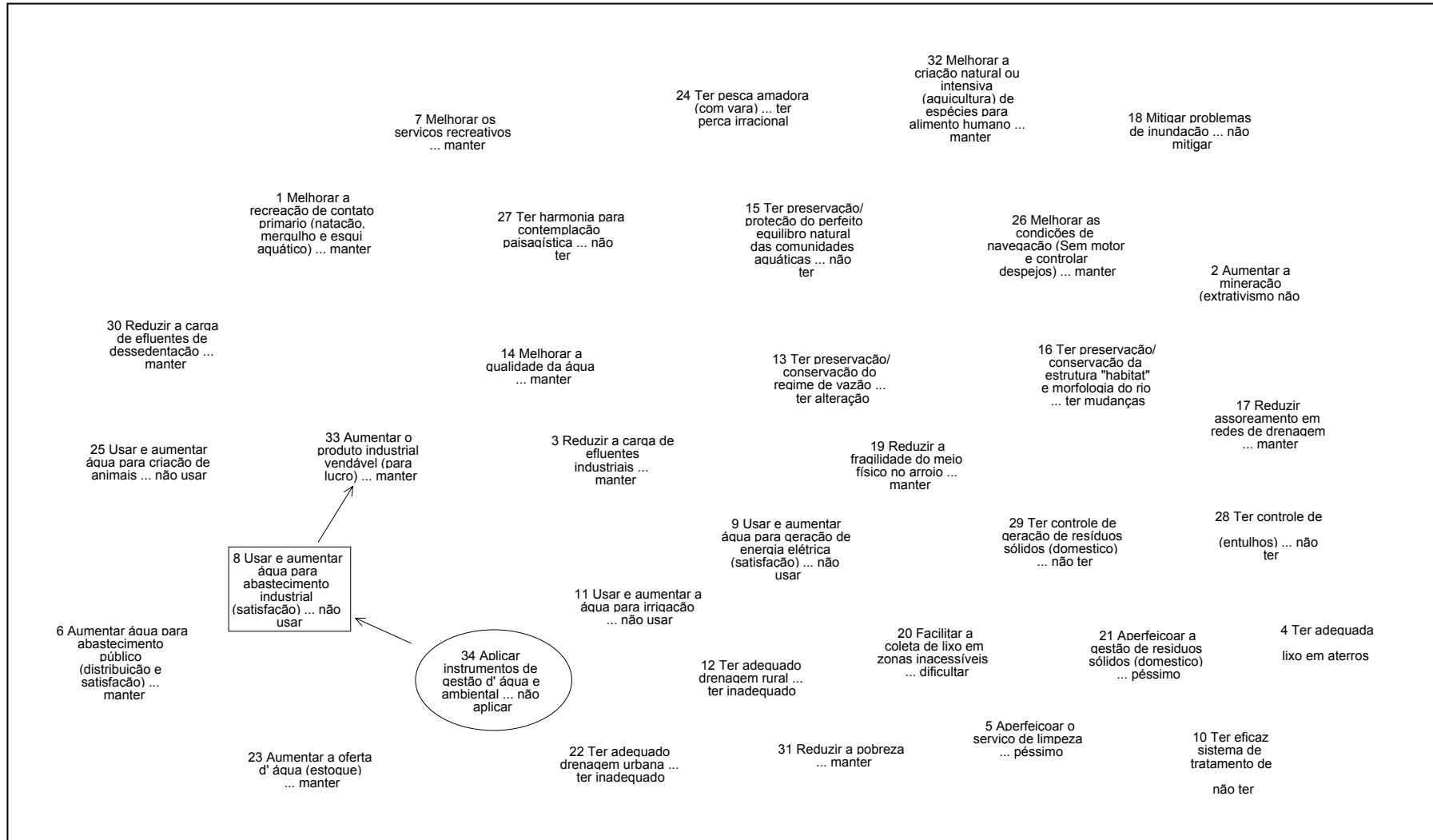
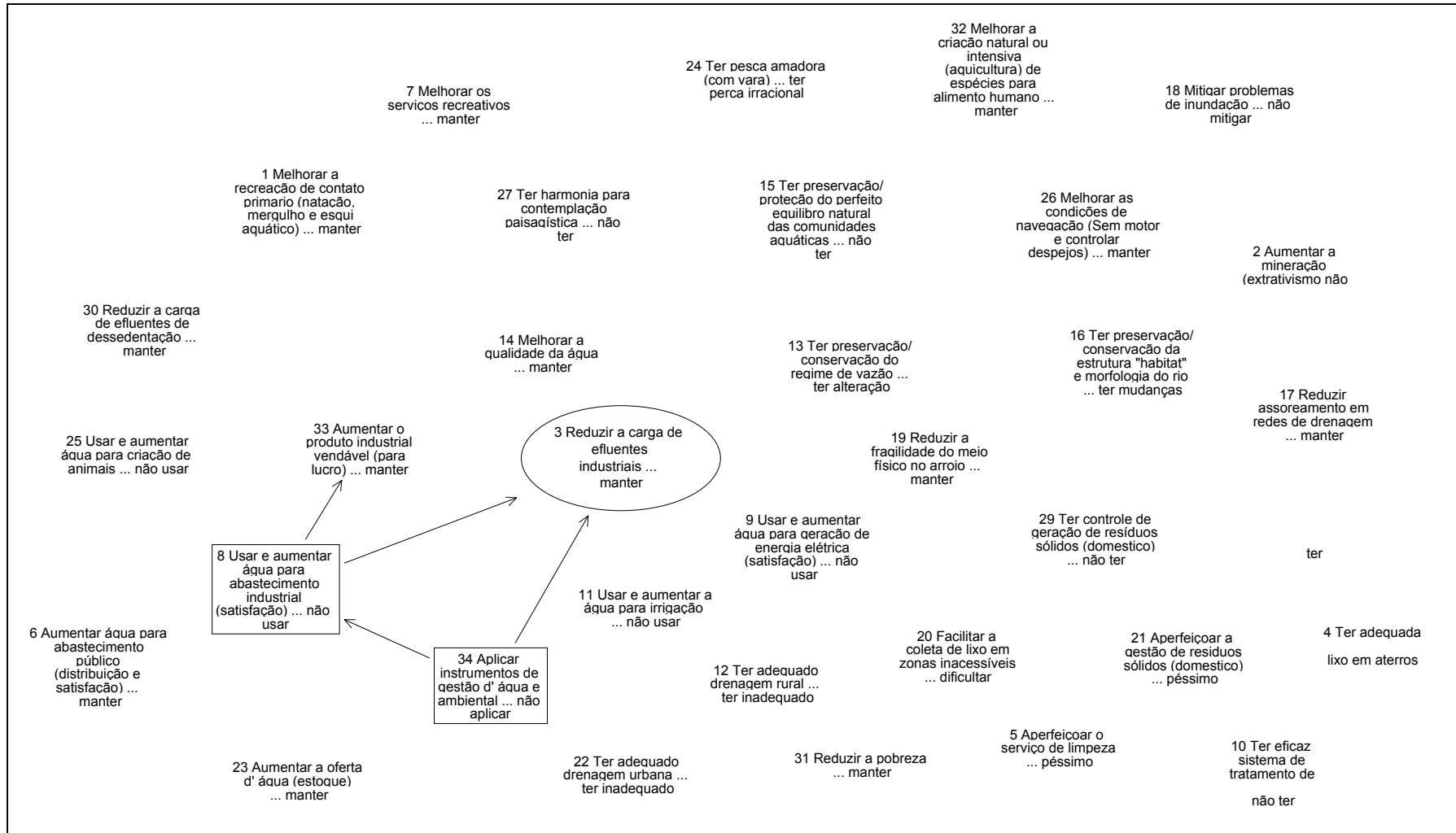


Figura A4.3 Ilustração da construção do mapa cognitivo: construindo o conceito C33, no sentido dos fins/valores



**Figura A4.4 Ilustração da construção do mapa cognitivo: construindo o conceito C34, no sentido dos meios/ações**



**Figura A4.5 Ilustração da construção do mapa cognitivo: relação entre conceitos C8 e C3, no sentido dos meios/ações e entre conceitos C3 e C34, no sentido dos fins/valores**

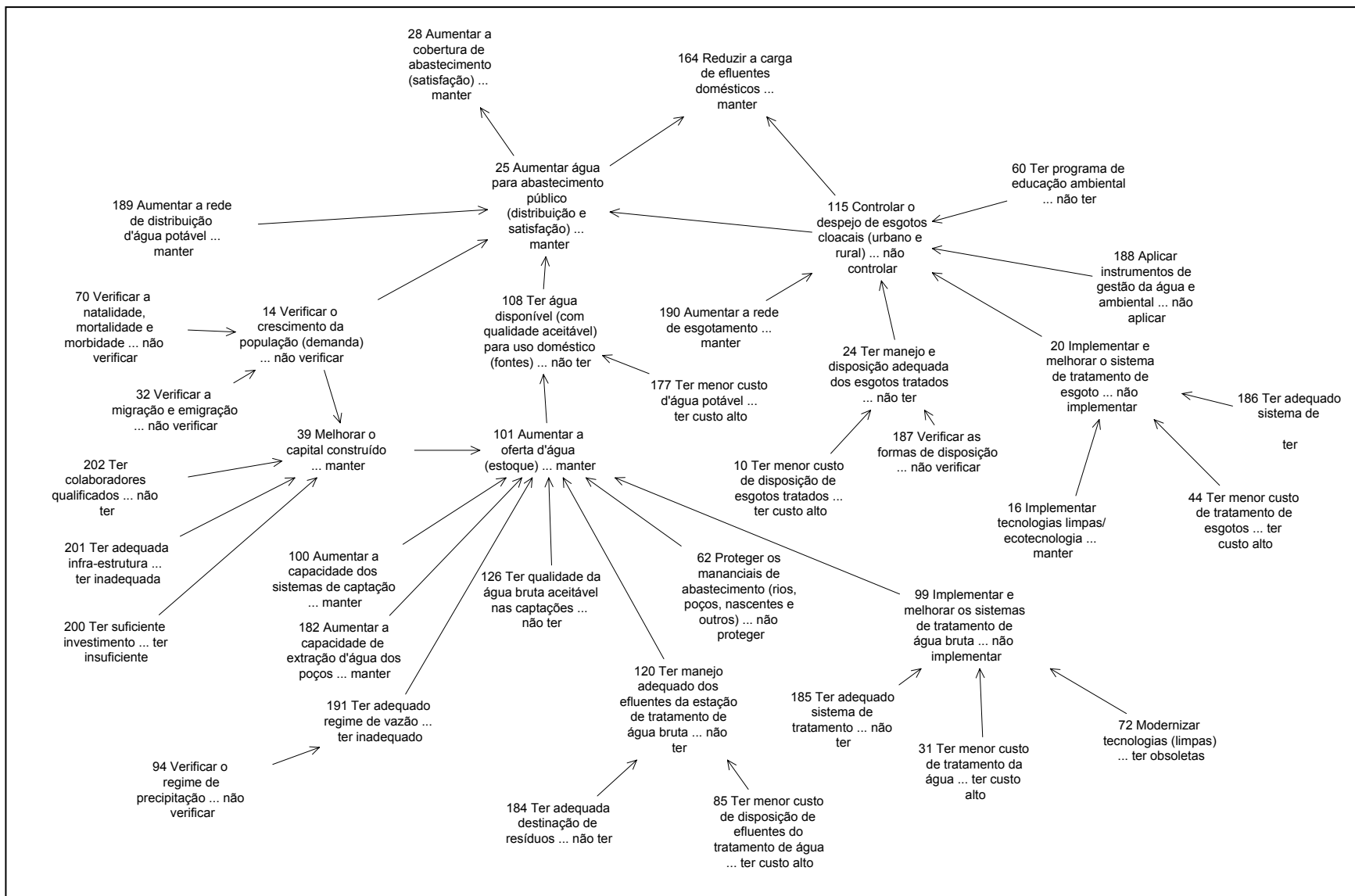


Figura A4.6 Mapa cognitivo do objetivo privado: *Cluster 1 - Abastecimento público d' água potável e esgotamento sanitário*



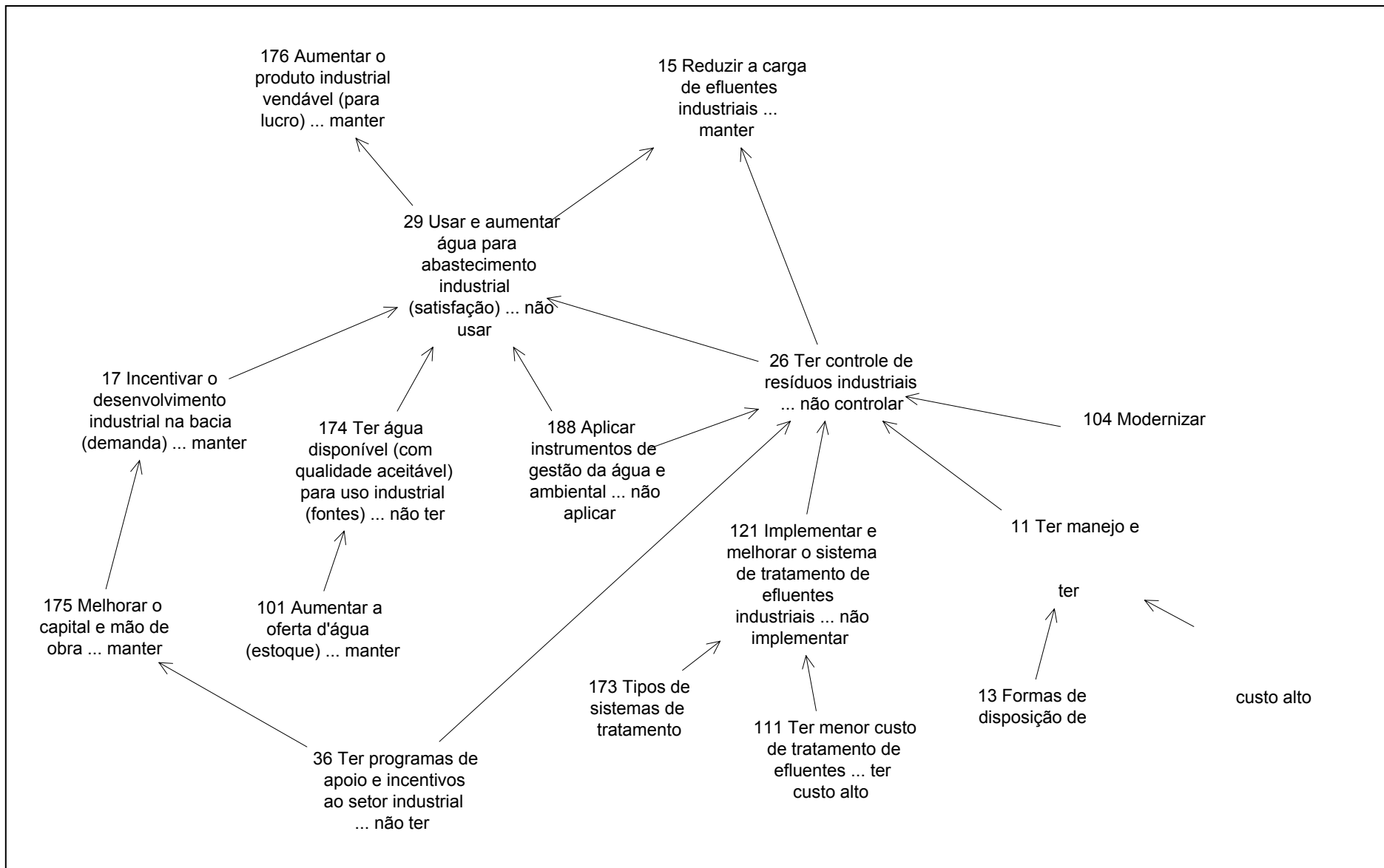


Figura A4.7 Mapa cognitivo do objetivo privado: **Cluster 2 - Abastecimento d' água para uso industrial e controle de efluentes**

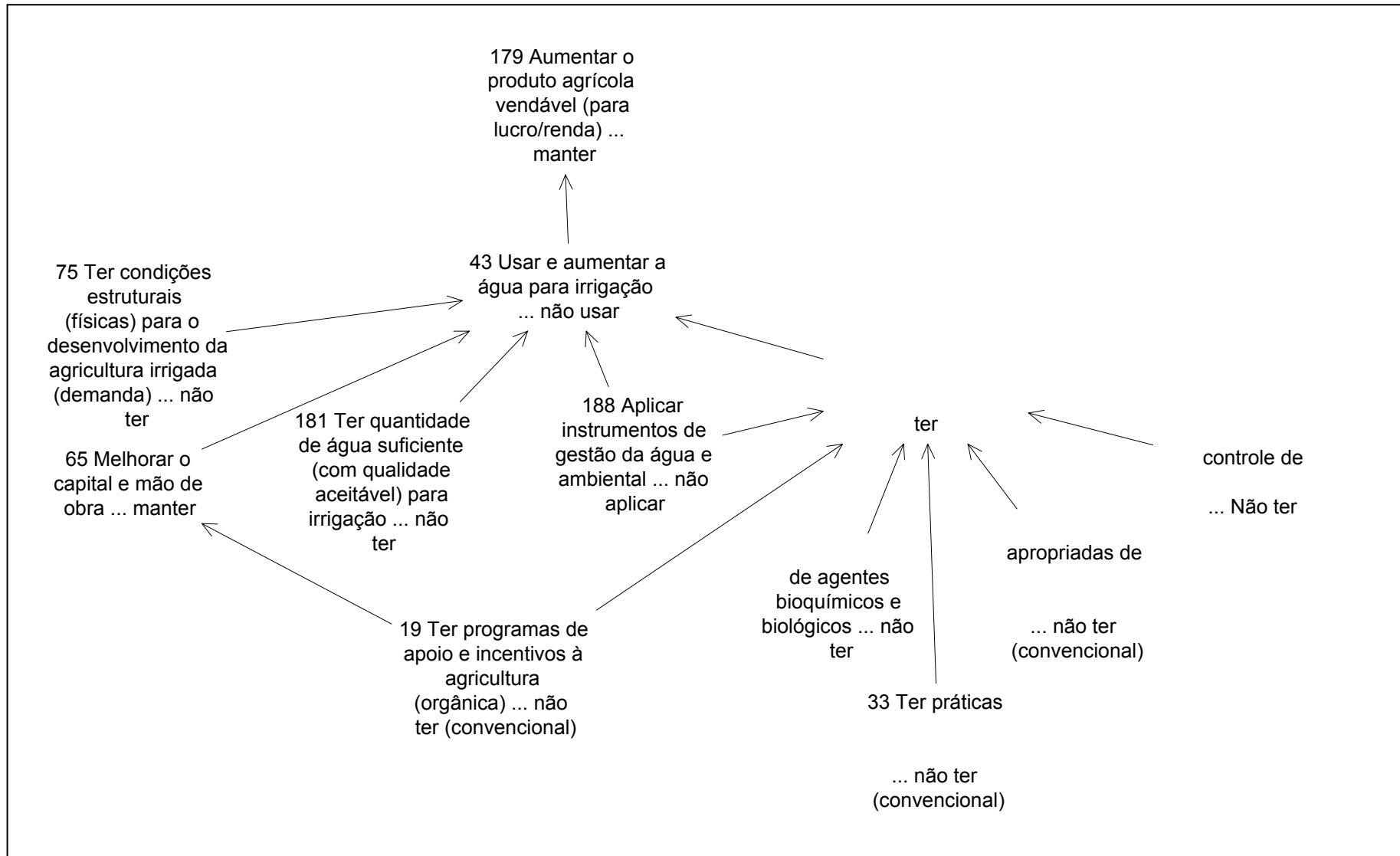
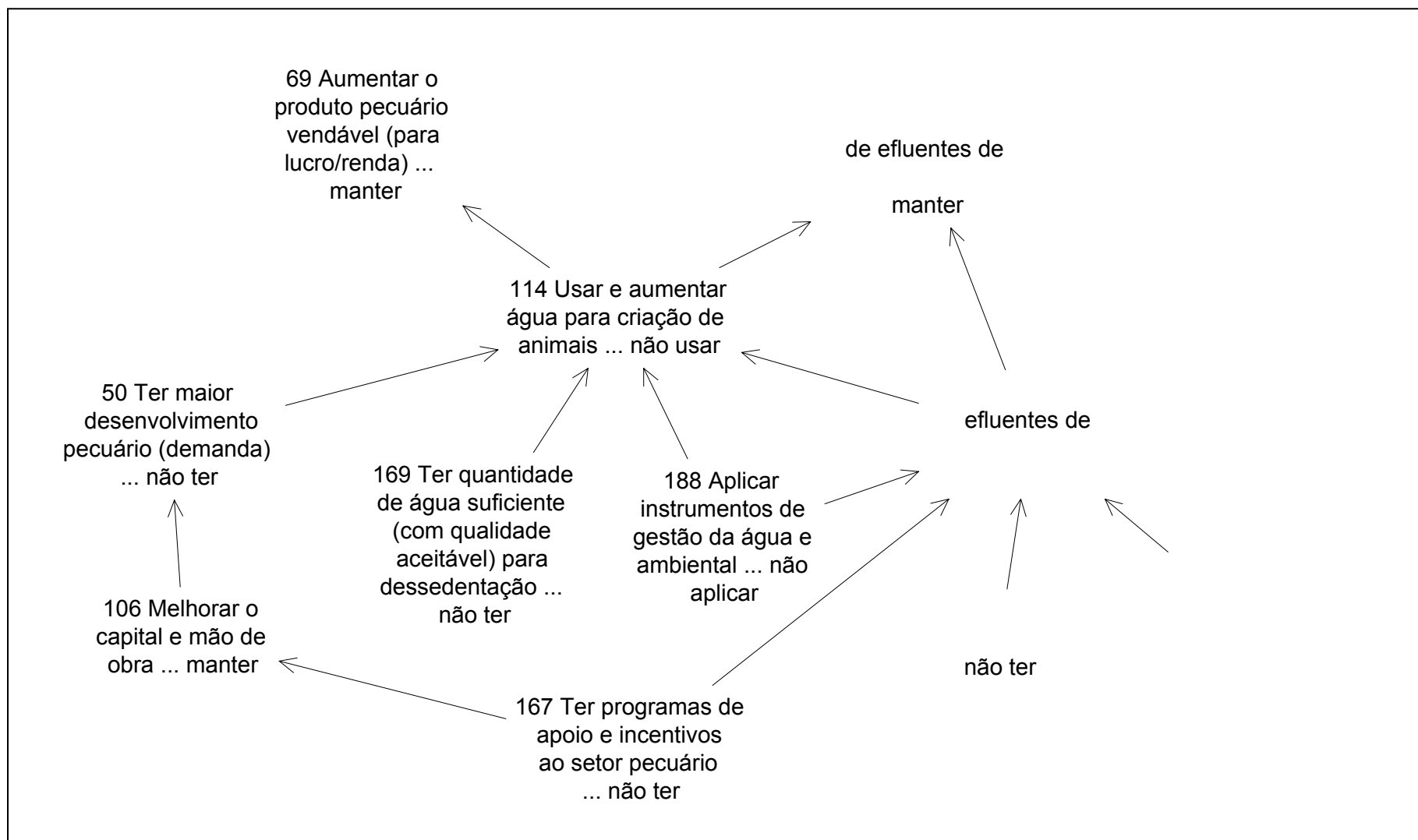
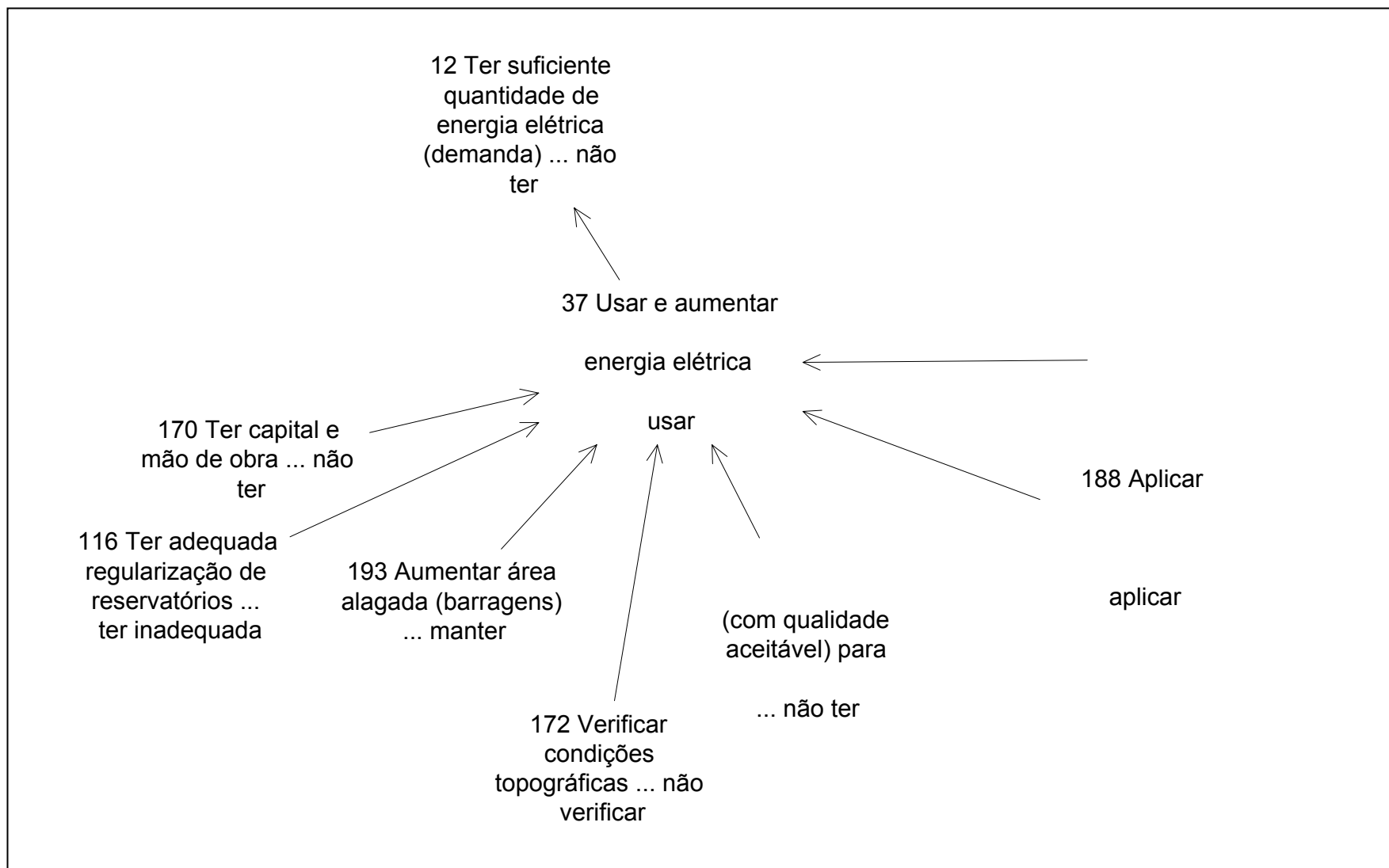


Figura A4.8 Mapa cognitivo do objetivo privado: *Cluster 3 - Uso d' água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos*



**Figura A4.9** Mapa cognitivo do objetivo privado: *Cluster 4 - Uso d' água para criação de animais*



**Figura A4.10 Mapa cognitivo do objetivo privado: Cluster 5 Uso d' água para geração de energia elétrica**

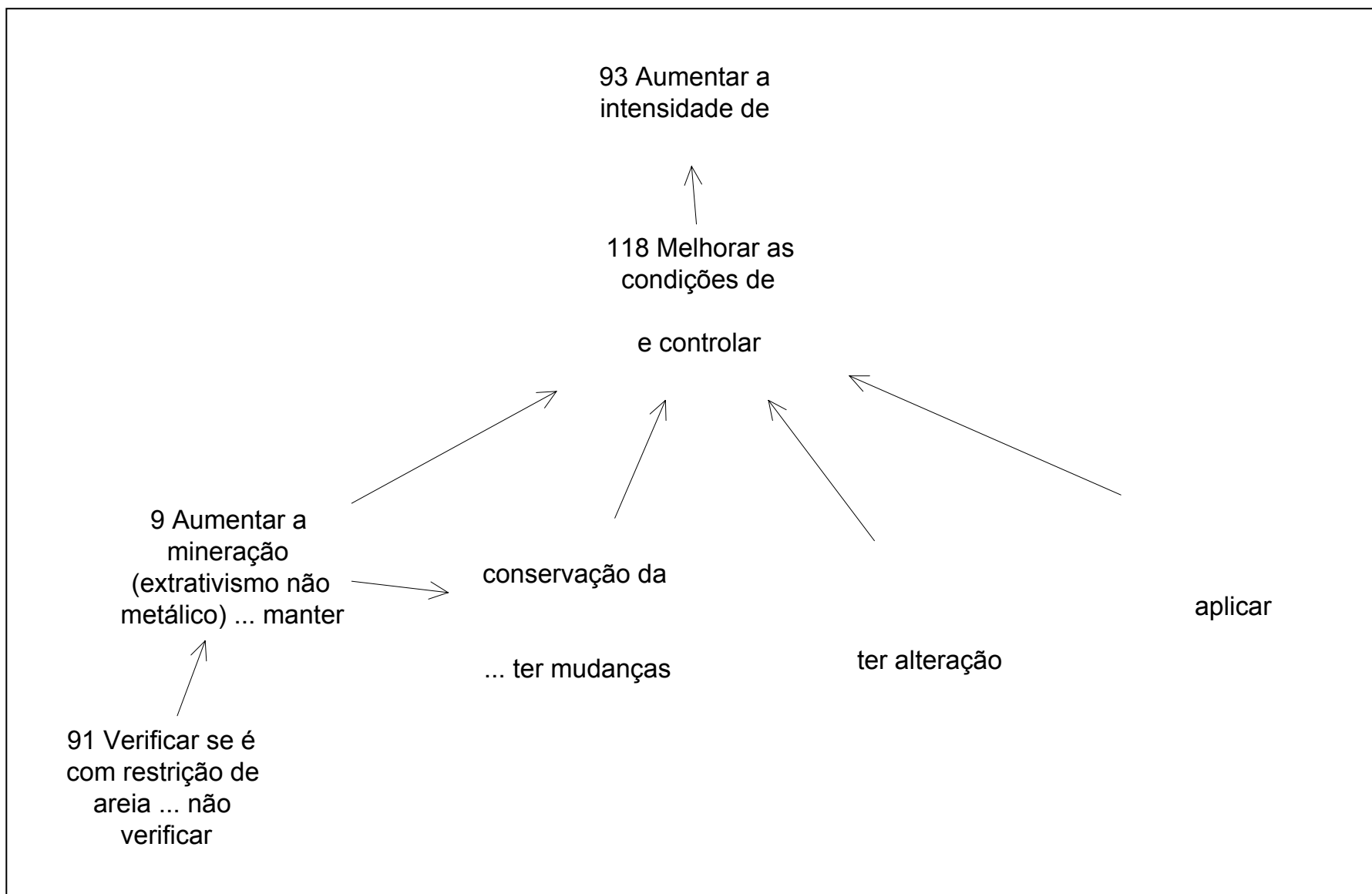
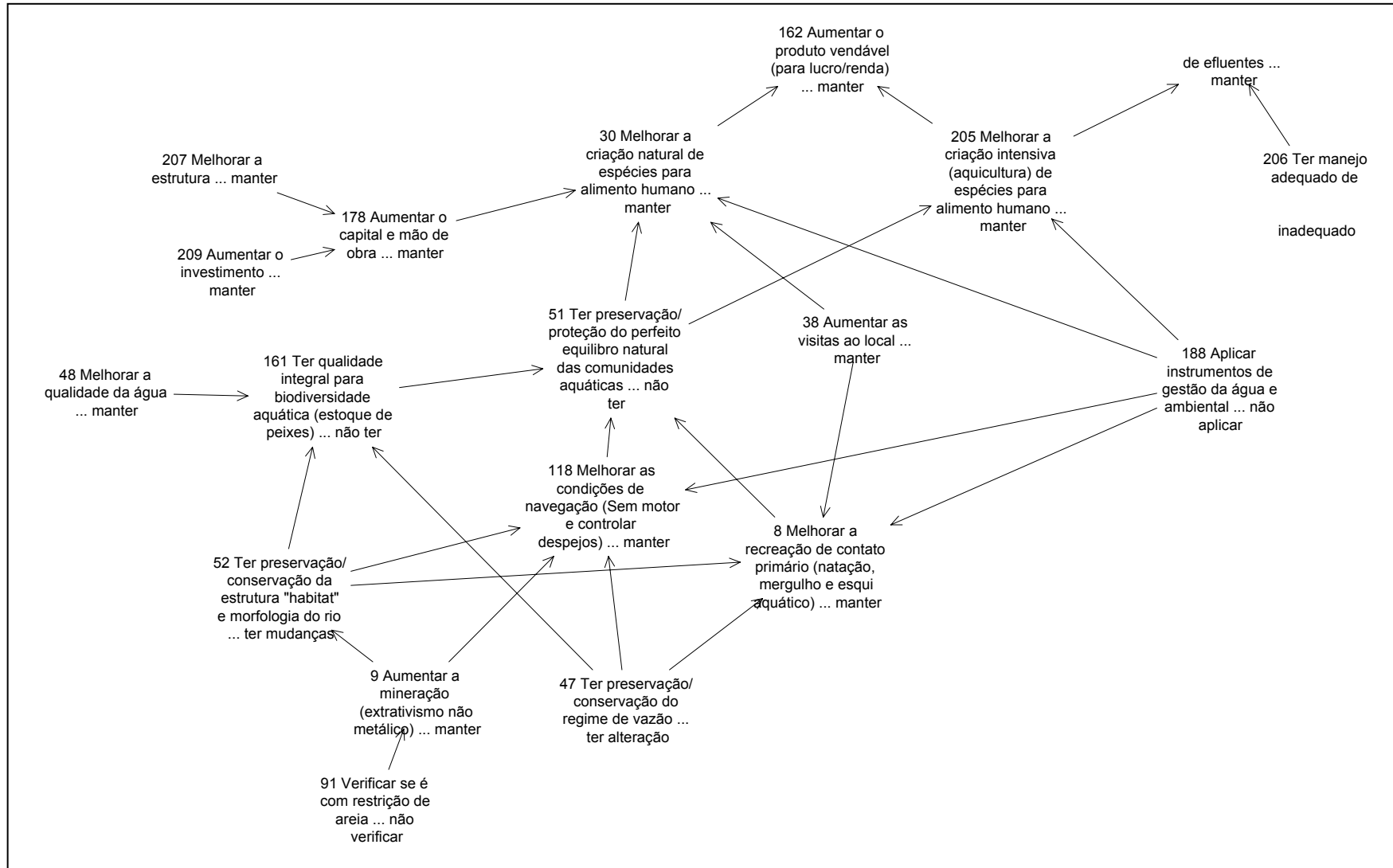


Figura A4.11 Mapa cognitivo do objetivo privado: *Cluster 6 - Navegação*



**Figura A4.12 Mapa cognitivo do objetivo privado: Cluster 7 - Uso d' água para criação natural e/ou intensiva de espécies aquáticas para alimento humano**

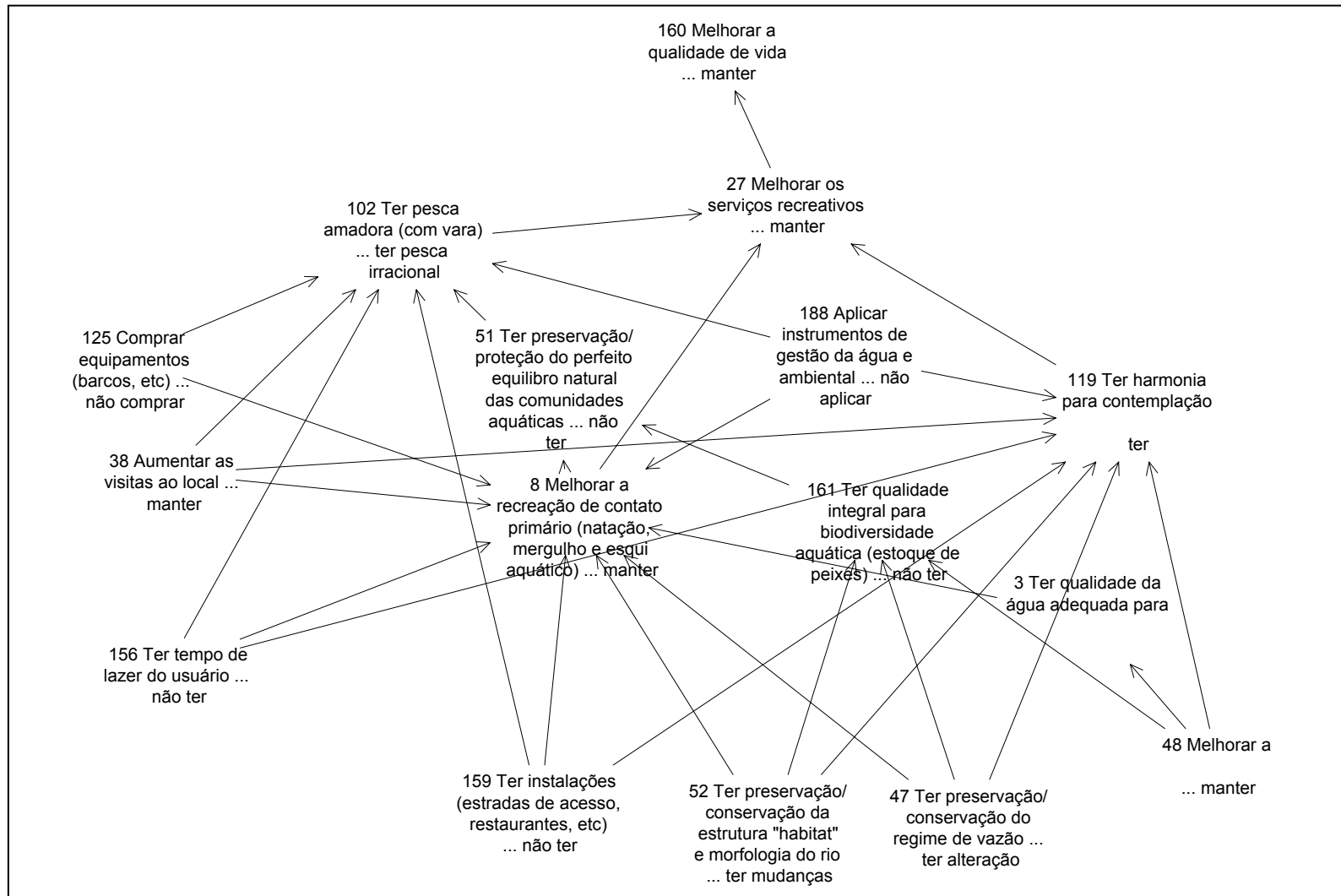


Figura A4.13 Mapa cognitivo do objetivo privado: **Cluster 8 - Turismo e lazer aquático: pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística**

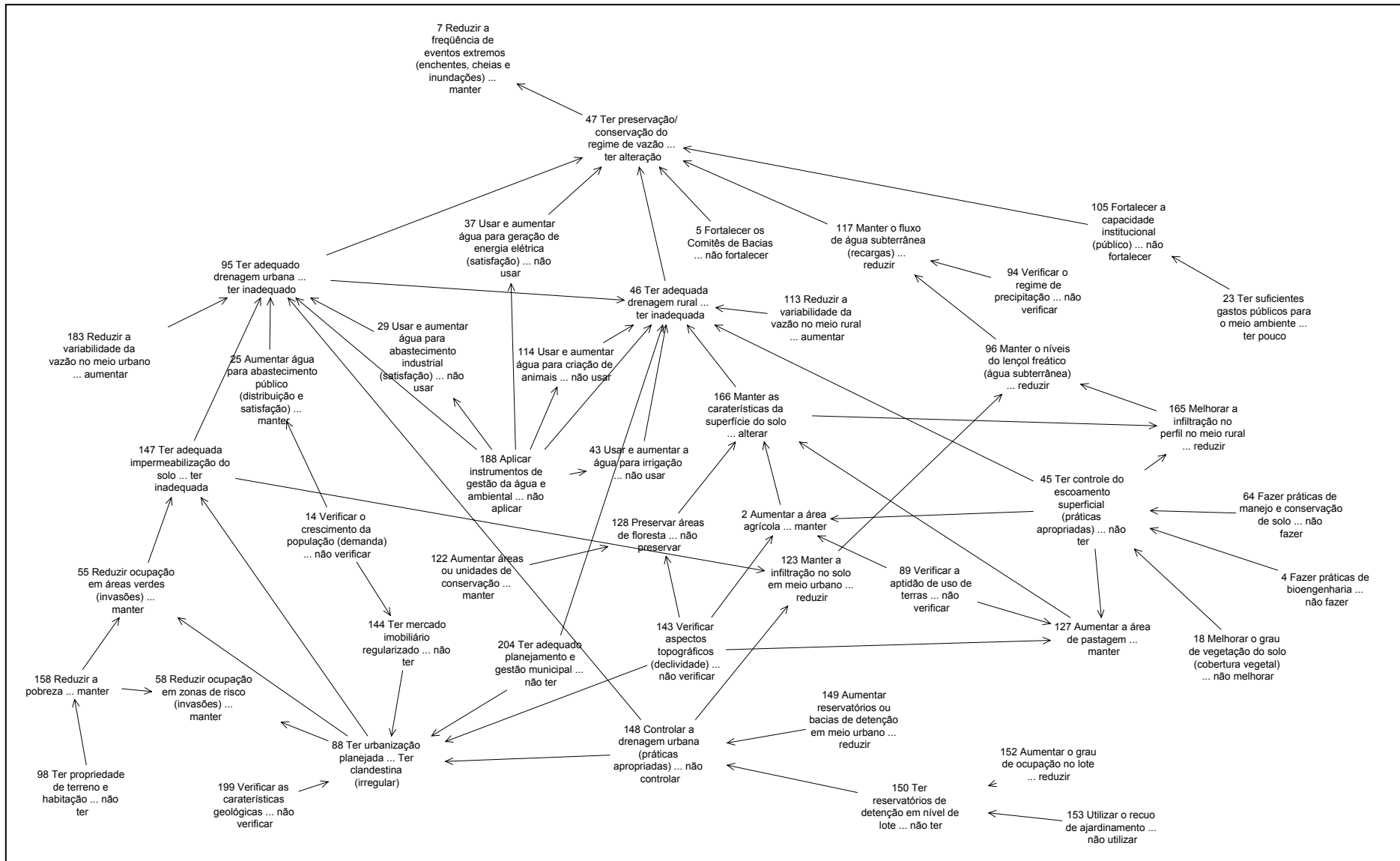


Figura A4.14 Mapa cognitivo do objetivo privado: Cluster 9 - Regime hidrológico do rio



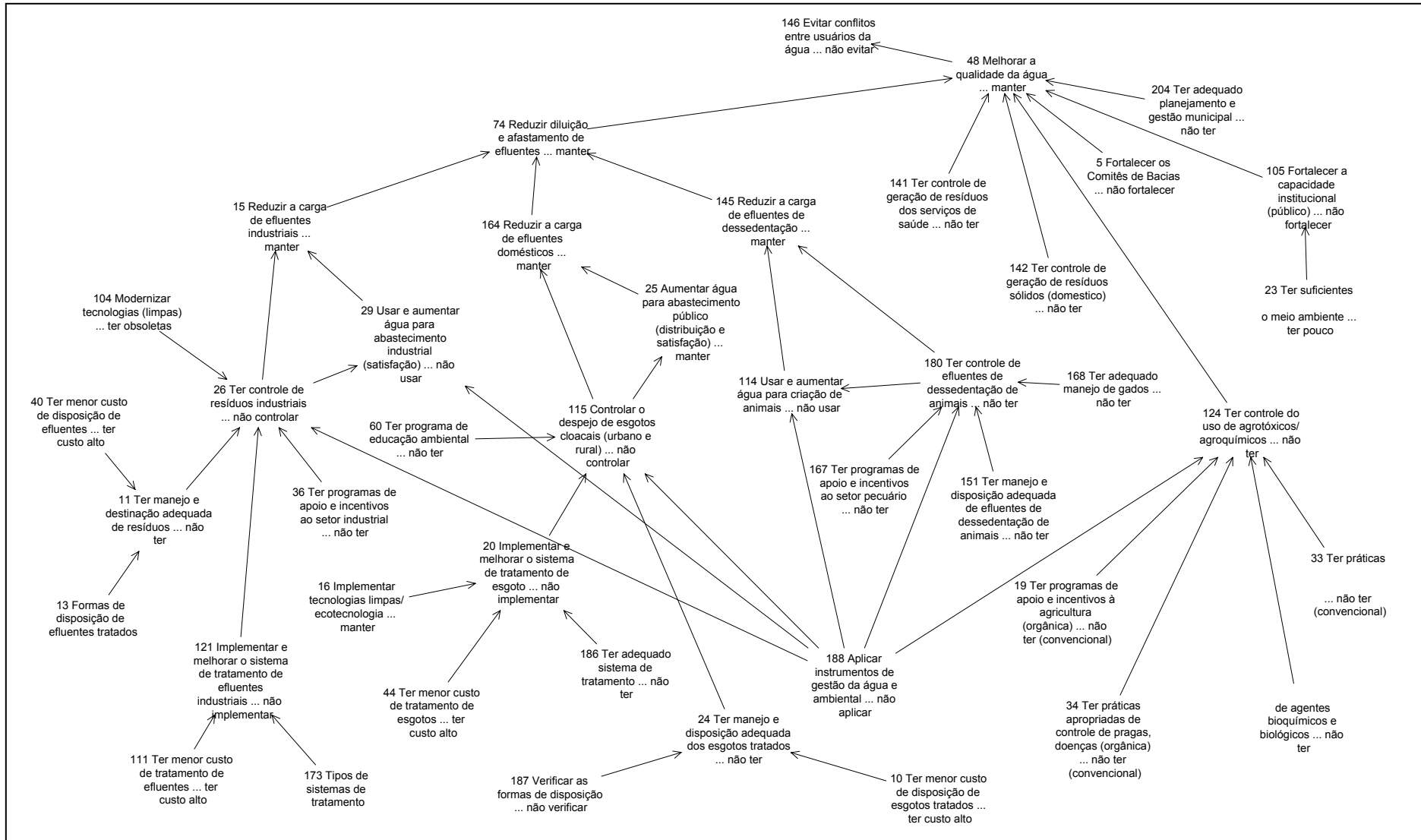


Figura A4.15 Mapa cognitivo do interesse público: Cluster 10 - Qualidade da água do rio

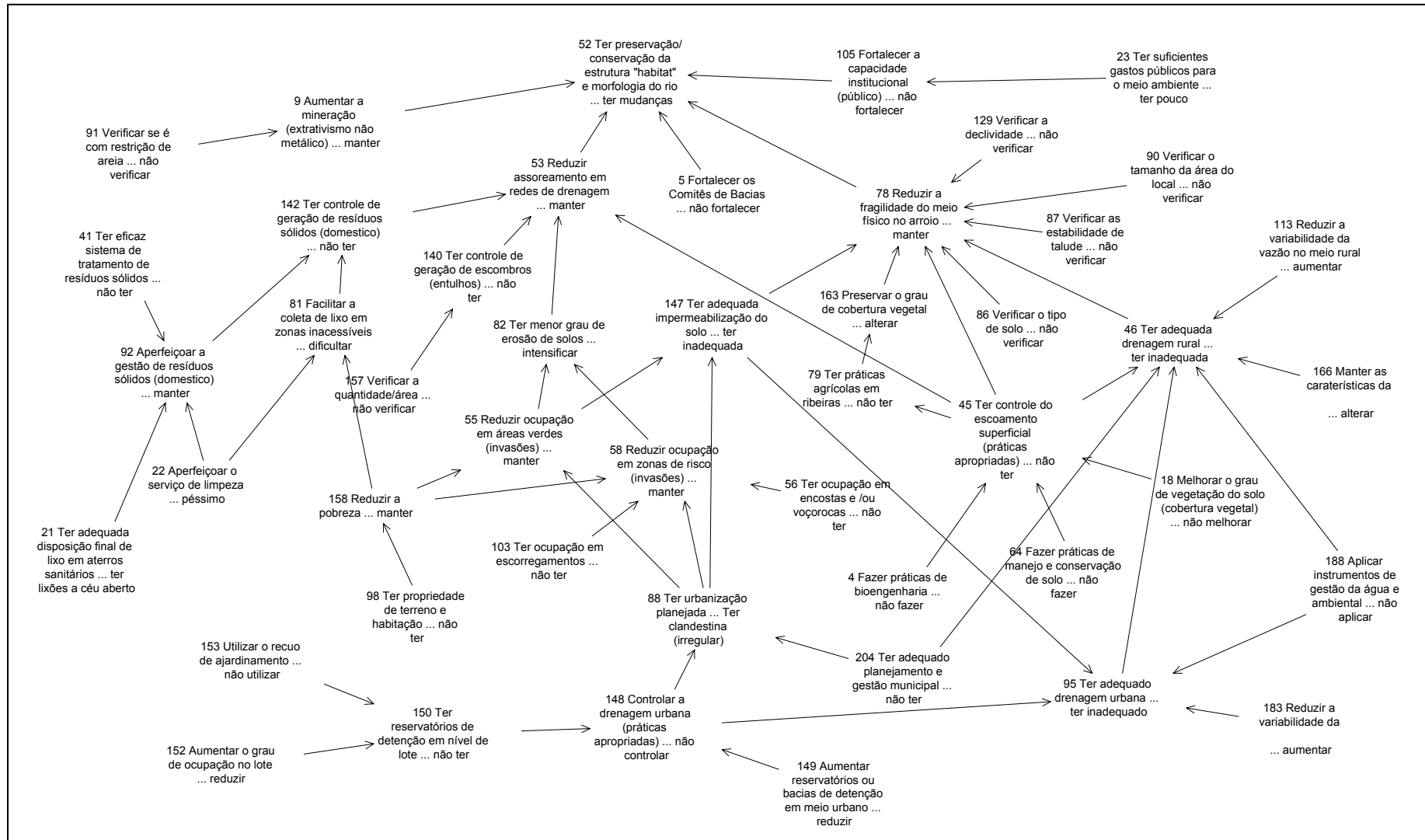


Figura A4.16 Mapa cognitivo do interesse público: Cluster 11 - Estrutura "habitat" e morfologia do rio

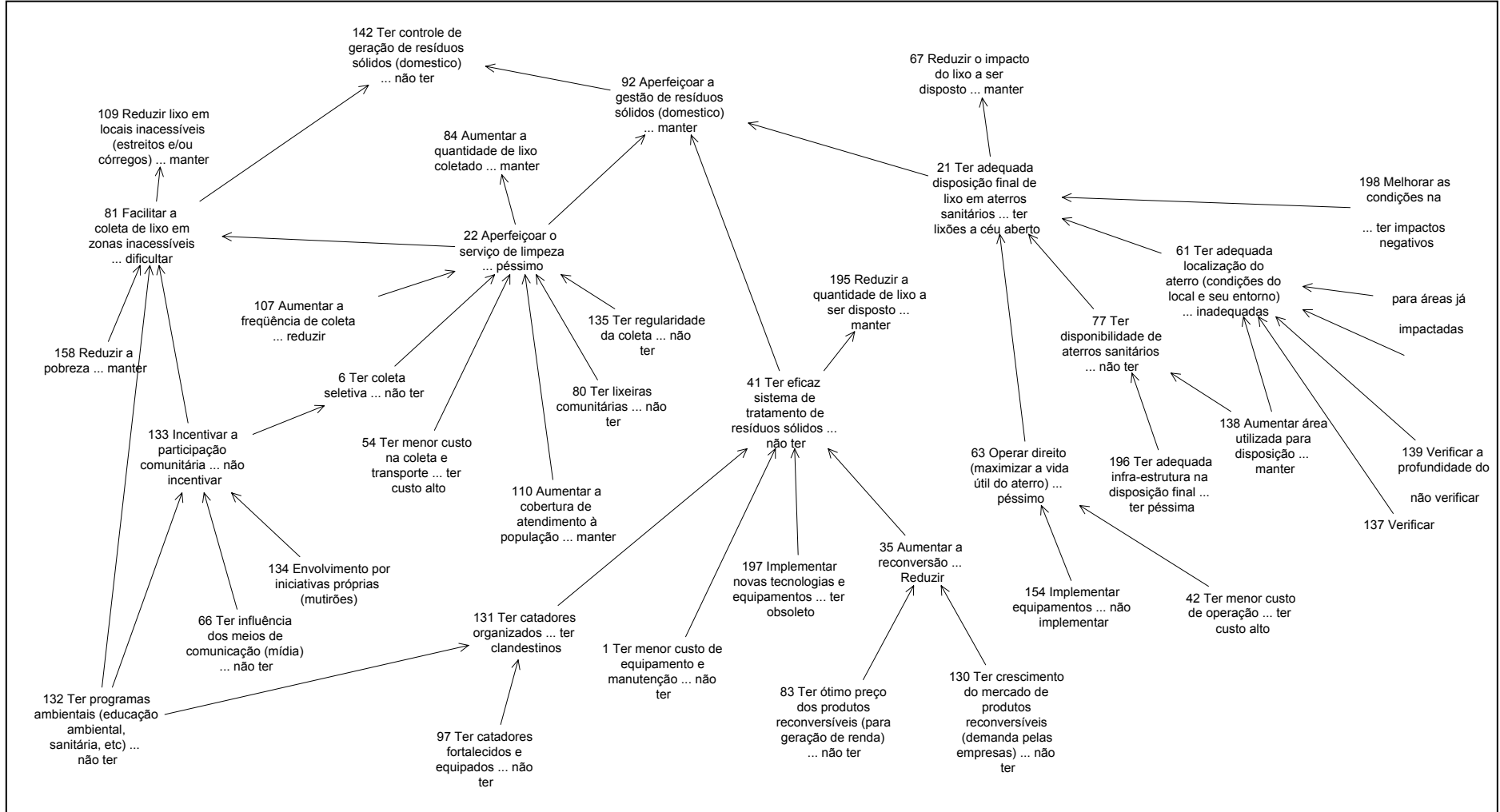
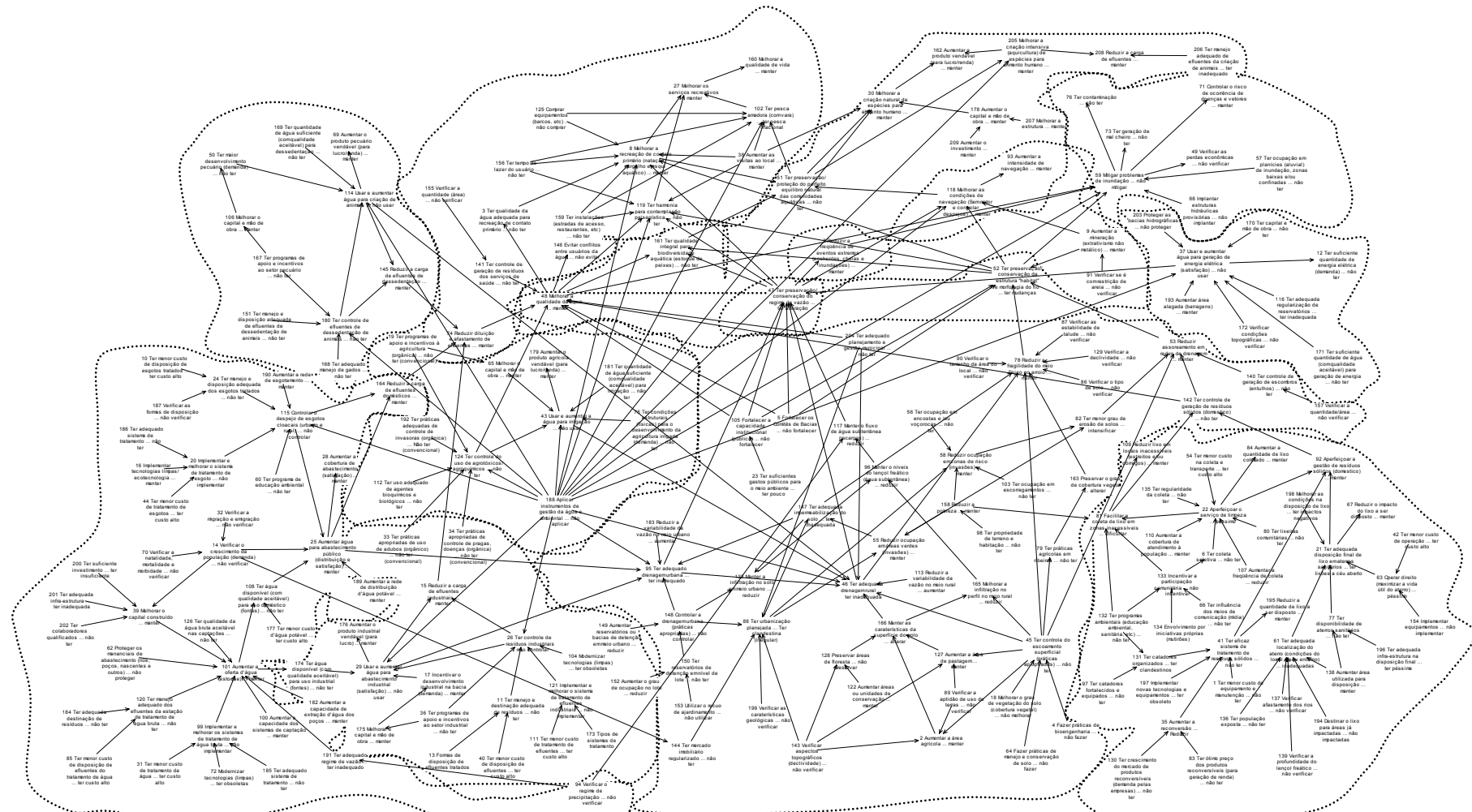


Figura A4.17 Mapa cognitivo do interesse público: Cluster 12 - Aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares

Figura A4.18 Mapa cognitivo congregado

Avaliação da sustentabilidade dos recursos hídricos:  
proposta de um sistema de indicadores de



**Anexo A5 Descriptores**

### Cluster 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário

**Função de produção:** Produção do serviço d'água potável e esgotamento sanitário

**PVF1 – Taxa de crescimento da população** - Avalia o ritmo de crescimento anual populacional, em percentual. Calcula-se através da expressão apresentada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002):

$$i = \sqrt{\frac{p(t+n)}{P(t)}} - 1 \quad (\text{Eq. 1})$$

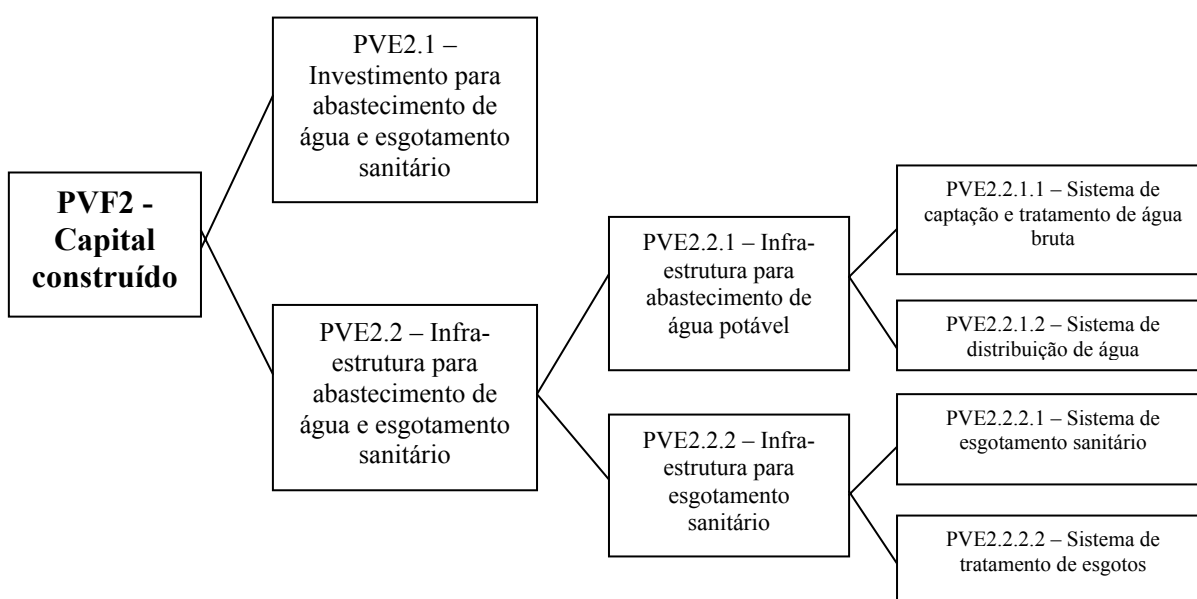
Onde,  $P(t+n)$  e  $P(t)$  são as populações correspondentes a duas datas sucessivas ( $n$  e  $n+t$ ), e  $n$  é o intervalo de tempo entre essas datas, em ano.

A descrição dos níveis de impacto são apresentados no Quadro A5.1 a seguir:

**Quadro A5.1 Descritor do PVE1 – Taxa de crescimento da população**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5	$0,4 \leq i$
N4 (Bom)	0,3
N3 (Neutro)	0,2
N2	0,1
N1	$i \leq 0,05$

**PVF2 - Capital construído** - Avalia o potencial do serviço de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, em termos de capital construído, visando garantir e satisfazer as necessidades de água à população. A Figura A5.1 mostra que este PVF é operacionalizado por 8 PVEs compostos e 14 PVEs de base.



**Figura A5.1 Árvore de PVEs do PVF2 – Capital construído**

**PVE2.1 - Investimento para abastecimento de água e esgotamento sanitário** - Avalia o ritmo de crescimento do investimento para melhorar a operação do sistema de abastecimento de água potável e do sistema de esgotamento sanitário, em relação ao crescimento da população. É determinada através da relação:

$$C = \frac{Iae}{i} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde, **Iae** é a taxa de investimento para o sistema de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário e **i** é a taxa de crescimento da população.

**A Taxa de investimento para o sistema de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, Iae**, expressa o ritmo de crescimento anual do investimento, em percentual. Calcula-se adotando a Equação 1 para investimento anual.

**A Taxa de crescimento da população, i**, expressa o ritmo de crescimento anual populacional, em percentual. Calcula-se através da Equação 1.

Para este PVE, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.2 a seguir:

**Quadro A5.2 Descritor do PVE2.1 – Investimento para abastecimento de água e esgotamento sanitário**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N3 (Bom)	$C \geq 1$	Investimento <u>adequado</u>
N2 (Neutro)	$0,5 < C < 1$	Investimento <u>aceitável</u>
N1	$C \leq 0,5$	Investimento <u>deficiente</u>

**PVE2.2 - Infra-estrutura para abastecimento de água e esgotamento sanitário** - Avalia a disponibilidade de infra-estrutura para abastecimento de água potável e esgotamento sanitário. Este PVE é descrito a partir de dois PVEs:

**PVE2.2.1 - Infra-estrutura para abastecimento de água potável** - Avalia a disponibilidade de infra-estrutura para abastecimento de água potável. É composto pelos seguintes PVEs:

**PVE2.2.1.1 - Sistema de captação e tratamento de água bruta** - Avalia a existência de sistema de captação e tratamento de água bruta. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.3.

**Quadro A5.3 Descritores do PVE2.2.1.1 - Sistema de captação e tratamento de água bruta**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Existem sistemas de captação e tratamento de água bruta no local
N2 (Neutro)	Existem poços artesianos para abastecimento de água potável no local
N1	Não existe sistema de captação e tratamento de água bruta nem poços artesianos para abastecimento de água potável, no local

**PVE2.2.1.2 - Sistema de distribuição de água** - Avalia a existência de derivações em relação ao comprimento da rede de distribuição. É descrito pela relação:

$$SDA = \frac{Nc}{Crd} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde, Nc é o número de conexões e Crd é comprimento da rede de distribuição de água potável, em m.

Os níveis de impacto, para este PVE, podem ser construídos de acordo com a regulamentação sobre loteamento urbano. No Quadro A5.4 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.4 Descritores do PVE2.2.1.2 - Sistema de distribuição de água**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N3 (Bom)	$0,05 \leq C \leq 0,1$	Densidade de conexões <u>adequada</u>
N2 (Neutro)	$0,01 \leq C < 0,04$	Densidade de conexões <u>aceitável</u>
N1	$C > 0,1$ e $C < 0,01$	Densidade de conexões <u>péssima</u>

**PVE2.2.2 – Infra-estrutura de esgotamento sanitário** - Avalia a existência de infra-estrutura para o esgotamento sanitário. É composto pelos seguintes PVEs:

**PVE2.2.2.1 - Sistema de esgotamento sanitário** - Avalia a existência da densidade de conexões com relação ao comprimento da rede de esgotamento. É determinado pela relação:

$$SES = \frac{Nce}{Cre} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde, Nce é o número de conexões para esgotamento e Cre é comprimento da rede de esgotamento sanitário. Construí-se os níveis de impacto adotando os mesmos critérios utilizados no PVE2.2.1.2 - Sistema de distribuição de água do presente *Cluster*. Assim, para este PVE, o Quadro A5.4 mostra os níveis de impacto.

**PVE2.2.2.2 - Sistema de tratamento de esgotos cloacais** - Avalia a disponibilidade do sistema de tratamento de esgotos cloacais. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.5.



**Quadro A5.5 Descritores do PVE2.2.2.2 - Sistema de tratamento de esgotos cloacais**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Existe no local sistema de tratamento de esgotos <u>eficiente</u>
N2 (Neutro)	Existe no local sistema de tratamento de esgotos <u>ineficiente</u>
N1	Não existe sistema de tratamento de esgotos

**PVF3 – Capacidade dos sistemas de captação d'água superficial** - Avalia o grau de tempo permanência da retirada de água acima do nível crítico ou necessário para a subsistência da população. É determinado através da frequência acumulada do volume de consumo. O mesmo é calculado pela expressão:

$$I_{pre} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{p} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde,  $V_i$  é o volume d'água retirado pelo sistema de captação  $i$ , em  $m^3$ ,  $P$  é o número de famílias atendidas no município e  $n$  é o número de sistemas de captação.

O nível crítico de consumo é fixado pela negociação no âmbito do comitê de bacias e com apoio dos especialistas. Pereira (2002), para simulações de cobrança pelo uso da água na bacia dos Sinos, adotou-se um valor de consumo médio para uma família de 4 a 5 membros de 200l/dia (600 l/mês). Este valor de referência pode representar o nível crítico de consumo.

A descrição dos estados apresenta-se no Quadro A5.6.

**Quadro A5.6 Descritores do PVF3 – Capacidade dos sistemas de captação d'água superficial**

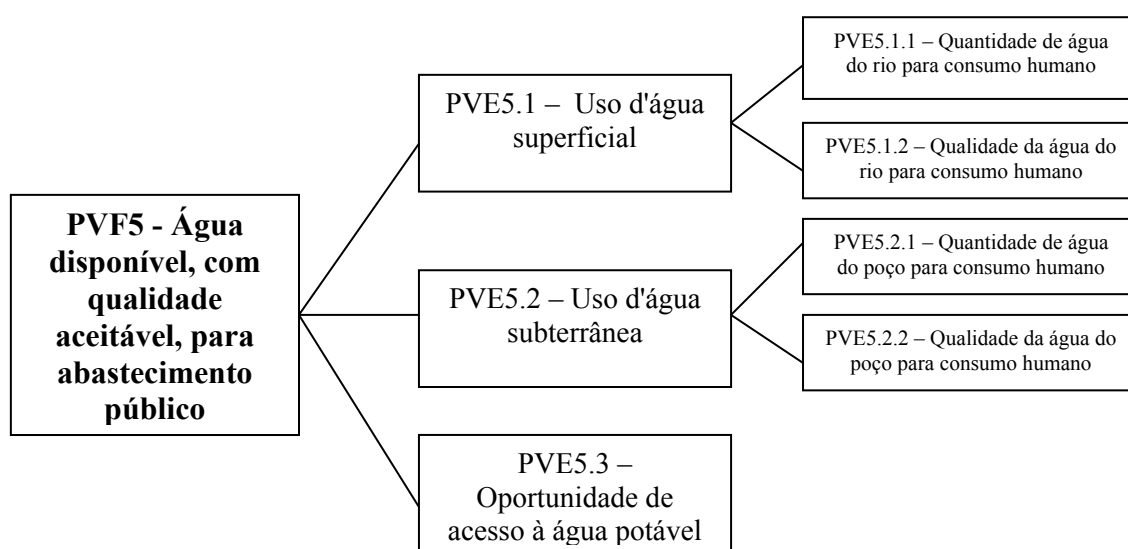
Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N4 (Bom)	75 % < F ≤ 100 %	Consumo médio <u>adequado</u> , por passar até 25 % do tempo com volume de consumo acima do consumo médio necessário
N3 (Neutro)	50 % < F ≤ 75 %	Consumo médio <u>aceitável</u> , por passar até 50 % do tempo com volume de consumo acima do consumo médio necessário
N2	25 % < F ≤ 50 %	Consumo médio <u>ineficiente</u> , por passar até 75 % do tempo com volume de consumo acima do consumo médio necessário
N1	0 % < F ≤ 25 %	Consumo médio <u>péssimo</u> , por passar até 100 % do tempo com volume de consumo acima do consumo médio necessário

**PVF4 - Cobertura de abastecimento** - Avalia a acessibilidade da população ao serviço de água potável. É determinado através do % da população com acesso a água potável. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.7.

**Quadro A5.7 Descritor do PVF3 - Cobertura de abastecimento**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Até 98 % da população tem acesso ao serviço de água potável
N3	Até 80 % da população tem acesso ao serviço de água potável
N2 (Neutro)	Até 60 % da população tem acesso ao serviço de água potável
N1	Até 50 % da população tem acesso ao serviço de água potável

**PVF5 – Água disponível, com qualidade aceitável, para abastecimento público** - Avalia as condições de disponibilidade de água com qualidade para consumo humano e sua acessibilidade pela população. É operacionalizado através da composição dos seguintes PVEs:



**Figura A5.2 Árvore de PVEs do PVF5 – Água disponível, com qualidade aceitável, para abastecimento público**

**PVE5.1 – Uso da água superficial** - Avalia as condições de disponibilidade de água em rios, com qualidade aceitável, para consumo humano. Este PVE é descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE5.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano** - Avalia as condições de quantidade de água que escoam no rio ao longo de um período de tempo, ou seja, o regime de vazão do rio. Este PVE é descrito pelo tempo de permanência da vazão do rio acima do nível crítico. Este descritor, do ponto de vista hidrológico, representa a capacidade de regularização da bacia na seção de captação. Assim, quanto maior a capacidade de regularização melhor a disponibilidade d'água. Para determinar o descritor deve-se construir uma curva de permanência das vazões mínimas na seção de captação, podendo ser utilizados os valores diários de vazão, registrados durante um determinado período. A vazão,  $Q$ , deve ser adimensionalizada pela média de vazões no período,  $Q_{md}$ , através da expressão:

$$Q_a = \frac{Q}{Q_{md}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde,  $Q_a$  é a vazão adimensionalizada,  $Q$  é vazão mínima,  $Q_{md}$  é a vazão média no período.

O nível crítico representa a vazão mínima necessária para captação d'água, a mesma é fixada por especialistas. Não obstante, numa curva de permanência com base em vazões adimensionalizadas, o nível crítico referencial poderia ser igual a 1, refletindo a vazão média no período. Nesta perspectiva a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.8.

**Quadro A5.8 Descritor do PVE5.1.1 – Quantidade de água para consumo humano**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N4 (Bom)	75 % < F ≤ 100 %	Regime de vazão com abundante quantidade de água, por passar até 100 % do tempo de permanência, com vazões acima do nível crítico
N3 (Neutro)	50 % < F ≤ 75 %	Regime de vazão com suficiente quantidade de água, por passar até 75 % do tempo de permanência, com vazões acima do nível crítico
N2	25 % < F ≤ 50 %	Regime de vazão com limitada quantidade de água, por passar até 50 % do tempo de permanência, com vazões acima do nível crítico
N1	0 % < F ≤ 25 %	Regime de vazão com escassa quantidade de água, por passar até 25 % do tempo de permanência, com vazões acima do nível crítico

**PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano** - Avalia o estado de qualidade da água do rio para fim de consumo humano. É descrito através do índice de qualidade da água para consumo humano, adotando o método proposto pelo *CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L' ENVIRONNEMENT* (CCME, 2001). Este método foi desenvolvido adotando o modelo conceitual do índice de qualidade da água do *Colombie Britanique* (CCME, 2001), o mesmo baseia-se sobre a tentativa de satisfazer os objetivos (representado pelos limites permissíveis) de qualidade da água para um determinado uso. Assim o Índice de Qualidade de Água é definido como:

$$IQA = 100 - \frac{\sqrt{(F1)^2 + (F2)^2 + (F3)^2}}{\sqrt{3}} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde, F1 é o fator de alcance, representa a percentagem de objetivos não atingidos durante um período:

$$F1 = \frac{N_{vf}}{N_{tv}} 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde,  $N_{vf}$  é o número de variáveis que não satisfaz os objetivos,  $N_{tv}$  é o número total de variáveis consideradas.

F2 é o fator de frequência, representa em percentagem, a frequência com o qual os objetivos não são atingidos durante um período:

$$F2 = \frac{Nrf}{Ntr} 100 \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde, Nrf é o número de resultados individuais para os quais os objetivos não são satisfeitos, Ntr é o número total de resultados individuais considerados.

F3 é o fator de amplitude, representa em percentagem, o grau de afastamento (ou excedência) dos resultados individuais de seus respectivos objetivos. Este fator é calculado em três etapas:

Determina-se o coeficiente de afastamento ou desvio, Coef. Desv, para cada resultado individual, através da expressão:

$$\text{Coeficiente de desvio}_i = \frac{Rf_i}{Ob_j} \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde, Rfi é o valor do resultado i não atingido ou falho, Obj é o valor do objetivo (limite e/ou condição permissível) j considerado.

Logo, determina-se o desvio médio, Dm, de um conjunto de resultados, através da expressão:

$$\text{Coeficiente de desvio médio} = \frac{\sum_{i=1}^n Cd_i}{Nr} \quad (\text{Eq. 11})$$

Onde, Cdi é o coeficiente de desvio do resultado i, Nr é o número de resultados.

Finalmente, determina-se o fator F3, através da expressão:

$$F3 = \frac{Dm}{0.01Dm + 0.01} \quad (\text{Eq. 12})$$

Onde, Cdm é o coeficiente de desvio médio para um conjunto de resultados.

Certamente, no cálculo do Índice de Qualidade da Água, deve-se considerar os padrões de qualidade da água apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Para o presente caso, nessa resolução identifica-se quatro classes de qualidade de água para consumo humano, uma de classe especial que não precisaria de tratamento e três de Classe 1, Classe 2 e Classe 3, precisando um prévio tratamento de água simplificado ou convencional. Nessa perspectiva, para determinar o IQA para abastecimento populacional, podem ser considerados os padrões de qualidade de água da Classe 3.

No Quadro A5.9 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.9 Descritivo do PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de IQA	Indica
N5	95 a 100	Qualidade <u>excelente</u>
N4 (Bom)	80 a 94	Qualidade <u>boa</u>
N3 (Neutro)	65 a 79	Qualidade <u>média</u>
N2	45 a 64	Qualidade <u>mediocre</u>
N1	0 a 44	Qualidade <u>ruim</u>

Comentário sobre a metodologia:

Normalmente, a qualidade de água depende de muitos parâmetros, incluindo pH, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez, alcalinidade, condutividade, sólidos suspensos e totais, e concentração de uma variedade de poluentes, incluindo nutrientes orgânicos e inorgânicos, etc. (Resolução CONAMA 20/86). Ao considerar esses parâmetros, o IQA proposto pela CCME fornece um balanço geral do estado de qualidade da água e para vários usos da água no tempo. Enquanto esse fato é uma vantagem, reduzindo a complexidade técnica, o IQA nem sempre mostra o efeito de um evento aleatório de curto prazo, tais como um derramamento, a menos que sua ocorrência seja mais freqüente ou para um longo período (*BC Water Quality Index*, 2003).

Com relação ao uso do Índice de Qualidade da Água proposto pela *Nacional Sanitation Federation*, este método não se adota, porque é muito dependente dos objetivos a partir dos quais tem sido agrupado e pode ser discutido somente em relação a esses objetivos (ZANDBERGEN, 1998).

**PVE5.2 – Uso da água subterrânea** - Avalia as condições de disponibilidade de água subterrânea, com qualidade aceitável para consumo humano. Este PVE é descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE5.2.1 – Quantidade de água do poço para consumo humano** - Avalia as condições de quantidade de água subterrânea. É descrito pela sobre-exploração das reservas subterrâneas,  $Cep$ , (CAMPOS *et al.*, 1997), calculada através da relação:

$$Cep = \frac{GO}{GW} \quad (\text{Eq. 13})$$

Onde: GO é o volume de água retirado anualmente do poço, em m<sup>3</sup>, GW é o potencial explorável como sendo igual ao volume médio de renovação das reservas subterrâneas de um dado aquífero.

Os dados podem ser agrupados para cada município, desde que os mesmos, não possuam diferentes unidades litológicas com valores distintos do  $Cep$ . O Quadro A5.10 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.10 Descritores do PVE5.2.1 – Quantidade de água do poço para consumo humano**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N3 (Bom)	$Cep \leq 1$	Situação <u>adequada</u>
N2 (Neutro)	$1 < Cep \leq 2$	<u>Sobre – exploração</u>
N1	$2 \leq Cep$	<u>Sobre - exploração crítica</u>

**PVE5.2.2 - Qualidade da água do poço para consumo humano** - Avalia as condições de qualidade da água subterrânea para consumo humano. É descrito através do índice de qualidade da água para consumo humano. A determinação do descritor segue as mesmas etapas descritas no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do presente *Cluster*. Desta maneira, aplica-se a Equação 7 para determinar o IQA para abastecimento populacional e os níveis de impacto são descritos no Quadro A5.9.

**PVE5.3 – Oportunidade de acesso à água potável** - Avalia o grau de desigualdade de oportunidades de acesso à água para consumo humano. É descrito pelo índice de Gini,  $G$ , sendo definido pela relação:

$$G = \frac{\alpha}{0.5}, \text{ o que faz } 0 \leq G \leq 1 \quad (\text{Eq. 14})$$

Onde,  $\alpha$  é a área de desigualdade entre a "linha de perfeita igualdade" e a "curva de Lorenz".

A "curva de Lorenz" pode-se construir com base nos valores da proporção da população/famílias (no eixo x) e da proporção dos custos de serviço de água potável (no eixo y), sob o seguinte pressuposto: se todas as pessoas/famílias tivessem exatamente o mesmo consumo de água potável (igual à média  $\mu$ ), a proporção acumulada do consumo, em termos de custo do serviço de água potável, seria sempre igual á proporção acumulada da população (Linha de perfeita igualdade de consumo). Nessa perspectiva, no Quadro A5.11 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.11 Descritores do PVE5.3 – Oportunidade de acesso à água potável**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N5 (Bom)	$0 \% \leq G \leq 10 \%$	Desigualdade <u>baixa</u>
N4	$G = 30 \%$	Desigualdade <u>moderada</u>
N3 (Neutro)	$G = 50 \%$	Desigualdade <u>regular</u>
N2	$G = 70 \%$	Desigualdade <u>alta</u>
N1	$90 \% \leq G \leq 100 \%$	Desigualdade <u>muito alta</u>

Adicionalmente, caso seja empregado, como dados de base, a relação das contas do serviço de água potável, certamente a variabilidade de número de membros de uma família afetaria

nos cálculos das proporções populacionais. Não obstante, estas proporções poderiam ser ajustadas com base na média do número de membros de uma família.

**PVF6 – Tratamento de água bruta** - Avalia a capacidade do sistema de tratamento d'água bruta, através do incremento de resíduo durante um período, com relação à produção. O mesmo, é calculado através da expressão:

$$I_{Tr} = \frac{(R_t - R_{t-1})}{R_{t-1}} \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (\text{Eq. 15})$$

Onde,  $R_t$  = resíduo, ano (t);  $R_{t-1}$  = resíduo, ano(t-1);  $P_t$  = produção, ano (t);  $P_{t-1}$  = produção, ano (t-1). As opções para mensurar a produção podem incluir: unidades de produto, unidades de entrada, ingressos por produto, utilidade por produto, número de empregados, horas de trabalho dos empregados (FREEMAN, 1998).

A descrição dos estados apresenta-se no Quadro A5.12, a seguir:

**Quadro A5.12 Descritor do PVF6 – Tratamento de água bruta**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N6	$I \geq 100\%$	Que o sistema de tratamento tem <u>altamente melhorado</u> sua capacidade e/ou tem-se tornado <u>péssima a qualidade d' água bruta</u>
N5 (Bom)	$50\% \leq I < 100\%$	Que o sistema de tratamento tem <u>razoavelmente melhorado</u> sua capacidade e/ou tem-se <u>muito reduzido a qualidade d' água bruta</u>
N4 (Neutro)	$25\% \leq I < 50\%$	Que o sistema de tratamento tem <u>mantido sua capacidade e/ou tem-se reduzido a qualidade d' água bruta</u>
N3	$-25\% \leq I < 25\%$	Que o sistema de tratamento tem <u>reduzido sua capacidade e/ou tem-se mantido a qualidade d' água bruta</u>
N2	$-50\% \leq I < -25\%$	Que o sistema de tratamento tem <u>muito reduzido sua capacidade e/ou tem-se razoavelmente melhorado a qualidade d' água bruta</u>
N1	$-100\% \leq I < -50\%$	Que o sistema de tratamento tem <u>péssima capacidade e/ou tem-se altamente melhorado a qualidade d' água bruta</u>

**PVF7 - Manejo de resíduos do sistema de tratamento d'água bruta** - Avalia o grau de minimização de resíduos do sistema de tratamento d'água bruta. É descrito pelas opções de manejo de resíduos. A respeito, deve-se priorizar segundo a seguinte hierarquia: evitar, minimizar, reutilizar, reciclar, tratar e por fim dispor adequadamente (Lei Estadual, N° 11.520, Cap. XII, Art. 217). Nessa perspectiva, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.13.

Como mostra o Quadro A5.13, o destino final dos resíduos pode ocorrer de três maneiras e em quantidades diferentes. Levando em conta essas proporções, pode-se formular o índice de manejo de resíduos do sistema de tratamento d'água bruta, utilizando a função de agregação multiplicativa:

$$Im e = \prod_{i=1}^n P_i^{W_i} \quad (\text{Eq. 16})$$

Onde,  $P_i$  é a escala de preferência ou atratividade concernente ao tipo de destino final do resíduo,  $W_i$  é a proporção de resíduos relativos às referidas opções de manejo.

**Quadro A5.13 Descritor do PVF7 - Manejo de resíduos do sistema de tratamento d'água bruta**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Resíduo destinado para <u>reconversão</u>
N2 (Neutro)	Resíduo para disposição em <u>aterros/valas</u>
N1	Resíduo para disposição a <u>céu aberto</u>

**PVF8 - Cobertura de esgotamento** - Avalia a cobertura de esgotamento, entendendo também como a acessibilidade da população ao serviço de esgotamento sanitário. É determinado pela percentagem da população com acesso ao esgotamento sanitário. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.14, a seguir.

**Quadro A5.14 Descritor do PVF8 – Cobertura de esgotamento**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Até 98 % da população tem acesso ao serviço de esgotamento sanitário
N3 (Neutro)	Até 80 % da população tem acesso ao serviço de esgotamento sanitário
N2	Até 60 % da população tem acesso ao serviço de esgotamento sanitário
N1	Até 50 % da população tem acesso ao serviço de esgotamento sanitário

**PVF9 – Tratamento de esgotos** - Avalia a capacidade do sistema de tratamento de esgotos cloacais. É descrito através do incremento de resíduo durante um período, com relação à produção, o mesmo é determinado aplicando a Equação 15 do PVE6 – Tratamento de água bruta do presente *Cluster*. No Quadro A5.15 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.15 Descritor do PVF9 – Tratamento de esgotos**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N6	$-100 \% \leq I < -50 \%$	Que o sistema de tratamento tem <u>altamente melhorado</u> sua capacidade
N5 (Bom)	$-50 \% \leq I < -25 \%$	Que o sistema de tratamento tem <u>razoavelmente melhorado</u> sua capacidade
N4 (Neutro)	$-25 \% \leq I < 25 \%$	Que o sistema de tratamento tem <u>mantido</u> sua capacidade
N3	$25 \% \leq I < 50 \%$	Que o sistema de tratamento tem <u>reduzido</u> sua capacidade
N2	$50 \% \leq I < 100 \%$	Que o sistema de tratamento tem <u>muito reduzido</u> sua capacidade
N1	$I \geq 100 \%$	Que o sistema de tratamento tem <u>péssima</u> capacidade

**PVF10 - Manejo de resíduos do sistema de tratamento de esgotos** - Avalia o grau de redução dos resíduos do sistema de tratamento de esgotos. É descrito pelas opções de manejo de



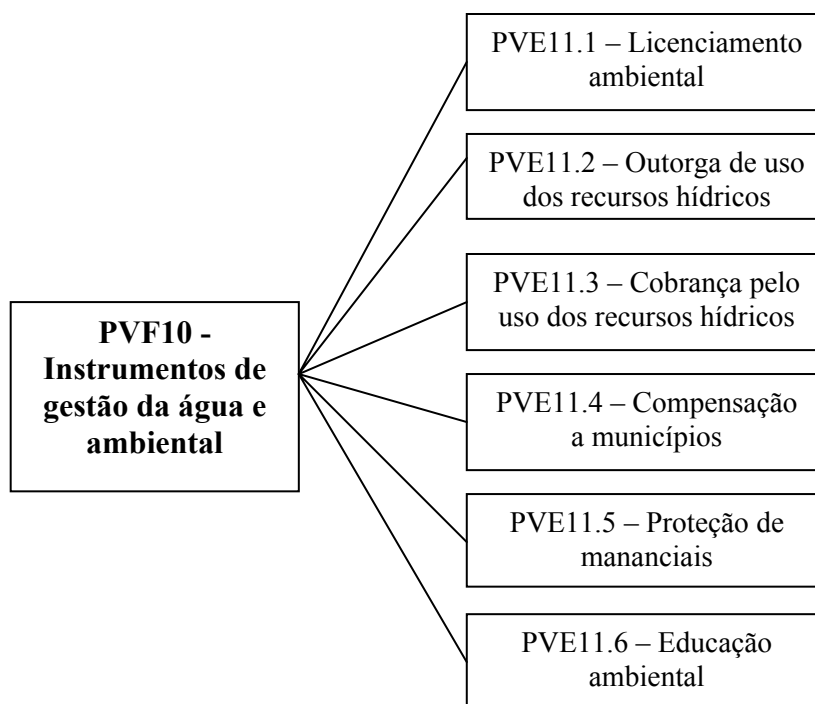
resíduos. A respeito, deve-se priorizar segundo a seguinte hierarquia: evitar, minimizar, reutilizar, reciclar, tratar e por fim dispor adequadamente (Lei Estadual, Nº 11.520, Cap. XII, Art. 217). Nessa perspectiva, a descrição dos estados apresenta-se no Quadro A5.16.

**Quadro A5.16 Descritores do PVF10 - Manejo de resíduos do sistema de tratamento de esgotos**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Resíduo destinado para <u>reconversão</u>
N2 (Neutro)	Resíduo para disposição em <u>aterros</u>
N1	Resíduo para disposição a <u>céu aberto</u>

Como mostra o Quadro A5.16, o destino final dos resíduos pode ocorrer de três maneiras e em quantidades diferentes. Levando em conta essas proporções, pode-se formular o índice de manejo de resíduos do sistema de tratamento de esgotos, aplicando a função de agregação multiplicativa, Equação 16, do PVF7 - Manejo de resíduos do sistema de tratamento d'água bruta, do presente *Cluster*. Nessa Equação, o fator  $W_i$  é a proporção de resíduos, correspondente a cada estado de opção de manejo.

**PVF11 - Instrumentos de gestão da água e ambiental** - Avalia a aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, visando incentivar a racionalização do uso da água e preservar os corpos de água. É descrito pela composição de seis PVEs:



**Figura A5.3** Árvore de PVEs do PVF11 – Instrumentos de gestão da água e ambiental

**PVE11.1 – Licenciamento ambiental** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente, com base em manifestação técnica obrigatória, tem expedido as seguintes licenças vigentes: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação (Lei Estadual, N° 11. 520, Cap. VIII, Art. 56). A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.17.

**Quadro A5.17 Descritor do PVE11.1 – Licenciamento ambiental**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5 (Bom)	Com <u>Licença de Operação atualizada</u>
N4 (Neutro)	Com <u>Licença de Operação</u>
N3	Com <u>Licença de Instalação</u>
N2	Com <u>Licença Prévia</u>
N1	<u>Sem nenhuma modalidade de licença</u>

A modalidade de licença, na qual se encontra o licenciamento ambiental, varia de cada sistema de abastecimento de água, bem como de cada sistema de tratamento de esgotos, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE10.1 – Licenciamento Ambiental. Com essa consideração, pode-se formular o índice de aplicação do Licenciamento Ambiental, como instrumento de gestão da água e ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgotos, correspondente a cada modalidade de licenciamento.

**PVE11.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente emite outorga de direitos de uso dos recursos hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção I e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção III). A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.18.

**Quadro A5.18 Descritor do PVE11.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	<u>Com outorga vigente</u>
N2 (Neutro)	<u>Outorga em andamento</u>
N1	<u>Sem outorga nem em andamento</u>

O estado de outorga, no qual se encontra cada sistema de abastecimento de água e o sistema de tratamento de esgotos varia, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE10.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos. Com essa consideração, pode-se formular o índice de aplicação da Outorga de uso dos recursos hídricos, como instrumento de gestão da água e ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgotos, correspondente a cada estado de outorga.

**PVE11.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos** - Avalia o estado de implementação do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos, no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção II e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção IV). A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.19.

**Quadro A5.19 Descritor do PVE11.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	<u>Aplica-se</u> o instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos
N2 (Neutro)	Existe uma <u>proposta em andamento</u> do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos
N1	<u>Não existe nenhuma proposta</u> em andamento do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos

Para um conjunto de organizações de abastecimento de água potável, os estados de aplicação do instrumento de cobrança variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE11.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Com essa consideração, pode-se formular o índice de cobrança de uso dos recursos hídricos, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de usuários, correspondentes a cada estado de aplicação do instrumento de cobrança.

**PVE11.4 – Compensação aos municípios** - Avalia o grau com que se aplica o instrumento de compensação a municípios sujeitos a restrições de uso do solo com a finalidade de proteção de recursos hídricos (Lei Est. N° 11.520/00, Art. 122). A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.20.

**Quadro A5.20 Descritor do PVE11.4 – Compensação a municípios**

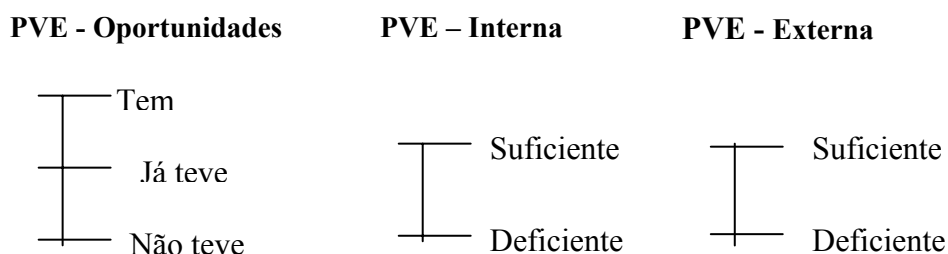
Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Com aplicação <u>vigente</u>
N2 (Neutro)	Aplicação em <u>andamento</u>
N1	<u>Sem aplicação</u> nem em andamento

**PVE11.5 – Preservação de mananciais** - Avalia o grau com que se executa projetos ou ações com vista à preservação e/ou proteção de mananciais para abastecimento público d'água potável (Lei Est. N° 11.520/00, Art. 15), como também áreas de preservação permanente em torno aos corpos de água (Lei Est. N° 11.520/00, Art. 155 e Art.156). No Quadro A5.21. apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.21 Descritores do PVE11.5 – Preservação de mananciais**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Com planos e projetos <u>executados e em andamento</u>
N3 (Neutro)	Com planos <u>elaborados e aprovados</u>
N2	Com planos <u>em elaboração</u>
N1	<u>Não existe</u> planos nem projetos executados

**PVE11.6 - Educação ambiental** - Avalia a oportunidade da organização de participar em projetos de educação ambiental promovidos pelo Poder Público (Lei Est. 11.520/00, Art. 27) e sua preocupação em contribuir ao desenvolvimento da educação ambiental, no âmbito interno e externo à organização<sup>25</sup> (informação verbal). É descrito pela composição de três pontos de vista mais elementares: Oportunidade de participar, Contribuição interna e externa. Para estes PVEs os estados possíveis apresentam-se na Figura A5.4 a seguir.

**Figura A5.4 Estados possíveis para compor o PVE11.6 - Educação ambiental**

Considerando a combinação dos estados dos referidos PVEs, no Quadro A5.22 apresenta-se a construção dos níveis de impacto para o PVE11.6 - Educação ambiental.

**Quadro A5.22 Descritores do PVE11.6 - Educação ambiental**

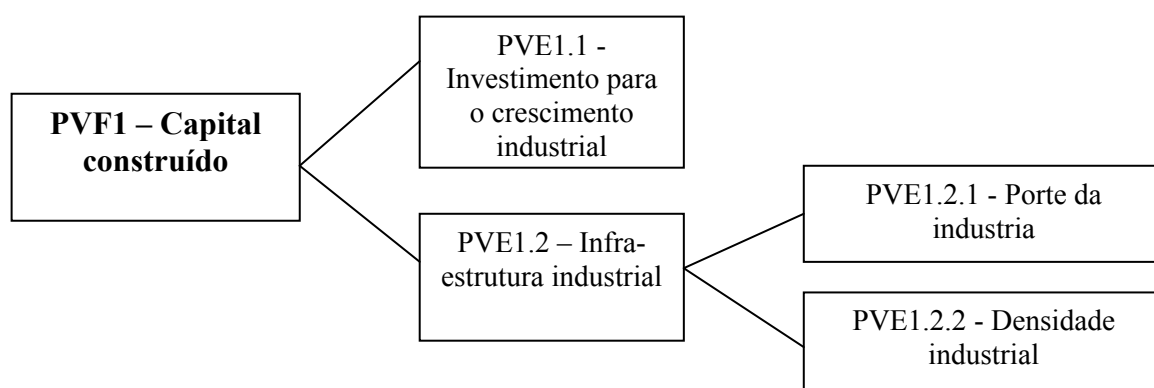
Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	No que diz respeito à educação ambiental, a organização <u>tem participação atualizada e contribui suficientemente no âmbito interno e externo</u>
N3 (Neutro)	No que diz respeito à educação ambiental, a organização tem participação atualizada, contribui <u>suficientemente no âmbito interno e suficientemente ou deficientemente no âmbito externo</u>
N2	No que diz respeito à educação ambiental, a organização <u>já teve participação, contribui suficientemente ou deficientemente no âmbito interno e suficientemente ou deficientemente no âmbito externo</u>
N1	No que diz respeito à educação ambiental, a organização <u>não teve participação, contribui suficientemente ou deficientemente no âmbito interno e suficientemente ou deficientemente no âmbito externo</u>

<sup>25</sup> Departamento Ambiental da CORSAN. Entrevista com Anete sobre o Papel da CORSAN com relação à educação ambiental, Porto Alegre-RS, julho de 2003.

## Cluster 2 - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos

**Função de produção:** Produção do serviço de abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos industriais

**PVF1 – Capital construído** - Avalia o grau de desenvolvimento do potencial industrial ligada ao fator capital. É descrito por um PVE composto e três PVEs de base (Figura A5.5).



**Figura A5.5** Árvore de PVEs do PVF1 - Capital construído

**PVE1.1 - Investimento para o crescimento industrial** - Avalia o ritmo de crescimento do investimento total para o setor industrial. O descritor é calculado adotando a Equação 1 do PVE1 – Taxa de crescimento da população do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário, onde,  $P(t+n)$  e  $P(t)$  são os investimentos correspondentes a duas datas sucessivas ( $n$  e  $n+t$ ) e  $n$  é o intervalo de tempo entre essas datas, medido em ano. O Quadro A5.23 apresenta a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.23** Descritor do PVE1.1 - Investimento para o crescimento industrial

Nível de impacto e de referência	Descrição
N7 (Bom)	$75 \% \leq I \leq 100 \%$
N6	50 %
N5 (Neutro)	25 %
N4	0 %
N3	-25 %
N2	-50 %
N1	$-100 \% \leq I \leq -75 \%$

**PVE1.2 – Infraestrutura industrial** - Avalia a existência de infra-estrutura industrial no local. É descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE1.2.1 - Porte da indústria** - Avalia o porte das indústrias de acordo com os ramos de atividades. O descritor pode ser construído com base na Resolução N° 01/95 – Conselho Administrativo da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler (FEPAM, 2003), concernente ao Enquadramento de Ramos de Atividades, na qual geralmente a

unidade de medida do Porte da indústria é em m<sup>2</sup>. A descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.24.

**Quadro A5.24 Descritor do PVE1.2.1 - Porte da indústria**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de (m2)	Indica
N5 (Bom)	Demais	Porte <u>excepcional</u>
N4 (Neutro)	> 10.000 e ≤ 40.000	Porte <u>grande</u>
N3	> 2.000 e ≤ 10.000	Porte <u>médio</u>
N2	> 250 e ≤ 2.000	Porte <u>pequeno</u>
N1	≤ 250	Porte <u>mínimo</u>

O porte das indústrias varia para cada ramo de atividade, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE1.2.1 – Porte da indústria. Com essa consideração, pode-se formular o índice de porte da indústria, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção das indústrias, correspondente a cada estado de porte.

**PVE1.2.2 - Densidade industrial** - Avalia a quantidade de indústrias no local, visando ter maior número de indústrias no local que expressam um melhor crescimento industrial. A densidade industrial, DI, pode ser descrita pelo número de indústrias por unidade de área, sendo obtido pela seguinte expressão:

$$DI = \frac{N_{ind}}{A} \quad (\text{Eq. 17})$$

Onde,  $N_{ind}$  é o número total de indústrias,  $A$  é área do município.

A variável densidade industrial, DI, é transformada para o valor padronizado,  $Z$ , o mesmo é calculado através da Equação 18 a seguir:

$$Z = \frac{x - x_i}{x_s - x_i} \quad (\text{Eq. 18})$$

Onde,  $x$  é o valor original da variável,  $x_i$  é o valor inferior da variável,  $x_s$  é o valor superior da variável. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.25.

**Quadro A5.25 Descritor do PVE1.2.2 - Densidade industrial**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N5 (Bom)	$0,8 \leq Z \leq 1$	Condição <u>melhor</u>
N4	$Z = 0,6$	Condição <u>moderada</u>
N3 (Neutro)	$Z = 0,4$	Condição <u>razoável</u>
N2	$Z = 0,2$	Condição <u>fraca</u>
N1	$0,0 \leq Z \leq 0,2$	Condição <u>pior</u>

**PVF2 - Produto industrial vendável** - Avalia o grau de crescimento econômico do setor industrial. É descrito pela seguinte relação:

$$RInd = \frac{PIB_{Ind}}{PIB_t} \quad (\text{Eq. 19})$$

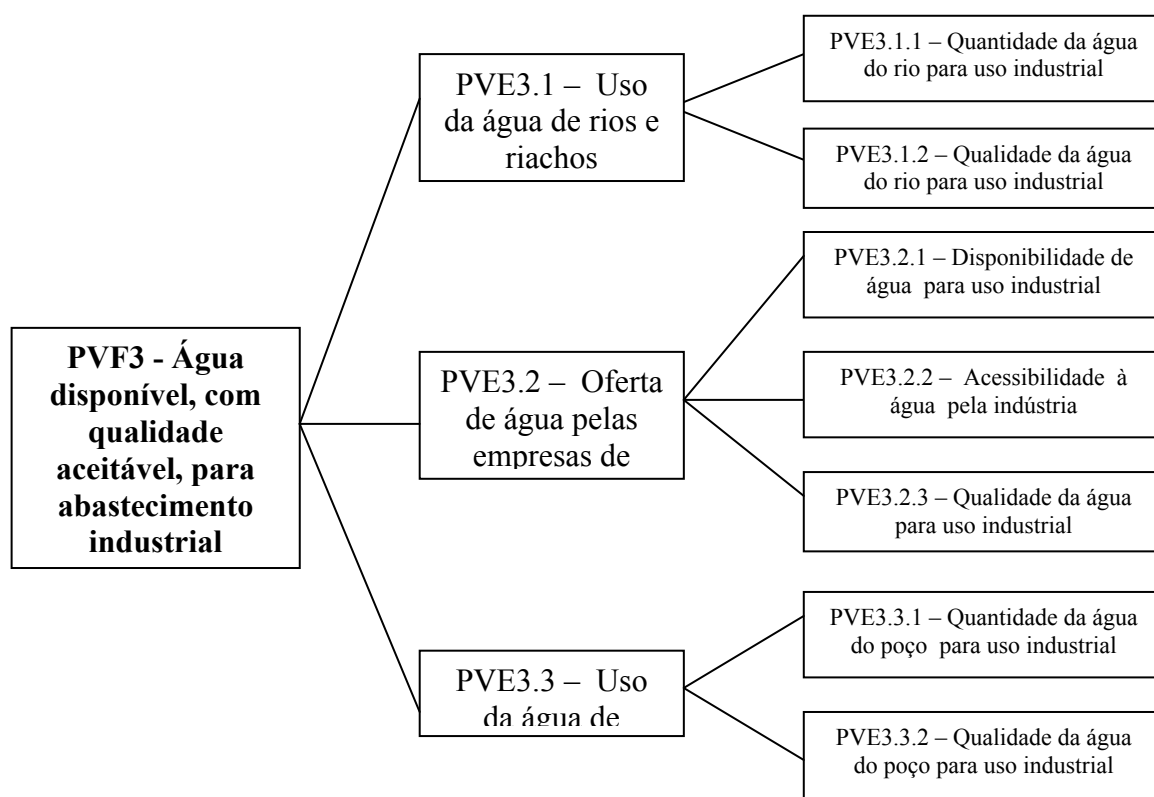
Onde, PIB<sub>ind</sub> é o Produto bruto do setor industrial, PIB<sub>t</sub> é o Produto bruto total.

A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.26.

**Quadro A5.26 Descritor do PVF2 - Produto industrial vendável**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5	$80 \% \leq RInd \leq 100 \%$
N4 (Bom)	$RInd = 60 \%$
N3 (Neutro)	$RInd = 40 \%$
N2	$RInd = 20 \%$
N1	$RInd = 0 \%$

**PVF3 - Água disponível, com qualidade aceitável, para uso industrial** - Avalia as condições do grau de satisfação de água, com qualidade aceitável, do setor industrial, a partir de diferentes fontes de água. É descrito através da composição de três PVEs compostos e seis PVEs de base (Figura A5.6).



**Figura A5.6 Árvore de PVEs do PVF3 - Água disponível, com qualidade aceitável, para abastecimento industrial**

**PVE3.1 – Uso da água de rios e riachos** - Avalia as condições de disponibilidade de água com qualidade aceitável para uso industrial, em rios e riachos. É descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE3.1.1 – Quantidade da água do rio para uso industrial** - Avalia a quantidade de água disponível no rio para uso industrial. É descrito pelo tempo de permanência da vazão acima de um nível crítico. A construção da curva de permanência na seção de captação, bem como a construção dos níveis de impacto, podem ser feitos adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1.1 - Quantidade de água no rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Porém as escalas de preferência, bem como o nível crítico, deveram ser determinados setorialmente com ajuda dos especialistas.

**PVE3.1.2 - Qualidade da água do rio para uso industrial** - Avalia as condições de qualidade da água do rio para uso industrial, visando ter uma melhor qualidade para o crescimento do setor industrial. Este PVE é descrito, subjetivamente, pela qualidade da água atribuída pelo representante da indústria. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.27.

**Quadro A5.27** Descritor do PVE3.1.2 - Qualidade da água do rio para uso industrial

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5	Qualidade ótima
N4 (Bom)	Qualidade boa
N3 (Neutro)	Qualidade regular
N2	Qualidade ruim
N1	Qualidade péssima

Devido a que a qualidade de água para as indústrias é diferenciada segundo o ramo de atividade, podem ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE3.1.2 - Qualidade da água do rio para uso industrial. Com essa consideração, pode-se formular o índice de qualidade da água do rio para uso industrial, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção das indústrias, correspondente a cada estado de qualidade de água.

**PVE3.2 – Oferta de água pelas empresas de abastecimento** - Avalia o grau de satisfação do setor industrial de água com qualidade aceitável, oferecida pelas empresas de serviço de abastecimento de água potável. Na bacia do rio dos Sinos existem três empresas de abastecimento de água potável: A Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) que atua na maioria dos municípios, a Companhia Municipal de Saneamento (COMUSA) no município de Novo Hamburgo e o Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE) no município de São Leopoldo. Essas empresas também podem representar como "fonte de



água intermediária" ou "indireta" para abastecimento de alguns ramos de atividades industriais, equacionando-se o uso múltiplo da água na bacia, por exemplo, Magna Engenharia (1996) estimou o abastecimento de água para o setor industrial em 4.38 % pela CORSAN e em 18.24 % através de outras fontes, ao passo que para o abastecimento público ocorre em 57.02 %. A respeito disso, salienta-se que "em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais" (Lei Fed. N° 9433/97, Art. 1), além disso, deve-se permitir o desenvolvimento das atividades econômicas (Lei Est. N° 10.350/94, Art. 2). Nesta perspectiva este PVE é descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE3.2.1 – Disponibilidade de água para uso industrial** - Avalia a quantidade de água disponível no rio para uso industrial. É descrito pelo tempo de permanência da vazão acima de um nível crítico. A construção dos níveis de impacto (Quadro A5.9), bem como as avaliações, podem ser feitas adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1.1 - Quantidade de água no rio para consumo humano, do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário

**PVE3.2.2 – Acessibilidade à água pela indústria** - Avalia a oportunidade de acesso por parte de alguns ramos industriais ao serviço de abastecimento de água potável. Este PVE é descrito, subjetivamente, pelo grau de satisfação atribuída pelo representante do ramo industrial. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.28.

**Quadro A5.28 Descritor do PVE3.2.2 – Acessibilidade à água pela indústria**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4	A indústria satisfaz-se com abundante água
N3 (Bom)	A indústria satisfaz-se com suficiente água
N2 (Neutro)	A indústria satisfaz-se com limitada água
N1	A indústria satisfaz-se com escassa água

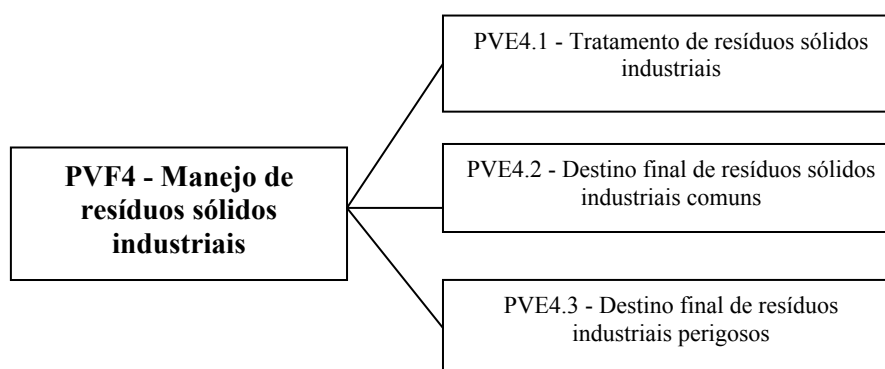
**PVE3.2.3 - Qualidade da água para uso industrial** - Avalia a qualidade da água para uso industrial da água que é oferecida pelas empresas de abastecimento de água potável, visando ter uma melhor qualidade para garantir o crescimento de alguns ramos de atividades industriais. Este PVE é descrito, subjetivamente, pela qualidade da água atribuída pelo representante da indústria. A construção dos níveis de impacto (Quadro A5.27), bem como as qualificações, podem ser feitos adotando os mesmos critérios utilizados no PVE3.1.2 - Qualidade da água do rio para uso industrial do presente *Cluster*.

**PVE3.3 – Uso da água de poços** - Avalia as condições de disponibilidade de água com qualidade aceitável para uso industrial, em poços. É descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE3.3.1 - Quantidade da água do poço para uso industrial** - Avalia a quantidade de água disponível no poço para uso industrial. É escrito pelo grau de sobreexploração de águas subterrâneas. A construção dos níveis de impacto (Quadro A5.10), bem como as avaliações, podem ser feitas adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.2.1 – Quantidade de água do poço para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVE3.3.2 - Qualidade da água do poço para uso industrial** - Avalia a qualidade da água do poço para uso industrial, visando ter melhor a qualidade da água para garantir o crescimento do setor industrial. Este PVE é descrito, subjetivamente pela qualidade da água atribuída pelo representante da indústria. A construção dos níveis de impacto (Quadro A5.27), bem como as qualificações, podem ser feitos adotando os mesmos critérios utilizados no PVE3.1.2 - Qualidade da água do rio para uso industrial do presente *Cluster*.

**PVF4 - Manejo de resíduos sólidos industriais** - Avalia a capacidade, com que tem as organizações, de manejo de resíduos sólidos industriais gerados na atividade produtiva. A Figura A5.7 a seguir mostra que este PVF é operacionalizado pela composição de três PVEs:



**Figura A5.7** Árvore de PVE do PVF4 - Manejo de resíduos sólidos industriais

**PVE4.1 – Tratamento de resíduos sólidos industriais** - Avalia a capacidade do sistema de tratamento de resíduos sólidos industriais, visando reduzi-los. É descrito através do incremento de resíduos sólidos durante um período, com relação à produção. Este descritor pode ser calculado adotando a Equação 15 do PVF6 - Tratamento de água bruta e quanto à descrição dos níveis de impacto, adota-se o Quadro A5.15 do PVF9 – Tratamento de esgotos do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

Para um conjunto de indústrias, os estados de redução de resíduos das indústrias varia, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE4.1 – Tratamento de resíduos sólidos industriais. Por conseguinte, pode-se formular o índice de capacidade de tratamento de resíduos sólidos industriais, utilizando a função de

agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção das indústrias, correspondente a cada estado de capacidade de tratamento.

**PVE4.2 – Destino final de resíduos sólidos industriais comuns** - Avalia o grau de minimização de resíduos sólidos industriais comuns ou não perigosos através das opções de manejo de resíduos. A respeito, deve-se priorizar segundo a seguinte hierarquia: evitar, minimizar, reutilizar, reciclar, tratar e, por fim, dispor adequadamente (Lei Estadual, N° 11.520, Cap. XII, Art. 217). Nessa perspectiva, no Quadro A5.29 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.29 Descritor do PVE4.2 – Destino final de resíduos sólidos industriais comuns**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5	<u>Redução</u> de resíduos
N4 (Bom)	<u>Reuso</u> de resíduos
N3	<u>Reconversão</u> de resíduos
N2 (Neutro)	<u>Disposição</u> de resíduos <u>em valas</u>
N1	<u>Disposição</u> de resíduos a <u>céu aberto</u>

Para uma população de indústrias, os estados de destino final de resíduos nas indústrias varia, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE4.2 – Destino final de resíduos sólidos industriais comuns. Com essa consideração, pode-se formular o índice de destino final de resíduos sólidos industriais, para cada indústria, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de resíduo, correspondente a cada estado de destinação final de resíduos sólidos industriais. Finalmente, levando em conta todos os índices individuais pode-se determinar o índice médio de destino final de resíduos sólidos industriais.

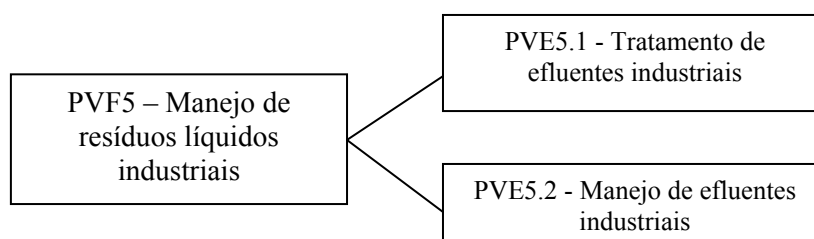
**PVE4.3 – Destino final de resíduos industriais perigosos** - Avalia o grau minimização de resíduos industriais perigosos. É descrito pelas opções de manejo de resíduos. A respeito, deve-se priorizar segundo a seguinte hierarquia: evitar, minimizar, reutilizar, reciclar, tratar e por fim dispor adequadamente (Lei Estadual, N° 11.520, Cap. XII, Art. 217). Nessa perspectiva, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.30.

**Quadro A5.30 Descritor do PVE4.3 – Destino final de resíduos industriais perigosos**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5	<u>Reuso</u> de resíduos perigosos
N4	<u>Reconversão</u> de resíduos perigosos
N3 (Bom)	Disposição de resíduos <u>em aterros</u> de resíduos industriais perigosos com <u>controle eficiente</u>
N2 (Neutro)	Disposição de resíduos <u>em aterros</u> de resíduos industriais perigosos com <u>controle deficiente</u>
N1	Disposição de resíduos <u>em valas comuns</u> de resíduos industriais

O procedimento para determinar o índice de destino final de resíduos sólidos industriais perigosos, pode ser feito adotando os mesmos critérios utilizados no PVE4.2 – Destino final de resíduos sólidos industriais comuns do presente *Cluster*.

**PVF5 - Manejo de resíduos líquidos industriais** - Avalia a capacidade da organização com relação ao manejo de efluentes industriais gerados em sua atividade produtiva. É descrito pela composição de dois PVEs:



**Figura A5.8** Árvore de PVE do PVF5 - Manejo de resíduos líquidos industriais

**PVE5.1 – Tratamento de efluentes industriais** - Avalia a capacidade do sistema de tratamento de efluentes industriais, através do incremento de resíduo durante um período, com relação à produção. Este descritor pode ser calculado adotando a Equação 15 do PVF6 - Tratamento de água bruta e quanto à descrição dos níveis de impacto, adota-se o Quadro A5.15 do PVF9 – Tratamento de esgotos do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

Para uma população de indústrias, os estados de capacidade de tratamento de efluentes pelas indústrias varia, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE5.1 – Tratamento de efluentes industriais. Com essa consideração, pode-se formular o índice de capacidade de tratamento de resíduos sólidos industriais, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção das indústrias, correspondente a cada estado de capacidade de tratamento.

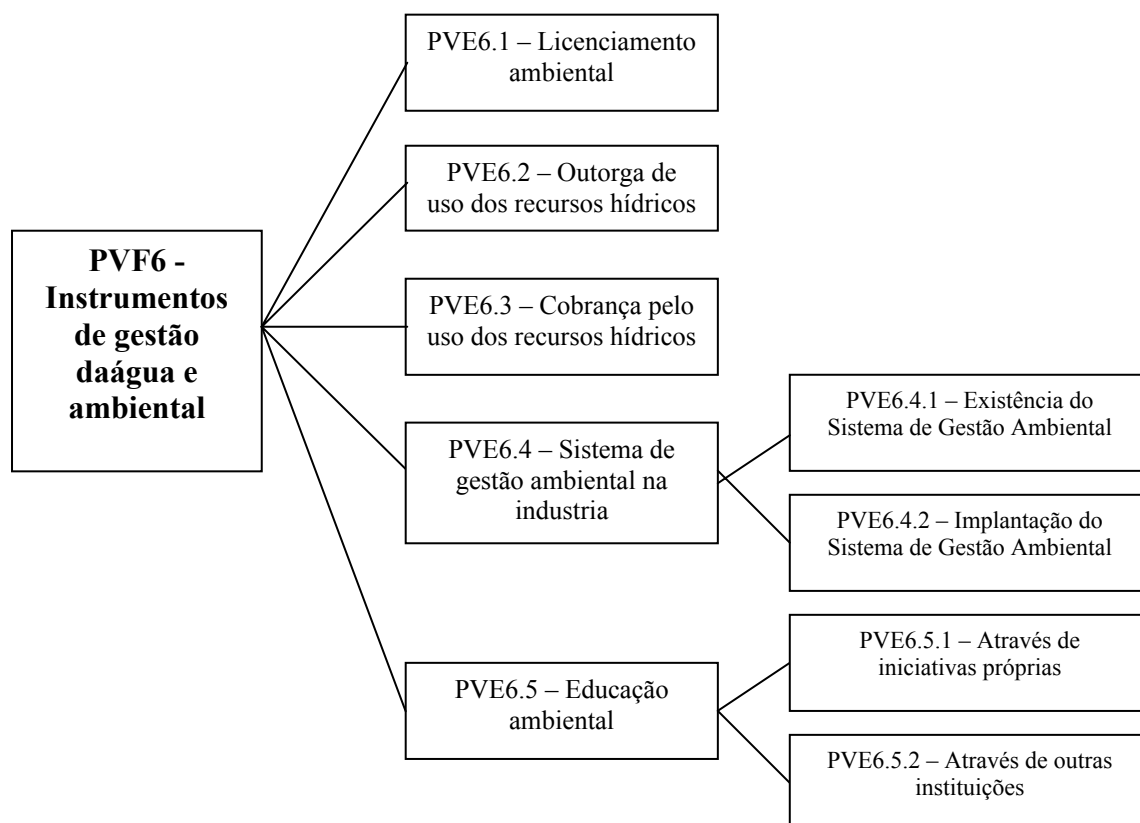
**PVE5.2 – Destino final de resíduos do sistema de tratamento** - Avalia o grau de minimização de resíduos do sistema de tratamento de efluentes industriais. É descrito pelas opções de manejo de resíduos. A respeito, deve-se priorizar segundo a seguinte hierarquia: evitar, minimizar, reutilizar, reciclar, tratar e por fim dispor adequadamente (Lei Estadual, Nº 11. 520, Cap. XII, Art. 217). Nessa perspectiva, a descrição dos estados apresenta-se no Quadro A5.31.

**Quadro A5.31 Descritores do PVE5.2 - Destino final de resíduos do sistema de tratamento**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5	Reuso de resíduos
N4 (Bom)	Reconversão de resíduos
N3	Destino final de resíduos em <u>banhados naturais e artificiais</u>
N2 (Neutro)	Destino final de resíduos <u>em valas</u>
N1	Destino final de resíduos a <u>céu aberto</u>

O procedimento para determinar o índice médio de destino final de resíduos do sistema de tratamento, pode ser feito adotando os mesmos critérios utilizados no PVE4.2 – Destino final de resíduos sólidos industriais comuns do presente *Cluster*.

**PVF6 - Instrumentos de gestão da água e ambiental** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, no âmbito das organizações, sob o princípio de responsabilidade social, com vista a incentivar a racionalização do uso da água e preservar os corpos de água. A Figura A5.9 mostra que este PVF é operacionalizado pela composição de seis PVEs.



**Figura A5.9 Árvore de PVEs do PVF6 - Instrumentos de gestão da água e ambiental**

**PVE6.1 – Licenciamento ambiental** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente, com base em manifestação técnica obrigatória, tem expedido (ou recebido o setor industrial) as seguintes licenças vigentes: Licença Prévia, Licença de Instalação e

Licença de Operação (Lei Estadual, N° 11. 520, Cap. VIII, Art. 56). Os níveis de impacto para este PVE podem ser adotados do PVE11.1 - Licenciamento ambiental do *Cluster 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário* (Quadro A5.17 do presente Anexo).

Para uma população de indústrias, os estados de modalidade de licenciamento variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.1 – Licenciamento ambiental. Com essa consideração, pode-se formular o índice de licenciamento ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de indústrias, correspondentes a cada estado de modalidade de licenciamento.

**PVE6.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente emite outorga (ou recebe o setor industrial) de direitos de uso dos recursos hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção I e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção III). Os níveis de impacto do descritor, apresentam-se no Quadro A5.18, sendo adotados do PVE11.2 - Outorga de uso dos recursos hídricos do *Cluster 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário*.

Para um conjunto de indústrias, os estados de modalidade de outorga de uso dos recursos hídricos variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos. Com essa consideração, pode-se formular o índice de outorga de uso dos recursos hídricos, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de indústrias, correspondentes a cada estado de outorga de uso dos recursos hídricos.

**PVE6.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos** - Avalia o estado de implementação do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos, no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção II e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção IV). No Quadro A5.19 apresenta-se os níveis de impacto, sendo adotados do PVE11.3 - Cobrança pelo uso dos recursos hídricos do *Cluster 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário*.

Para uma população de indústrias, os estados de aplicação do instrumento de cobrança variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor. Com essa consideração, pode-se formular o índice de cobrança de uso dos recursos hídricos, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de indústrias, correspondentes a cada estado de aplicação do instrumento de cobrança.

**PVE6.4 – Gestão ambiental na indústria** - Avalia as fortalezas do setor industrial concernente à capacidade de gestão ambiental no âmbito da organização industrial. É descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE6.4.1 - Existência do Sistema de Gestão Ambiental** - Avalia a existência e sua eficiência do Sistema de Gestão Ambiental (SGA). O Quadro A5.32 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.32 Descritor do PVE6.4.1 - Existência do Sistema de Gestão Ambiental**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	<u>Existe</u> na organização um SGA com resultado <u>satisfatório</u>
N2 (Neutro)	<u>Existe</u> na organização um SGA com resultado <u>insatisfatório</u>
N1	<u>Não existe</u> na organização um SGA

**PVE6.4.1 - Implantação do Sistema de Gestão Ambiental.** Avalia o grau de implantação do Sistema de Gestão Ambiental. É descrito pelas etapas de implementação do SGA. A respeito, essas etapas são diferenciadas conforme as metodologias adotadas pelas indústrias, de acórdão a suas características particulares. Por exemplo, para uma fábrica de calçados (Calçados VT localizada no município de Taquari, no Rio Grande do Sul), Silva, A., (2001) apresenta seis etapas de implantação do SGA. Adotando esses estados, para este PVE, o Quadro A5.33 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.33 Descritor do PVE6.4.1 - Implantação do Sistema de Gestão Ambiental**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N6	A indústria encontra-se na etapa <u>6- Análise crítica do sistema de gestão</u> ou equivalente
N5 (Bom)	A indústria encontra-se na etapa <u>5- Implantação do Programa</u> (operacionalização do Manual) ou equivalente
N4	A indústria encontra-se na etapa <u>4- Elaboração do programa de gestão</u> (Manual de Gestão) ou equivalente
N3	A indústria encontra-se na etapa <u>3- Definição das metas ambientais</u> ou equivalente
N2 (Neutro)	A indústria encontra-se na etapa <u>2- Definição da Política Ambiental</u> ou equivalente
N1	A indústria encontra-se na etapa <u>1- Análise crítica inicial</u> ou equivalente

**PVE6.5 - Educação ambiental** - Avalia se a organização teve oportunidade de participar em projetos de educação ambiental promovidos por iniciativas próprias ou através de outras iniciativas de instituições públicas e/ou privadas. Este PVE é descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE6.5.1 – Através de iniciativas próprias** - Avalia se os colaboradores da organização tiveram oportunidade de receber treinamento em Gestão Ambiental, como um impacto da

implantação do SGA na organização, com vista a consolidar a cultura da gestão ambiental (SILVA, A., 2001). É descrito pelo treinamento aos níveis gerenciais e operacionais da organização. No Quadro A5.34 a seguir são apresentados os níveis de impacto.

**Quadro A5.34 Descritor do PVE6.5.1 – Através de iniciativas próprias**

<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N5	Todos os colaboradores, tanto do nível intermediário de chefias, bem como do nível mais operacional, receberam treinamento em Gestão Ambiental satisfatoriamente
N4	Os colaboradores do nível gerencial ou mais operacional receberam treinamento em Gestão Ambiental satisfatoriamente
N3 (Bom)	Todos os colaboradores, tanto do nível intermediário de chefias, bem como do nível mais operacional, receberam treinamento em Gestão Ambiental insatisfatoriamente
N2 (Neutro)	Os colaboradores do nível gerencial ou mais operacional receberam treinamento em Gestão Ambiental insatisfatoriamente
N1	A organização não recebeu treinamento em Gestão Ambiental

**PVE6.5.2 – Através de outras instituições** - Avalia se a organização teve oportunidade de participar em projetos de educação ambiental promovidos pelo Poder Público (Lei Est. 11.520/00, Art. 27) ou articulados com outras instituições. No Quadro A5.35 a seguir são apresentados os níveis de impacto

**Quadro A5.35 Descritor do PVE6.5.2 – Através de outras instituições**

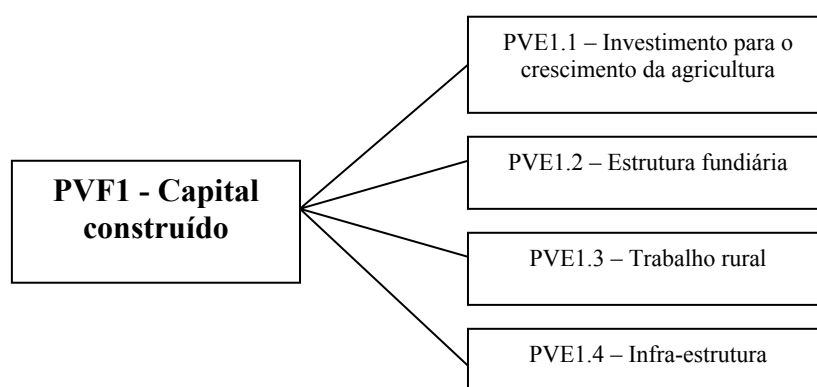
<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N3 (Bom)	No que diz respeito à educação ambiental, a organização tem participação atualizada
N2 (Neutro)	No que diz respeito à educação ambiental, a organização já teve oportunidade de participar
N1	No que diz respeito à educação ambiental, a organização não teve oportunidade de participar



### Cluster 3 - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos

**Função de produção:** Produção do serviço de uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos /agroquímicos

**PVF1 - Capital construído** - Avalia o potencial agrícola em termos de capital. É operacionalizado pela composição de quatro PVEs de base (Figura A5.10).



**Figura A5.10** Árvore de PVEs do **PVF1 - Capital construído**

**PVE1.1 – Investimento para o crescimento da agricultura** - Avalia o grau de estímulo ao desenvolvimento do setor agricultura, visando incrementar sua capacidade produtiva. É descrito através do ritmo de crescimento do investimento total em um determinado período. O descritor é calculado adotando a Equação 1 do PVE1 – Taxa de crescimento da população do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário, onde,  $P(t+n)$  e  $P(t)$  são os investimentos correspondentes a duas datas sucessivas ( $n$  e  $n+t$ ), e  $n$  é o intervalo de tempo entre essas datas, medido em ano. O Quadro A5.23 apresenta a descrição dos níveis de impacto, adotando-se do PVE1.1 - Investimento para o crescimento industrial do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVE1.2 – Estrutura fundiária** - Avalia a desigualdade fundiária, ou seja, o grau de distribuição de área entre os estabelecimentos rurais, visando ter menor a desigualdade fundiária para obter melhor crescimento da agricultura. É descrito através do Índice de Gini, Equação 14 do PVE5.3 – Oportunidade de acesso à água potável do *Cluster 1* - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário

A "curva de Lorenz" pode ser construída com base nos valores das proporções de estabelecimentos (no eixo x) e a proporção de área total (no eixo y), sob o seguinte pressuposto: se todos os estabelecimentos tivessem exatamente a mesma área (igual à média  $\mu$ ), a proporção acumulada da área seria sempre igual à proporção acumulada dos estabelecimentos (Linha de perfeita igualdade de consumo). No Quadro A5.11 apresenta-se

os níveis de impacto, adotando-se do PVE5.3 – Oportunidade de acesso à água potável do *Cluster 1* - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário.

**PVE1.3 – Trabalho rural** - Avalia o grau de força de trabalho rural empregada na agricultura, visando ter maior trabalho rural, para um melhor crescimento da agricultura. É descrito pela mão-de-obra ocupada na agricultura por unidade de área (100 hectares), DTR, sendo obtido pela seguinte expressão:

$$DTR = \frac{N_t}{A} \quad (\text{Eq. 20})$$

Onde,  $N_t$  é o número total de pessoas ocupadas na atividade agropecuária,  $A$  é área ocupada.

A variável densidade de trabalho rural, DTR, é transformada para o valor padronizado,  $Z$ , através da Equação 18 e para os níveis de impacto adota-se o Quadro A5.25 do PVE1.2.2 – Densidade industrial do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVE1.4 – Infra-estrutura** - Avalia o grau de uso de maquinaria e implementos agrícolas na agricultura, sob a preferência: Quanto melhor a infra-estrutura, melhor para o crescimento da agricultura. É descrito pelo uso de tratores por unidade de área (1000 hectares), DT, sendo obtido pela seguinte expressão:

$$DT = \frac{N_t}{A} \quad (\text{Eq. 21})$$

Onde,  $N_t$  é o número total de tratores empregados na atividade agropecuária,  $A$  é área do local.

A variável densidade de tratores, DT, é transformada para o valor padronizado,  $Z$ , através da Equação 18 e para os níveis de impacto adota-se o Quadro A5.25 do PVE1.2.2 – Densidade industrial do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos.

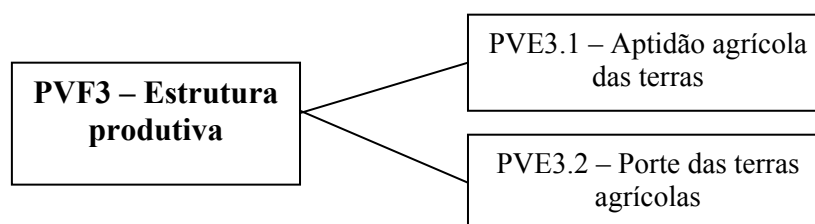
**PVF2 - Produto agrícola vendável** - Avalia o grau crescimento do setor agrícola, em relação ao crescimento econômico total. É descrito pela seguinte relação:

$$RAgr = \frac{PIB_{agr}}{PIB_t} \quad (\text{Eq. 22})$$

Onde,  $PIB_{agr}$  é o Produto bruto do setor agrícola,  $PIB_t$  é o Produto bruto total.

A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.26, adotando-se do PVF2 - Produto industrial vendável do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais

**PVF3 - Estrutura produtiva** - Avalia o potencial do recurso natural terra utilizada na agricultura irrigada. É descrito pela composição de dois PVEs de base:



**Figura A5.11** Árvore de PVEs do PVF3- Estrutura produtiva

**PVE3.1 - Aptidão agrícola das terras** - Avalia o grau de aptidão agrícola das terras. É descrito através do método de avaliação da aptidão agrícola das terras baseada em Ramalho *et al.* (1978). A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.36.

**Quadro A5.36** Descritor do PVE3.1 - Aptidão agrícola das terras

Nível de impacto e de referência	Descrição (níveis de manejo)
N6 (Bom)	Terras com aptidão <u>boa para lavouras</u> em, pelo menos, um dos níveis de manejo A, B ou C
N5	Terras com aptidão <u>regular para lavouras</u> em, pelo menos, um dos níveis de manejo A, B ou C
N4	Terras com aptidão <u>restrita para lavouras</u> em, pelo menos, um dos níveis de manejo A, B ou C
N3 (Neutro)	Terras com aptidão boa, regular ou restrita, <u>para pastagem plantada</u>
N2	Terras com aptidão boa, regular, restrita e inapta, <u>para silvicultura e/ou pastagem natural</u>
N1	Terras <u>sem aptidão para uso agrícola</u>

**PVE3.2 - Porte das terras agrícolas.** – Avalia o porte das terras que ocupa as atividades agrícolas. O descritor pode ser construído com base na Resolução N° 01/95 – Conselho Administrativo da FEPAM (FEPAM, 2003), concernente ao Enquadramento de Ramos de Atividades, onde as unidades de medida para o caso da cultura de arroz, bem para outras culturas são baseadas no Módulo Rural do INCRA (FEPAM, 2003). A descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.37.

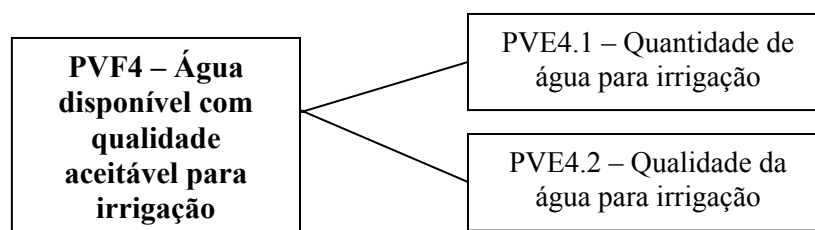
**Quadro A5.37** Descritor do PVE3.2 - Porte das terras agrícolas

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de (Módulo Rural do INCRA)	Indica
N5 (Bom)	Demais	Porte <u>excepcional</u>
N4 (Neutro)	> 6 e ≤ 10	Porte <u>grande</u>
N3	> 3 e ≤ 6	Porte <u>médio</u>
N2	> 2 e ≤ 3	Porte <u>pequeno</u>
N1	≤ 2	Porte <u>mínimo</u>

Para uma população de estabelecimentos agrícolas, os estados de porte das terras agrícolas variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do

descriptor do PVE3.2 - Porte das terras agrícolas. Com essa consideração, pode-se formular o índice de porte das terras agrícolas, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção dos estabelecimentos agrícolas, correspondentes a cada estado de porte das terras agrícolas.

**PVF4 - Água disponível, com qualidade aceitável, para irrigação** - Avalia as condições de disponibilidade de água para desenvolvimento da agricultura de irrigação. É operacionalizado pela composição de dois PVEs:



**Figura A5.12** Árvore de PVEs do PVF4- Água disponível com qualidade aceitável para irrigação

**PVE4.1 - Quantidade de água para irrigação** - Avalia a quantidade de água disponível no rio para irrigação. Este PVE é descrito pelo tempo de permanência da vazão acima de um nível crítico. A determinação do descriptor, pode ser feita adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1.1 - Quantidade de água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, o Quadro A5.8 mostra os níveis de impacto. As escalas de preferência, bem como o nível crítico, deverão ser determinados setorialmente com ajuda dos especialistas.

**PVE4.2 - Qualidade da água para irrigação** - Avalia o estado de qualidade da água do rio para irrigação, visando ter uma melhor qualidade da água para garantir o crescimento da agricultura de irrigação. É descrito através do índice de qualidade da água para irrigação, adotando o método proposto pela CCME. Certamente, deve-se considerar os padrões de qualidade da água, representada pela Classe 3, apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Desta maneira, o IQA para irrigação é definido pela Equação 7 e os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.9. A referida Equação e Quadro, bem como os passos metodológicos para determinar o IQA são descritos no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVF5 - Práticas apropriadas de adubação** - Avalia a intensidade de uso de adubos de natureza química e/ou orgânica, respectivamente, no âmbito da conversão da agricultura convencional para a agricultura orgânica. Em geral, a adubação é uma das práticas agrônômicas operativas para conservar a fertilidade do solo, conseqüentemente, para contribuir à produção agrícola. Com efeito, a adubação química é representada pelo uso de

fertilizantes químicos altamente solúveis, como uréia, super simples, cloreto K, NPK, etc. A adubação orgânica é representada pelo uso de esterco, biofertilizantes, compostos, adubos verdes, bem como as rochas naturais moídas e outros. Com relação à quantidade de adubo utilizada pela agricultura, é diferenciada segundo o tipo de cultura e as características dos solos.

Nessa perspectiva este PVF é descrito, subjetivamente, pela intensidade de uso de adubo químico atribuída pelos agricultores. Assim, um baixo uso de adubos químicos implica um alto uso de adubos orgânicos. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.38.

**Quadro A5.38 Descritor do PVF5 - Práticas apropriadas de adubação**

<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N4	<u>Não se usa</u> adubo químico
N3 (bom)	<u>Baixo uso</u> de adubos químicos
N2 (Neutro)	<u>Médio uso</u> de adubos químicos
N1	<u>Alto uso</u> de adubos químicos

Para uma população de culturas agrícolas, os estados de uso de adubos químicos variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVF5 - Práticas apropriadas de adubação. Com essa consideração, pode-se formular o índice de práticas apropriadas de adubação, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção das culturas agrícolas, correspondentes a cada estado de intensidade de uso de adubos químicos.

**PVF6 - Práticas apropriadas de controle de pragas e doenças** - Avalia a intensidade de uso de produtos químicos e/ou práticas de caráter orgânicos, respectivamente, no âmbito da conversão da agricultura convencional para a agricultura orgânica. Em termos gerais, o controle de pragas e doenças é uma das práticas agronômicas operativas para reduzir as pragas e doenças, conseqüentemente, para contribuir com a produção agrícola. Com efeito, a proteção convencional de culturas é representada pelo método químico, usando inseticidas, fungicidas, nematicidas, acaricidas, etc. As práticas de caráter orgânico e/ou natural são representadas pelo uso de métodos de controle biológico, a base de medidas preventivas e uso de produtos naturais pouco tóxicos, etc. Enquanto que a quantidade de produto químico tóxico utilizado é diferenciada pela agricultura, segundo o tipo de cultura. Nessa perspectiva, este PVF é descrito, subjetivamente, pela intensidade de uso de produtos químicos tóxicos atribuído pelo agricultor. Assim, um baixo uso de produtos químicos tóxicos implica um alto uso de métodos de controle de caráter orgânico. Quadro A5.39 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.39 Descritor do PVF6 - Práticas apropriadas de controle de pragas e doenças**

<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N5	<u>Não é usado</u> produtos químicos tóxicos, em nenhuma cultura
N4 (bom)	<u>Muito pouco uso</u> de produtos químicos tóxicos, em algumas culturas
N3	<u>Baixo uso</u> de produtos químicos tóxicos, em todas as culturas
N2 (Neutro)	<u>Médio uso</u> de produtos químicos tóxicos, em todas as culturas
N1	<u>Alto uso</u> de produtos químicos tóxicos, em todas as culturas

Para uma população de culturas agrícolas, os estados de uso de produtos químicos tóxicos variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVF6 - Práticas apropriadas de controle de pragas e doenças. Com essa consideração, pode-se formular o índice de práticas apropriadas de controle de pragas e doenças, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção das culturas agrícolas, correspondentes a cada estado de intensidade de uso de produtos químicos tóxicos.

**PVF7 - Práticas apropriadas de controle de invasoras** - Avalia a intensidade de uso de produtos químicos (como herbicidas) e/ou práticas de caráter orgânico, respectivamente, no âmbito da conversão da agricultura convencional para a agricultura orgânica. Entende-se por controle de invasoras como práticas agrônômicas operativas para reduzir as invasoras ou ervas daninhas, conseqüentemente, para contribuir com a produção agrícola. Com efeito, o controle de invasoras de forma convencional é representado pelo uso de produto químico tóxico como os herbicidas. Quanto ao controle de invasoras de caráter orgânico é representado pelo controle integrado (mecânico, cultural, biológico) e curativo (capinas e roçadeiras), etc. A quantidade de herbicidas utilizada pela agricultura é diferenciada, segundo o tipo de cultura. Nesta perspectiva, este PVF é descrito, subjetivamente, pela intensidade de uso de herbicidas para o controle de invasoras, atribuída pelo agricultor. Assim, um baixo uso de herbicidas implica um alto uso de métodos de controle de caráter orgânico. Quadro A5.40 mostra a descrição dos níveis de impacto.

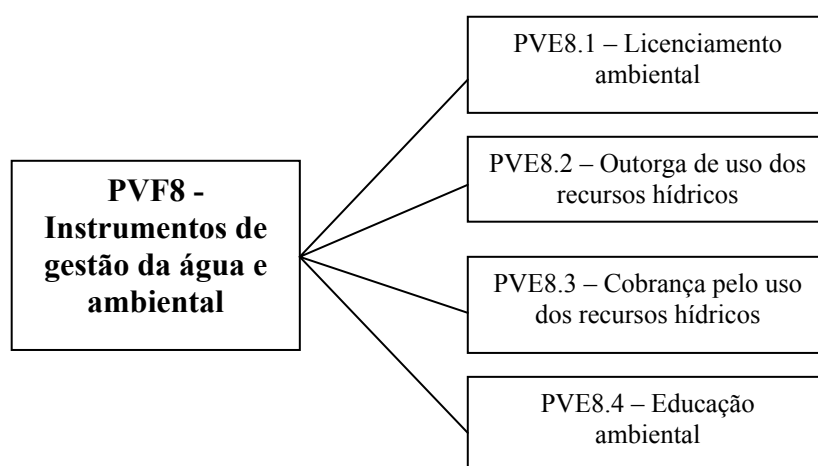
**Quadro A5.40 Descritor do PVF7 - Práticas apropriadas de controle de invasoras**

<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N5	<u>Não são usados</u> herbicidas, em nenhuma cultura
N4 (bom)	<u>Muito pouco uso</u> de herbicidas, em algumas culturas
N3	<u>Baixo uso</u> de herbicidas, em todas as culturas
N2 (Neutro)	<u>Médio uso</u> de herbicidas, em todas as culturas
N1	<u>Alto uso</u> de herbicidas, em todas as culturas

Para uma população de culturas agrícolas, os estados de uso de herbicidas variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do

PVF7 - Práticas apropriadas de controle de invasoras. Com essa consideração, pode-se formular o índice de práticas apropriadas de controle de invasoras, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção das culturas agrícolas, correspondentes a cada estado de intensidade de uso de herbicidas.

**PVF8 – Instrumentos de gestão da água e ambiental** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, no âmbito da agricultura, sob o princípio de responsabilidade social, com vista a incentivar a racionalização do uso da água e preservar os corpos de água. É operacionalizado pela composição de seis PVEs:



**Figura A5.13** Árvore de PVEs do PVF8 – Instrumentos de gestão da água e ambiental

**PVE8.1 – Licenciamento ambiental** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente, com base em manifestação técnica obrigatória, tem expedido (ou recebido o setor agrícola) as seguintes licenças vigentes: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação (Lei Estadual, N° 11. 520, Cap. VIII, Art. 56). Os níveis de impacto podem ser adotados do PVE11.1 - Licenciamento ambiental do *Cluster 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário* (Quadro A5.17).

Para uma população de estabelecimentos agrícolas, os estados de modalidade de licenciamento ambiental variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVF8.1 – Licenciamento ambiental. Com essa consideração, pode-se formular o índice de licenciamento ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de estabelecimentos agrícolas, correspondentes a cada estado de modalidade de licenciamento.

**PVE8.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente emite outorga (ou recebe o setor da agricultura de irrigação) de direitos de uso dos recursos hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção I e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção III). O descritor, bem como a os passos para avaliação, pode ser

adotados do PVE11.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.18.

Para uma população de estabelecimentos agrícolas, os estados de modalidade de outorga de uso dos recursos hídricos variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE8.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos. Com essa consideração, pode-se formular o índice de outorga de uso dos recursos hídricos, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de estabelecimentos agrícolas, correspondentes a cada estado de outorga de uso dos recursos hídricos.

**PVE8.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos** - Avalia o estado de implementação do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos, no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção II e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção IV). Os níveis de impacto podem ser descritos adotando do PVE11.3 - Cobrança pelo uso dos recursos hídricos do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário (Quadro A5.19).

Para uma população de estabelecimentos agrícolas, os estados de aplicação do instrumento de cobrança variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE8.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Com essa consideração, pode-se formular o índice de cobrança de uso dos recursos hídricos, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de estabelecimentos agrícolas, correspondentes a cada estado de aplicação do instrumento de cobrança.

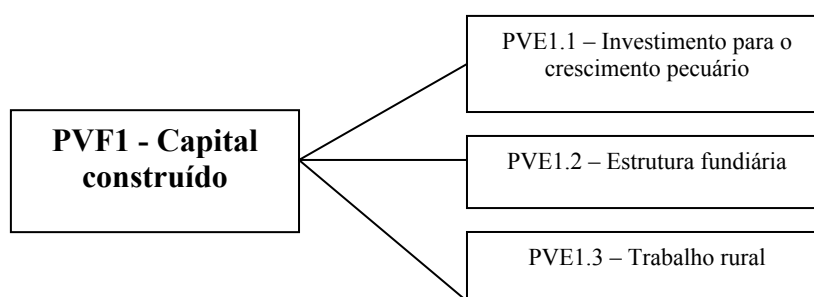
**PVE8.4 - Educação ambiental** - Avalia se organização (agricultura familiar ou empresa agrícola) teve oportunidade de participar em algum projeto de educação ambiental promovidos pelo Poder Público (Lei Est. 11.520/00, Art. 27) ou outras instituições. O descritor pode ser adotado do Quadro A5.35 do PVE6.5.2 – Através de outras instituições do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.



#### **Cluster 4 - Uso d'água para criação de animais**

**Função de produção:** Produção do serviço de uso d'água para criação de animais e controle de despejos

**PVF1 - Capital construído** - Avalia o potencial pecuário ligado ao capital. É operacionalizado pela composição de três PVEs de base ( Figura A5.14).



**Figura A5.14** Árvore de PVEs do PVF1 - Capital construído

**PVE1.1 – Investimento para o crescimento pecuário** - Avalia o ritmo de crescimento do investimento total para o setor pecuário. O descritor é calculado adotando a Equação 1 do PVE1 – Taxa de crescimento da população do *Cluster 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário*, onde,  $P(t+n)$  e  $P(t)$  são os investimentos correspondentes a duas datas sucessivas ( $n$  e  $n+t$ ), e  $n$  é o intervalo de tempo entre essas datas, medido em ano. O Quadro A5.23 apresenta a descrição dos níveis de impacto, adotando-se do PVE1.1 - Investimento para o crescimento industrial do *Cluster 2 - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais*.

**PVE1.2 – Estrutura fundiária** - Avalia a desigualdade fundiária, ou seja, o grau de distribuição de área entre os estabelecimentos rurais, visando ter menor a desigualdade fundiária para obter melhor crescimento da agricultura. É descrito através do Índice de Gini, Equação 14 do PVE5.3 – Oportunidade de acesso à água potável do *Cluster 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário*

A "curva de Lorenz" pode ser construída adotando os mesmos critérios utilizados no PVE1.2 – Estrutura fundiária do *Cluster 3 - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos*.

No Quadro A5.11 apresenta-se os níveis de impacto, adotando-se do PVE5.3 – Oportunidade de acesso à água potável do *Cluster 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário*.

**PVE1.3 – Trabalho rural** - Avalia o grau de força de trabalho rural empregada nas atividades pecuárias, visando ter maior trabalho rural para um melhor crescimento agropecuário. É descrito pela mão-de-obra ocupada na agricultura por unidade de área. A determinação do descritor é feita adotando os mesmos critérios do PVE1.3 - Trabalho rural do *Cluster 3* - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos. Quanto aos níveis de impacto, adota-se o Quadro A5.25 do PVE1.2.2 – Densidade industrial do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

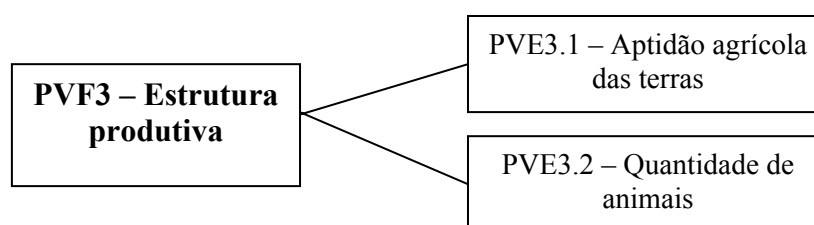
**PVF2 - Produto pecuário vendável** - Avalia o grau crescimento do setor pecuário, em relação ao crescimento econômico total. É descrito pela seguinte relação:

$$RPec = \frac{PIB_{pec}}{PIB_t} \quad (\text{Eq. 23})$$

Onde, PIBpec é o Produto bruto do setor pecuário, PIBt é o Produto bruto total.

Para este PVF, a descrição dos níveis impacto apresenta-se no Quadro A5.26, adotando-se do PVF2 - Produto industrial vendável do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVF3 - Estrutura produtiva pecuária** - Avalia o potencial do recurso natural utilizado nas atividades pecuárias. É descrito pela composição de dois PVEs:



**Figura A5.15** Árvore de PVEs do PVF3 - Estrutura produtiva

**PVE3.1 - Aptidão agrícola das terras** - Avalia o grau de aptidão agrícola das terras. É descrito através do método de avaliação da aptidão agrícola das terras baseada em Ramalho *et al.* (1978). Quanto aos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.36, dotando-se do PVE3.1 - Aptidão agrícola das terras do *Cluster 3* - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos.

**PVE3.2 – Quantidade de animais** - Avalia a quantidade de animais no local, visando maior quantidade de animais, para um melhor crescimento pecuário. É descrito aplicando o método de avaliação do número de animais proposto por Santos e Marion (1996). O mesmo é calculado através da expressão:

$$DPEC = \frac{\sum_{i=1}^n G_i * C_i}{Area} \quad (\text{Eq. 24})$$

Onde,  $G_i$  é o número de animais por hectare, do tipo  $i$ , e  $C_i$  é o coeficiente de padronização do tipo de animal  $i$ , serve para transformar animais de diferentes categorias em uma unidade padrão, eles podem variar de acordo com a região ou raça do animal (SANTOS e MARION, 1996). Os valores de  $C$  são obtidos a partir do Quadro A5.41, a seguir:

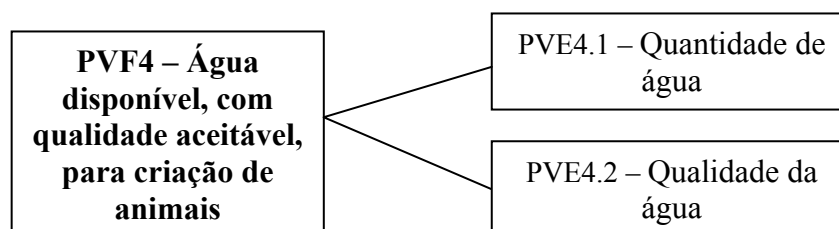
**Quadro A5.41 Unidade - padrão animal**

Bovinos		Ovinos		Eqüinos	
Vaca	1,00	Ovelhas	0,20	Cavalo e éguas	1,25
Touro	1,25	Carneiro	0,20	Potros	1,00
Boi manso	1,25	Cordeiro de até 6 meses	0,16		
Novilho até 48 meses ou mais	1,00				
Novilho até 42 meses	0,90				
Novilho (a) até 36 meses	0,80				
Novilho(a) até 30 meses	0,75				
Novilho(a) até 24 meses	0,70				
Novilho(a) até 18 meses	0,60				
Becerro(a) até 12 meses	0,40				
Becerro(a) até 6 meses	0,30				
A nascer - vida intra-uterino	0,15				

Fonte: Santos e Marion (1996)

A variável densidade de animais, DPEC, é transformada para o valor padronizado,  $Z$ , utilizando a Equação 18 e os níveis de impacto para o presente PVE apresenta-se no Quadro A5.25. A referida Equação e Quadro A5 encontra-se no PVE1.2.2 – Densidade industrial do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVF4 - Água disponível, com qualidade aceitável, para criação de animais** - Avalia as condições de disponibilidade de água para desenvolvimento pecuário. É descrito pela composição de dois PVEs:



**Figura A5.16** Árvore de PVEs do PVF4 - Água disponível, com qualidade aceitável, para criação de animais

**PVE4.1 - Quantidade de água para criação de animais** - Avalia a quantidade de água disponível no rio para criação de animais. É descrito pelo tempo de permanência da vazão

acima de um nível crítico. Construí-se os níveis de impacto (Quadro A5.9) adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Porém, as escalas de preferência, bem como o nível crítico, deverão ser determinados setorialmente com ajuda dos especialistas.

**PVE4.2 - Qualidade da água para criação de animais** - Avalia a qualidade da água do rio para criação de animais, visando ter melhor qualidade da água no rio para um melhor crescimento pecuário. É descrito através do índice de qualidade da água para criação de animais, adotando para tal, o método proposto por CCME (2001). Certamente, deve-se considerar os padrões de qualidade da água, representada pela Classe 3, que é apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Desta maneira, o IQA para criação de animais é definido pela Equação 7 e os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.9. A referida Equação e Quadro, bem como os passos metodológicos para determinar o IQA são descritos no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVF5 – Manejo de gados** - Avalia as práticas apropriadas de manejo na criação do gado leiteiro, no âmbito da conversão do manejo convencional para um manejo de caráter mais sustentável, no âmbito da pecuária orgânica. A respeito do manejo de gados, entende-se como um conjunto de práticas na criação de animais. Com efeito, o manejo convencional é representado pelas práticas comuns que ainda se realizam na criação de animais na região. Por outro lado, de acordo com a Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER, 2003) o manejo de caráter ecológico, sustentável e lucrativo é representado pelo pastoreio rotativo, com as seguintes vantagens: aumenta a produção de leite por hectare, diminui o custo de produção, diminui a mão-de-obra, melhora a sanidade animal, melhora o ambiente, é a base para a produção de leite orgânico, melhora o bem-estar do animal, permite o aproveitamento de áreas dobradas, melhora manejo do esterco, permite a lotação de 5 a 7 vacas por hectare, e é adaptado a pequenas propriedades.

Nesta perspectiva, no Quadro A5.42 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.42 Descritor do PVF5 – Manejo de gados**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Manejo baseado no <u>pastoreio rotativo</u>
N2 (Neutro)	Manejo <u>em transição</u> do convencional para o pastoreio rotativo
N1	Manejo <u>convencional</u>

Para uma população de atividades de cria de gado leiteiro, os estados de manejo de gados variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVF5 – Manejo de gados. Com essa consideração, pode-se formular o índice de manejo de gados, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de atividades de cria de gados, correspondentes a cada estado de manejo de gados.

**PVF6 – Manejo de despejos da criação de animais** - Avalia o grau de minimização de resíduos da atividade de criação de animais na modalidade intensiva (como animais estabulados em baias, galinheiros, pocilgas, etc.). Para a atividade de criação na modalidade extensiva, supõe-se não haver necessidade de tratamento dos despejos. Este PVF é descrito pelas opções de manejo de resíduos. A respeito, deve-se priorizar segundo a seguinte hierarquia: evitar, minimizar, reutilizar, reciclar, tratar e, por fim, dispor adequadamente (Lei Estadual, N° 11. 520, Cap. XII, Art. 217). Nessa perspectiva, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.43.

**Quadro A5.43 Descritor do PVF6 – Manejo de despejos da criação de animais**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	<u>Reconversão</u> de resíduos
N2 (Neutro)	Disposição de resíduos <u>em banhados naturais ou artificiais</u>
N1	Disposição de resíduos a <u>céu aberto</u>

Para uma população de atividades de criação de animais, os estados de manejo de resíduos variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVF6 – Manejo de despejos na criação de animais. Com essa consideração, pode-se formular o índice de manejo de despejos da criação de animais, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de atividades de cria de gados, correspondentes a cada estado de manejo de despejos da criação de animais.

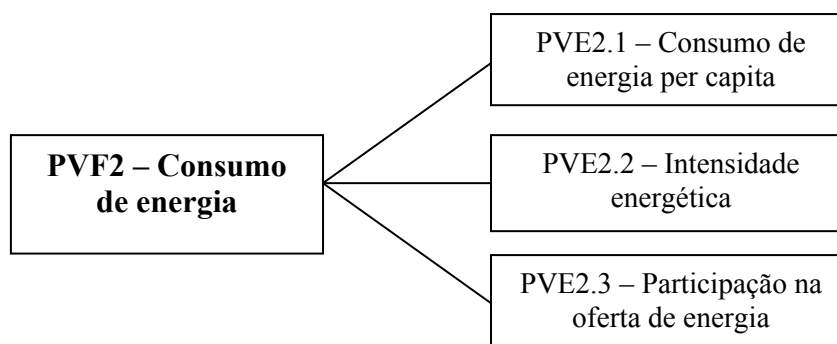
**PVF7 – Instrumentos de gestão da água e ambiental** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, no âmbito da atividade agropecuária, sob o princípio de responsabilidade social, com vista a incentivar a racionalização do uso da água e preservar os corpos de água. Este PVF é operacionalizado adotando os PVEs do PVF8 – Instrumentos de gestão da água e ambiental do *Cluster 3* – Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos.

### **Cluster 5 - Uso d'água para geração de energia elétrica**

**Função de produção:** Produção do serviço de uso d'água para geração de energia elétrica

**PVF1 - Capital construído** - Avalia o potencial do setor de energia elétrica em termos de capital. Neste PVF, supõe-se que o capital de caráter fixo como a infra-estrutura física deste setor não é sensível com relação a sua variabilidade no espaço nem no tempo. Entretanto, este PVF é descrito pelo ritmo de crescimento do investimento total para o setor de energia elétrica. O descritor é calculado adotando a Equação 1 do PVE1 – Taxa de crescimento da população do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário, onde,  $P(t+n)$  e  $P(t)$  são os investimentos correspondentes a duas datas sucessivas ( $n$  e  $n+t$ ) e  $n$  é o intervalo de tempo entre essas datas, medido em ano. O Quadro A5.23 apresenta a descrição dos níveis de impacto, adotando-se do PVE1.1 - Investimento para o crescimento industrial do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVF2 – Consumo de energia** - Avalia o grau de consumo de energia em um território determinado. A respeito, deve-se salientar que a expansão da oferta de energia é fundamental como insumo para o crescimento econômico, de maneira que, a produção, o consumo e os subprodutos resultantes da oferta de energia exercem pressões sobre os recursos hídricos e o meio ambiente. Por isso, com o aumento da consciência ecológica e os problemas globais gerados pelas externalidades ambientais, a sustentabilidade energética tornou-se uma preocupação constante. Por conseguinte, buscar a eficiência energética faz parte do planejamento para melhorar o aproveitamento dos recursos hídricos e energéticos (IBGE, 2002). Por outro lado, a dependência de recursos não renováveis, em longo prazo, pode ser considerada insustentável. Embora se descubram novas reservas de combustível fóssil, sua utilização pode não ser aconselhável por motivos econômicos (IBGE, 2002). Levando em conta essas considerações, a Figura A5.17 mostra que este PVF é operacionalizado pela composição de três PVEs.



**Figura A5.17** Árvore de PVEs do PVF2 – Consumo de energia

**PVE2.1 - Consumo de energia per capita** - Avalia o grau de consumo final de energia por habitante, em um determinado território e ano. O mesmo é determinado pela seguinte relação:

$$CEP = \frac{E}{P} \quad (\text{Eq. 25})$$

Onde, E é o consumo final de energia em gigajoules - GJ, e P é o total da população residente no município em hab. Os dados estão disponíveis em toneladas equivalentes de petróleo - tep, sendo convertidos para gigajoules - GJ, usando-se a relação: 1 tep = 45,22 GJ (Ministério das Minas e Energia – MME).

Em termos gerais, o consumo de energia per capita, em um determinado território, depende de suas condições econômicas, sociais e ambientais. Nos países em desenvolvimento, o consumo per capita situa-se na faixa da sexta parte daquele verificado nos mais industrializados (IBGE, 2002).

Com relação aos níveis de impacto, para construí-los, elabora-se lista que contém os valores do CEP de uma população de municípios, a partir do qual, determina-se os valores máximo (CEP<sub>máx</sub>), mínimo (CEP<sub>mín</sub>), médio (CEP<sub>méd</sub>) e do desvio padrão (DP). Desta maneira, no Quadro A5.44 apresenta-se os níveis de impacto.

**Quadro A5.44 Descritor do PVE2.1 - Consumo de energia per capita**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N7 (Bom)	CEP <sub>máx</sub>
N6	CEP <sub>méd</sub> + 2DP
N5	CEP <sub>méd</sub> + DP
N4	CEP <sub>méd</sub>
N3	CEP <sub>méd</sub> + DP
N2 (Neutro)	CEP <sub>méd</sub> + 2DP
N1	CEP <sub>mím</sub>

**PVE2.2 - Intensidade energética** - Avalia a eficiência de consumo energético final em um território e ano determinado, visando ter maior eficiência energética que implica maiores benefícios, tais como: redução do peso da conta de energia sobre os custos totais de produção, menores impactos e custos ambientais decorrentes do processo produtivo, diminuição ou, em alguns casos, adiamento dos custos de capital da expansão da oferta de energia (IBGE, 2002). Nessa perspectiva, o descritor é determinado pela seguinte relação:

$$ECE = \frac{E}{PIB} \quad (\text{Eq. 26})$$

Onde, E é o consumo final energético é expresso em toneladas equivalentes de petróleo - tep - e P é Produto Interno Bruto em reais. A energia elétrica que tem sua origem quase total nas hidrelétricas, deve-se transformar para toneladas equivalentes de petróleo - tep, através da relação: 1 KWh = 860 kcal, segundo o primeiro princípio da Termodinâmica.

Com relação aos níveis de impacto, para construí-los, elabora-se lista que contém os valores da ECE de uma população de municípios, a partir do qual, determina-se os valores máximo (ECEmáx), mínimo (ECEmín), médio (ECEméd) e do desvio padrão (DP). Desta maneira, no Quadro A5.45 apresenta-se os níveis de impacto.

**Quadro A5.45 Descritor do PVE2.2 - Intensidade energética**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N7 (Bom)	ECEmáx
N6	ECEméd + 2DP
N5	ECEméd + DP
N4 (Neutro)	ECEméd
N3	ECEméd + DP
N2	ECEméd + 2DP
N1	ECEmín

**PVE2.3 - Participação de fontes renováveis na oferta de energia** - Avalia a importância das fontes renováveis na oferta total interna de energia (OIE), o mesmo é determinado pela seguinte relação:

$$OIE = \frac{Er}{Et} \quad (\text{Eq. 27})$$

Onde, Er é o consumo final de energia renovável em gigajoules - GJ, e Et é o total de energia renovável e não renovável em gigajoules - GJ.

Os dados disponíveis em toneladas equivalentes de petróleo - tep, deve-se transformar para gigajoules - GJ, usando-se a relação: 1 tep = 45,22 GJ (Ministério das Minas e Energia – MME).

A energia elétrica gerada nas hidrelétricas, deve-se transformar, segundo o Primeiro Princípio da Termodinâmica - (1 KWh = 860 kcal).

Entre as principais fontes de energia não-renovável salienta-se o petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral e derivados, urânio e derivados e entre as fontes de energia renovável destacam-se a hidráulica e eletricidade, lenha e carvão vegetal, derivados de cana-de-açúcar e outras fontes primárias renováveis.



Apesar da lenha e do carvão vegetal serem considerados como fontes renováveis de energia, deve ser visto com ressalva, pois as retiradas de matas nativas podem ocorrer de modo não sustentável.

Com relação aos níveis de impacto, para construí-los, elabora-se lista que contém os valores da ECE de uma população de municípios, a partir do qual, determina-se os valores máximo (PFEmáx), mínimo (PFEmín), médio (PFEméd) e do desvio padrão (DP). Desta maneira, no Quadro A5.46 apresenta-se os níveis de impacto.

**Quadro A5.46 Descritor do PVE2.3 - Participação de fontes renováveis na oferta de energia**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N7 (Bom)	ECEmáx
N6	ECEméd + 2DP
N5	ECEméd + DP
N4 (Neutro)	ECEméd
N3	ECEméd + DP
N2	ECEméd + 2DP
N1	ECEmím

**PVF3 - Capacidade das barragens** - Avalia a capacidade do setor de energia elétrica em termos de uso do solo. É descrito pelo tempo de permanência da área máxima alagada acima de um nível crítico, ao longo de um período de tempo. O nível crítico representa a área máxima alagada suficiente para garantir a geração de energia elétrica.

Com relação aos níveis de impacto, para construí-los, prepara-se um conjunto de valores de área máxima alagada correspondente a um determinado tamanho de registro, por exemplo, de 30 anos. A partir disso, determina-se a frequência relativa acumulada "acima de" e constrói-se uma curva de permanência da área máxima alagada. Desta maneira, no Quadro A5.47 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.47 Descritor do PVF3 - Capacidade das barragens**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de F	Indica
N6	100 %	Permanência com impacto <u>ligeiro</u>
N5 (Bom)	80 %	Permanência com impacto <u>moderado</u>
N4	60 %	Permanência com impacto <u>forte</u>
N3 (Neutro)	40 %	Permanência com impacto <u>muito forte</u>
N2	20 %	Permanência com impacto <u>grave</u>
N1	5 %	Permanência com impacto <u>muito grave</u>

**PVF4 - Regularização dos reservatórios** - Avalia a eficiência de regularização dos reservatórios. É descrito pela variabilidade dos volumes afluentes aos reservatórios, a

mesma é determinada através da Equação 28 do coeficiente de variação dos deflúvios anuais (CV).

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_m)^2}{n-1}}}{X_m} \quad (\text{Eq. 28})$$

Onde,  $X_i$  é o volume afluente ao reservatório,  $X_m$  é o volume médio anual e  $n$  é o número de observações.

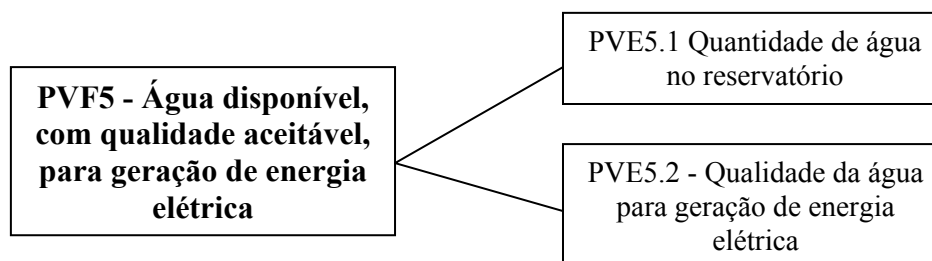
Para Campos *et al.* (1997), os valores elevados do CV implicam que os reservatórios têm menor eficiência de regularização. Ainda o autor, para a região do semi-árido do Estado de Ceará, admitiu os seguintes valores:  $CV \geq 1$  indica baixa eficiência de regularização e  $CV < 1$  indica boa eficiência de regularização (isto pode significar que há necessidades de menores reservatórios).

Para o presente caso, no Quadro A5.48 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto, adotando-se de Campos *et al.* (1997).

**Quadro A5.48 Descritor do PVF4 - Regularização dos reservatórios**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N3 (Bom)	$0,0 \leq CV < 0,5$	<u>Boa</u> eficiência de regularização
N2 (Neutro)	$0,5 \leq CV < 1$	<u>Moderada</u> eficiência de regularização
N1	$CV \geq 1$	<u>Baixa</u> eficiência de regularização

**PVF5 - Água disponível, com qualidade aceitável, para geração de energia elétrica -** Avalia-se o estado de disponibilidade d'água, com qualidade aceitável, para geração de energia elétrica. Como mostra a Figura A5.18 este PVF é operacionalizado a partir da composição de dois PVEs.



**Figura A5.18 Árvore de PVEs do PVF5 - Água disponível, com qualidade aceitável, para geração de energia elétrica**

**PVE5.1 Quantidade de água no reservatório** - Avalia a disponibilidade de água para geração de energia elétrica frente a possíveis secas hidrológicas prolongadas. É descrito pela insuficiência na capacidade de armazenamento, sendo calculado pela Equação 29, a seguir:

$$ICA = \frac{V_t}{V_{ac}} \quad (\text{Eq. 29})$$

Onde,  $V_{ac}$  é o volume afluente médio anual, em m<sup>3</sup>, e  $V_t$  é a capacidade de acumulação total de água no reservatório.

Os valores elevados de ICA, implicam o reservatório com maior possibilidade de atravessar um período de deficiência de água. Por outro lado, os valores desta relação que representam níveis críticos, dependem das características regionais e devem ser fixadas com ajuda de especialistas. Assim, Gleik (1990) adotou para a bacia do Rio Grande (EUA) o valor de 0,6 com limites do ponto crítico. Campos *et al.* (1997) admitiu, para a região do semi-árido do Estado de Ceará, os seguintes valores:  $ICA < 1,5$ , indicam um baixo uso do potencial de acumulação,  $1,5 \leq ICA \leq 2,5$  indicam um bom uso do potencial de acumulação e  $ICA > 2,5$  indicam que a capacidade de reservação da bacia está próxima à exaustão.

Para o presente caso, a descrição dos níveis de impacto pode-se basear em Campos *et al.* (1997), apresentando-se no Quadro A5.49.

**Quadro A5.49 Descritor do PVE5.1 Quantidade de água no reservatório**

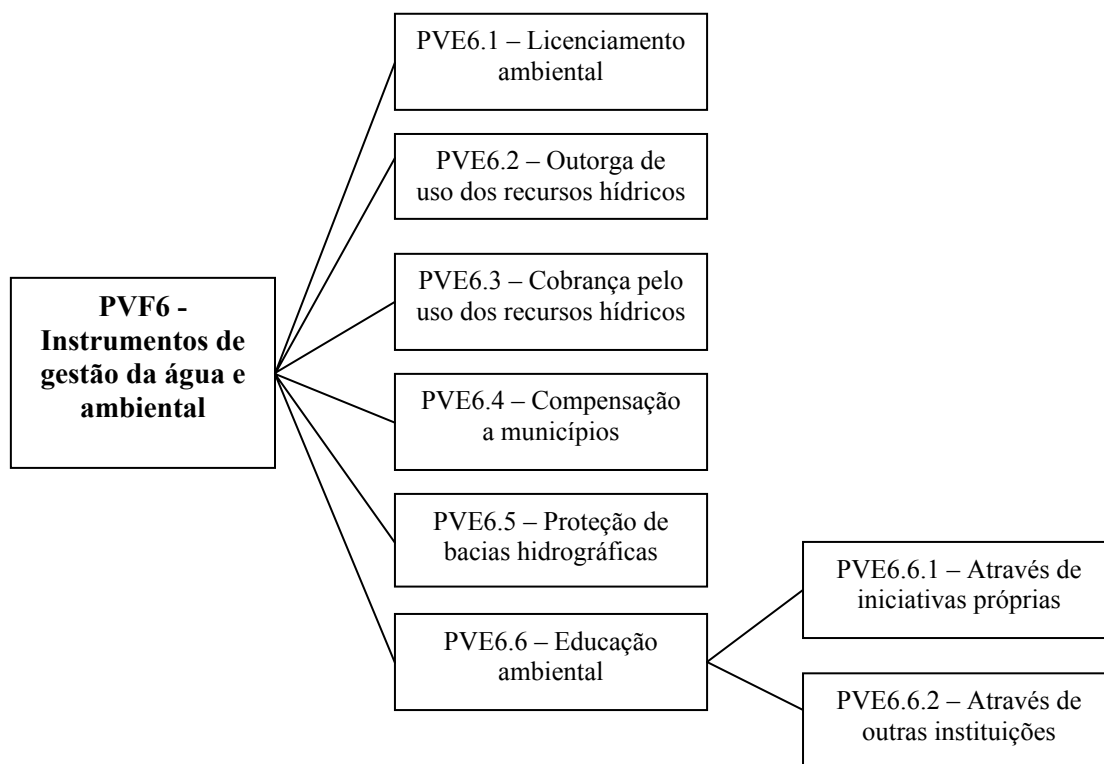
Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N3 (Bom)	$ICA < 1,5$	<u>Baixo</u> uso do potencial de acumulação
N2 (Neutro)	$1,5 \leq ICA \leq 2,5$	<u>Bom</u> uso do potencial de acumulação
N1	$ICA > 2,5$	A capacidade de reservação da bacia está próxima à <u>exaustão</u>

**PVE5.2 - Qualidade da água para geração de energia elétrica** - Avalia as condições de qualidade da água no reservatório para geração de energia elétrica, visando ter melhor qualidade da água para a produção de energia elétrica. Este PVE é descrito subjetivamente pela qualidade da água atribuída pela organização, contanto que, na região a qualidade da água estaria sujeita principalmente à presença de algas e outros fatores. Quadro A5.50 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.50 Descritor do PVE5.2 - Qualidade da água para geração de energia elétrica**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5	Qualidade <u>ótima</u>
N4 (Bom)	Qualidade <u>boa</u>
N3 (Neutro)	Qualidade <u>regular</u>
N2	Qualidade <u>ruim</u>
N1	Qualidade <u>péssima</u>

**PVF6 – Instrumentos de gestão da água e ambiental** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, visando incentivar a racionalização do uso da água e preservação dos corpos de água. Conforme a Figura A5.19, é operacionalizado pela composição de seis PVEs.



**Figura A5.19** Árvore de PVEs do PVF6 – Instrumentos de gestão da água e ambiental

**PVE6.1 – Licenciamento ambiental** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente, com base em manifestação técnica obrigatória, tem expedido as seguintes licenças vigentes: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação (Lei Estadual, N° 11. 520, Cap. VIII, Art. 56). Os níveis de impacto, para este PVE, apresenta-se no Quadro A5.17, sendo adotados do PVE11.1 - Licenciamento ambiental do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

Para um conjunto de obras hidroelétricas (reservatórios, usinas e outros) que requerem licenciamento ambiental, os estados de modalidade de licenciamento variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.1 – Licenciamento ambiental. Com essa consideração, pode-se formular o índice de licenciamento ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de obras hidroelétricas, correspondentes a cada estado de modalidade de licenciamento.

**PVE6.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente emite outorga de direitos de uso dos recursos hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção I e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção III). O descritor, bem como a os passos para avaliação, podem ser adotados do PVE11.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.18.

**PVE6.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos** - Avalia o estado de implementação do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos, no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção II e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção IV). O descritor, bem como os passos para avaliar podem ser adotados do PVE11.3 - Cobrança pelo uso dos recursos hídricos do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, o Quadro A5.19 apresenta os níveis de impacto.

**PVE6.4 – Compensação a municípios** - Avalia o grau com que se aplica o instrumento de compensação a municípios sujeitas a restrições de uso do solo com a finalidade de proteção de recursos hídricos (Lei Est. N° 11.520/00, Art. 122). O Quadro A5.20 mostra os níveis de impacto do descritor, sendo adotados do PVE11.4 – Compensação a municípios do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVE6.5 - Proteção das bacias hidrográficas** - Avalia o grau com que se executa projetos ou ações com vista à preservação e/ou proteção de bacias hidrográficas, onde estão localizadas as barragens (Lei Est. N° 11.520/00, Art. 15), como também áreas de preservação permanente em torno aos corpos de água (Lei Est. N° 11.520/00, Art. 155 e Art.156). A respeito, de acordo com a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE, 2003) a organização participa e é a responsável pela coordenação, fiscalização e acompanhamento de diversos projetos ambientais relacionados ao meio ambiente físico e biótico, de um determinado empreendimento. Nessa perspectiva, o Quadro A5.51 mostra a descrição dos estados.

**Quadro A5.51 Descritor do PVE6.5 - Proteção das bacias hidrográficas**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Projetos relacionados com: <u>monitorização da qualidade das águas subterrâneas e superficiais.</u>
N3 (Neutro)	Projetos relacionados com: <u>faixa ciliar de proteção do reservatório, controle de macrófitas aquáticas, monitorização da fauna íctica.</u>
N2	Projetos relacionados com: <u>viveiro florestal, recuperação de áreas degradadas, limpeza da bacia de acumulação.</u>
N1	Projetos relacionados com: <u>unidades de conservação, resgate e monitoração da fauna silvestre, posto de piscicultura, condições climáticas e outros.</u>

Para um conjunto de projetos ambientais, cada um deles pertence a um estado ou categoria de projeto ambiental, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.5 - Proteção das bacias hidrográficas. Com essa consideração, pode-se formular o índice de proteção das bacias hidrográficas, como instrumento de gestão da água e ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de recursos financeiros aplicados, correspondentes a cada estado ou categoria de projeto ambiental.

**PVE6.6 - Educação ambiental** - Avalia se organização teve oportunidade de participar em algum projeto de educação ambiental promovidos pelo Poder Público (Lei Est. 11.520/00, Art. 27) e sua preocupação em contribuir ao desenvolvimento da educação ambiental no âmbito social, cultural e econômico (CEEE, 2003). Assim, este PVE é descrito pela composição de dois pontos de vista mais elementares:

**PVE6.6.1 – Através de iniciativas próprias** - Avalia a contribuição da organização local à educação ambiental, bem como através de outros projetos relacionados ao meio social, cultural e econômico. No Quadro A5.52 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.52 Descritor do PVE6.6.1 – Através de iniciativas próprias**

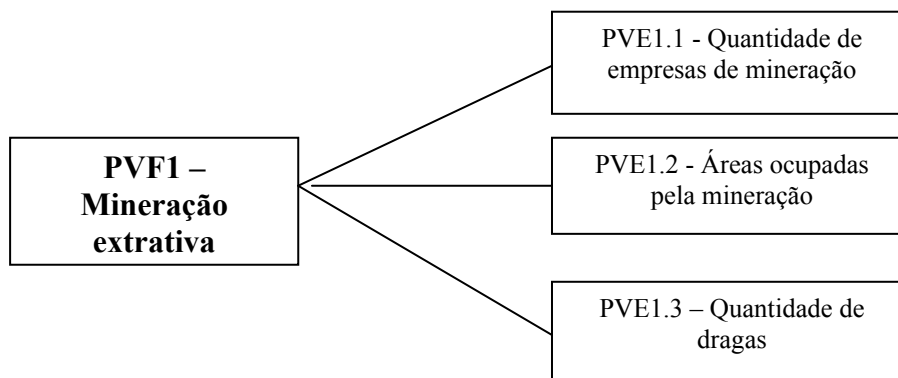
Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Projetos relacionados com a <u>educação ambiental</u> .
N3 (Neutro)	Projetos relacionados com <u>desapropriação e reassentamento da população</u> .
N2	Projetos relacionados com a <u>assistência à saúde e prevenção de acidentes com animais peçonhentos e controle de vetores e hospedeiros de doenças humanas</u> .
N1	Projetos relacionados com <u>salvamento paisagístico e arqueológico e outros</u> .

**PVE6.6.2 - Através de outras instituições** - Avalia se os colaboradores da organização local, tiveram oportunidade de participar em algum projeto de educação ambiental promovidos pelo Poder Público (Lei Est. 11.520/00, Art. 27) ou outras instituições. O descritor pode ser adotado do Quadro A5.35 do PVE6.5.2 – Através de outras instituições do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

## Cluster 6 - Navegação

**Função de produção:** Produção do serviço de navegação

**PVF1 - Mineração extrativa** - Avalia o potencial da mineração extrativa (areia) em termos de capital. É descrito pela composição de três PVEs de base (Figura A5.20).



**Figura A5.20** Árvore de PVEs do PVF1 - Mineração extrativa

**PVE1.1 – Quantidade de empresas de mineração** - Avalia a quantidade de empresas de mineração no local. É descrito pelo número de empresas mineradoras por unidade de área, DM, sendo obtido pela seguinte expressão.

$$DM = \frac{N \text{ min}}{A} \quad (\text{Eq. 30})$$

**Onde, Nmin é o número total de empresas mineradoras, A é a área do município.**

Prepara-se um conjunto de valores da densidade da mineração, DM, esta variável, transforma-se para o valor padronizado, Z, através da Equação 18, logo para a avaliação podem ser utilizados os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVE1.2 – Porte das empresas de mineração** - Avalia o porte das atividades de mineração no local. É descrito adotando a Resolução N° 01/95 – Conselho Administrativo da FEPAM (FEPAM, 2003), concernente ao Enquadramento de Ramos de Atividades. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.53.

**Quadro A5.53 Descritor do PVE1.2 – Porte das empresas de mineração**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de (Área requerida ao DNPM)	Indica
N5 (Bom)	Demais	Mineração de porte <u>excepcional</u>
N4 (Neutro)	>100 ha e ≤ 500 ha	Mineração de porte <u>grande</u>
N3	>30 ha e ≤ 100 ha	Mineração de porte <u>médio</u>
N2	>10 ha e ≤ 30 ha	Mineração de porte <u>pequeno</u>
N1	≤ 10 ha	Mineração de porte <u>mínimo</u>

Para um conjunto de empresas de mineração, cada um deles pertence a um estado ou categoria de porte, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE1.2 – Porte das empresas de mineração. Com essa consideração, pode-se formular o índice de porte das empresas de mineração, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de empresas mineradoras, correspondentes a cada estado ou categoria de porte.

**PVE1.3 – Densidade de dragas** - Avalia a quantidade de dragas no local. É descrito pelo número de dragas por unidade de área, DD, sendo calculado pela Equação 31 a seguir.

$$DD = \frac{Nd_{ra}}{A} \quad (\text{Eq. 31})$$

Onde,  $Nd_{ra}$  é o número total de dragas e  $A$  é a área do município.

Prepara-se um conjunto de valores da densidade de dragas, DD, esta variável transforma-se para o valor padronizado, Z, aplicando a Equação 18, logo para a avaliação podem ser utilizados os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVF2 - Produção da mineração extrativa** - Avalia o grau do crescimento do setor da mineração extrativa, em relação ao crescimento econômico total. É descrito pela seguinte relação:

$$RMin = \frac{PIB_{\min}}{PIB_t} \quad (\text{Eq. 32})$$

Onde,  $PIB_{\min}$  é o Produto bruto do setor da mineração extrativa e  $PIB_t$  é o Produto bruto total.

A descrição dos níveis impacto apresenta-se no Quadro A5.26, adotando-se do PVF2 - Produto industrial vendável do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.



**PVF3 - Intensidade de navegação** - Avalia a intensidade de navegação no rio. É descrito pela quantidade de energia consumida nas operações com dragas e barcos, ECN, sendo calculado pela Equação 33 a seguir.

$$ECN = \sum_{i=1}^n DB_i \quad (\text{Eq. 33})$$

Onde, DB é a energia consumida pela draga ou barco  $i$  e  $n$  é o número total de dragas e barcos em operação.

Elabora-se um conjunto de valores de ECN, correspondente a um determinado período de registro, por exemplo entre os últimos 5 a 10 anos. Esta variável, transforma-se para o valor padronizado,  $Z$ , através da Equação 18, logo para a avaliação podem ser utilizados os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVF4 - Regime de vazão** - Avalia as condições de regime de vazão para a navegação. É descrito pelo tempo de permanência da vazão acima de um nível crítico. Constrói-se a curva de permanência no rio, como também os níveis de impacto (Quadro A5.9), adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Porém as escalas de preferência, bem como o nível crítico, deverão ser determinados setorialmente com ajuda dos especialistas.

**PVF5 - Estrutura física "habitat" do rio** - Avalia a vulnerabilidade do meio físico do arroio. Pode ser descrito adotando a metodologia de Diagnostico Conservacionista de Bacias Hidrográficas, proposto pelo *Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras* (CIDIAT, 1987), através do Fator de proteção do solo, baseado em fatores do clima, relevo, geologia e vegetação. A formulação compõe-se de oito fatores como segue:

$$E(f) = \frac{CO.E.S.D}{L.R.e.CA} \quad (\text{Eq. 34})$$

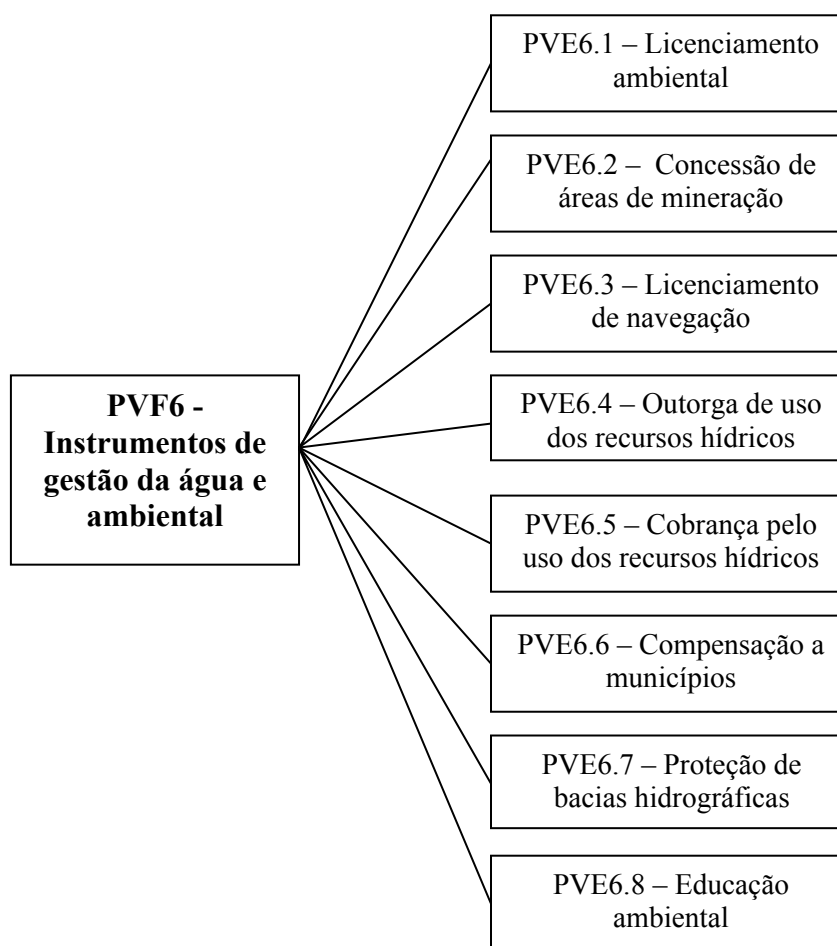
Onde, CO é a cobertura vegetal original; E a erosão potencial; S a sedimentação medida; D a declividade média da bacia; L a litologia do solo; R a erodibilidade do solo e, a cobertura da erosão atual e CA a cobertura vegetal atual.

Maiores detalhamentos para determinar cada um desses fatores, bem como seu agrupamento, são apresentados em CIDIAT (1987). Logo, seguindo essa metodologia, a descrição dos níveis de impacto para o fator composto de proteção do solo, apresenta-se no Quadro A5.54.

**Quadro A5.54** Descritor do PVF5 - Estrutura física "habitat" do rio

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N7	1	<u>Proteção total</u>
N6	$0,8 < Z \leq 0,99$	<u>Muito bem protegida</u>
N5 (Bom)	$0,6 < Z \leq 0,79$	<u>Bem protegida</u>
N4	$0,4 < Z \leq 0,59$	<u>Medianamente protegida</u>
N3 (Neutro)	$0,2 \leq Z \leq 0,39$	<u>Pouco protegida</u>
N2	$0,01 \leq Z \leq 0,19$	<u>Altamente desprotegida</u>
N1	0	<u>Totalmente desprotegida</u>

**PVF6 - Instrumentos de gestão da água e ambiental** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, com o fim de incentivar a racionalização do uso da água e preservar os corpos de água. É operacionalizado pela composição de oito PVEs de base:

**Figura A5.21** Árvore de PVEs do PVF6 - Instrumentos de gestão da água e ambiental

**PVE6.1 – Licenciamento ambiental** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente, com base em manifestação técnica obrigatória, tem expedido tanto ao setor de mineração (por sua operação e uso de dragas; Lei Estadual, N° 11. 520, Cap. XI, Art. 216)

quanto a outras atividades que usam o rio para navegação, as seguintes licenças vigentes: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação (Lei Estadual, Nº 11. 520, Cap. VIII, Art. 56). Os níveis de impacto do descritor são apresentados no Quadro A5.17, adotando-se do PVE11.1 - Licenciamento ambiental do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

Para um conjunto de empresas de mineração, cada um deles pertence a um estado de modalidades de licença, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.1 – Licenciamento ambiental. Com essa consideração, pode-se formular o índice de licenciamento ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de empresas mineradoras, correspondentes a cada estado ou modalidade de licença.

**PVE6.2 – Concessão de áreas de mineração** - Avalia o grau com que o órgão público competente (Departamento Nacional de Produção Mineral, DNPM) concede áreas de mineração a empresas. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.55.

**Quadro A5.55 Descritor do PVE6.2 – Concessão de áreas de mineração**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Com concessão <u>vigente</u>
N2 (Neutro)	Concessão <u>em andamento</u>
N1	<u>Sem concessão</u> nem em andamento

Para um conjunto de empresas de mineração, cada um deles encontra-se em um determinado estado de concessão, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.2 – Concessão de áreas de mineração. Com essa consideração, pode-se formular o índice de concessão de áreas de mineração, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de empresas mineradoras, correspondentes a cada estado ou modalidade de licença.

**PVE6.3 - Registro de navegação** - Avalia o grau com que o órgão público competente (Ministério da Marinha) registra as atividades de navegação. A descrição dos estados apresenta-se no Quadro A5.56.

**Quadro A5.56 Descritor do PVE6.3 - Licenciamento de navegação**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Com registro <u>vigente</u>
N2 (Neutro)	Registro <u>em andamento</u>
N1	<u>Sem registro</u> nem em andamento

Para um conjunto de empresas de mineração ou outras atividades que usam o rio para navegação, cada um deles encontra-se em um determinado estado de registro de navegação, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.3 – Registro de navegação. Com essa consideração, pode-se formular o índice de registro de navegação, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de empresas com atividades de navegação, correspondentes a cada estado de registro de navegação.

**PVE6.4 – Outorga de uso dos recursos hídricos** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente emite outorga de direitos de uso dos recursos hídricos, quando referida a usos que afetem as condições qualitativas das águas (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção I e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção III). No Quadro A5.18 apresenta-se os níveis de impacto, sendo adotados do PVE11.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

O estado de outorga, no qual se encontra cada usuário da água para navegação varia, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.4 – Outorga de uso dos recursos hídricos. Com essa consideração, pode-se formular o índice de aplicação da outorga de uso dos recursos hídricos, como instrumento de gestão da água e ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção dos usuários do rio para navegação, correspondente a cada estado de outorga.

**PVE6.5 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos** - Avalia o estado de implementação do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos, no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção II e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção IV). O descritor, bem como os passos para avaliar podem ser adotados do PVE11.3 - Cobrança pelo uso dos recursos hídricos do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, o Quadro A5.19 apresenta os níveis de impacto..

**PVE6.6 – Compensação a municípios** - Avalia o grau com que se aplica o instrumento da compensação a municípios sujeitas a restrições de uso do solo com a finalidade de proteção de recursos hídricos (Lei Est. N° 11.520/00, Art. 122). Os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.20, adotando-se do PVE11.4 do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVE6.7 - Proteção das bacias hidrográficas** - Avalia o grau com que se executa projetos ou ações mitigadoras e compensatórias, com vista à preservação e/ou proteção de bacias hidrográficas, em áreas concedidas para as atividades de mineração (Lei Est. 11.520/00, Art. 210, Art. 211). A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.57.

**Quadro A5.57 Descritores do PVE6.7 - Proteção das bacias hidrográficas**

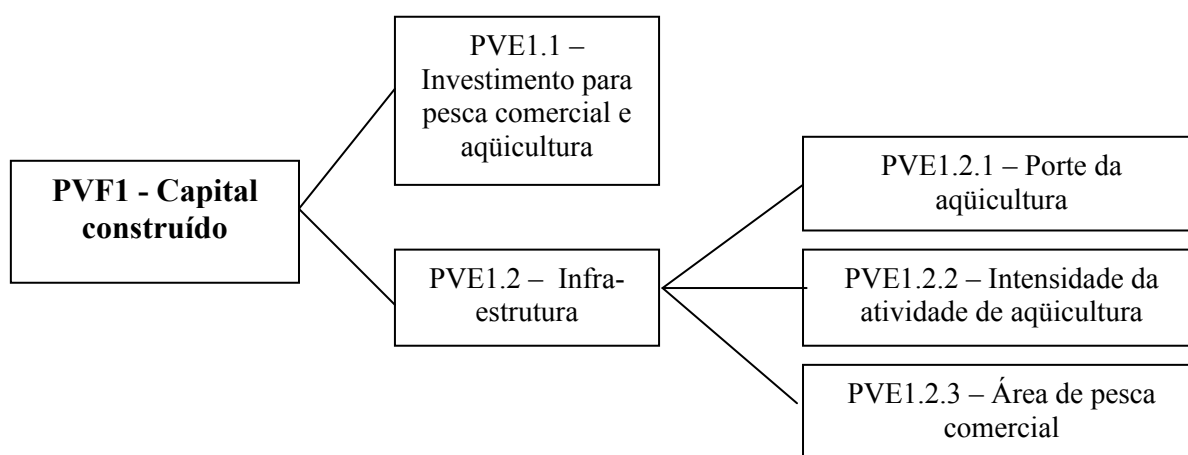
<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N4 (Bom)	Com <u>implementação</u> do Plano de Controle Ambiental
N3 (Neutro)	Com Plano de Controle Ambiental <u>elaborado e aprovado</u>
N2	Com Plano de Controle Ambiental <u>em elaboração</u>
N1	<u>Não existe</u> Plano de Controle Ambiental nem medidas mitigadoras

**PVE6.8 - Educação ambiental** - Avalia se a organização teve oportunidade de participar em algum projeto de educação ambiental promovidos pelo Poder Público (Lei Est. 11.520/00, Art. 27) ou outras instituições. O descritor pode ser adotado do Quadro A5.35 do PVE6.5.2 - Através de outras instituições do *Cluster* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**Cluster 7 - Criação natural (para pesca comercial) e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies para alimento humano**

**Função de produção:** Produção do serviço de criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies para alimentação humana.

**PVF1 - Capital construído** - Avalia o potencial da pesca comercial e da aqüicultura, em termos de formação de capital. Como mostra a Figura A5.22, este PVF é operacionalizado a partir da composição de um PVE composto e três PVEs de base.



**Figura A5.22** Árvore de PVEs do PVF1 - Capital construído

**PVE1.1 – Investimento para pesca comercial e aqüicultura** - Avalia o grau de estímulo ao desenvolvimento setorial pesqueiro e aqüicultura, visando incrementar sua capacidade produtiva. É descrito através do ritmo de crescimento do investimento total em determinado período.

O descritor é calculado adotando a Equação 1 do PVE1 – Taxa de crescimento da população do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário, onde,  $P(t+n)$  e  $P(t)$  são os investimentos correspondentes a duas datas sucessivas ( $n$  e  $n+t$ ) e  $n$  é o intervalo de tempo entre essas datas, medido em ano. O Quadro A5.23 apresenta a descrição dos níveis de impacto, adotando-se do PVE1.1 - Investimento para o crescimento industrial do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVE1.2 – Infra-estrutura** - Avalia a existência de infra-estrutura física para pesca comercial e aqüicultura no local. É descrito pela composição de três PVEs:

**PVE1.2.1 - Porte da aqüicultura** - Avalia o porte da aqüicultura. O descritor baseia-se na Resolução N° 01/95 – Conselho Administrativo da FEPAM (FEPAM, 2003), concernente ao Enquadramento de Ramos de Atividades. As unidades de medida são diferenciadas

segundo os ramos das atividades e são definidas pela FEPAM. A descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.58.

**Quadro A5.58 Descritor do PVE1.2.1 - Porte da aqüicultura**

Nível de impacto e de referência	Descrição				
	Valores de área alagada (ha), para Piscicultura sistema intensivo (alevinos)	Valores de área alagada (ha), para Piscicultura sistema intensivo e extensivo	Valores de área útil (m <sup>2</sup> ), para Ranicultura	Valores de área alagada (ha), para Carcinocultura (crustáceos), Malacocultura (moluscos) e outros	Indica porte
N5 (Bom)	Demais	Demais	Demais	Demais	<u>Excepcional</u>
N4 (Neutro)	>2 e ≤ 5	>10 e ≤ 50	>500 e ≤ 10000	>5 e ≤ 10	<u>Grande</u>
N3	>1 e ≤ 2	>5 e ≤ 10	>3000 e ≤ 5000	>2.5 e ≤ 5	<u>Médio</u>
N2	> 0.5 e ≤ 1	> 2 e ≤ 5	> 1000 e ≤ 3000	> 1 e ≤ 2.5	<u>Pequeno</u>
N1	≤ 0.5	≤ 2	≤ 1000	≤ 1	<u>Mínimo</u>

Para um conjunto de atividades de aqüicultura, cada um deles possui um determinado porte, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE1.2.1 – Porte da aqüicultura. Por conseguinte, pode-se formular o índice de porte da aqüicultura, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção dos usuários da água para aqüicultura, correspondente a cada estado de porte.

**PVE1.2.2 - Intensidade da atividade de aqüicultura** - Avalia a intensidade da atividade dedicada à aqüicultura no local. É descrito pela percentagem da área alagada com relação à área total, PAA, sendo calculado pela Equação 35 a seguir.

$$PAA = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{A} \quad (\text{Eq. 35})$$

Onde,  $A_i$  é a área alagada  $i$ , dedicada à aqüicultura,  $A$  é área do município.

Prepara-se um conjunto de valores da percentagem de área alagada, PAA, esta variável transforma-se para o valor padronizado,  $Z$ , aplicando a Equação 18. Após disso, para avaliação podem ser utilizadas os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVE1.2.3 - Áreas de pesca comercial** - Avalia o tamanho da área de pesca profissional, visando ter maior área para fins de lucro. É descrito pela percentagem de área com potencial pesqueiro, com relação à área total, PAP, sendo calculado pela Equação 36 a seguir.

$$PAP = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{A} \quad (\text{Eq. 36})$$

Onde,  $A_i$  é a área com potencial de pesca  $i$  e  $A$  é área do município.

Prepara-se um conjunto de valores da área total de locais com potencial pesqueiro, PAA, esta variável transforma-se para o valor padronizado, Z, aplicando a Equação 18. Após isso, para avaliação podem ser utilizadas os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVF2 - Produto aquático vendável** - Avalia o grau de crescimento do setor pesqueiro e aquicultura, em relação ao crescimento econômico total. É descrito pela seguinte relação:

$$RPes = \frac{PIB_{pes}}{PIB_t} \quad (\text{Eq. 37})$$

Onde, PIBpes é o Produto bruto do setor pesqueiro e aquicultura, PIBt é o Produto bruto total.

Para este PVF, o Quadro A5.26 apresenta os níveis impacto, adotando-se do PVF2 - Produto industrial vendável do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVF3 - Frequência de pesca** - Avalia a frequência de pesca comercial. É descrito pelo número de embarcações, NE, feitas pelas organizações pesqueiras, durante a temporada fora do período de piracema.

Com relação aos níveis de impacto, para construí-la, elabora-se uma lista que contém os valores do NE de um conjunto de organizações pesqueiras, a partir do qual, determina-se os valores máximo (NEmáx), mínimo (NEmín), médio (NEméd) e do desvio padrão (DP). Desta maneira, o Quadro A5.59 apresenta os níveis de impacto.

**Quadro A5.59 Descritor do PVF3 - Frequência de pesca**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N4 (Bom)	NEméd + DP a NEmáx	Frequência <u>alta</u>
N3	NEméd a NEméd + DP	Frequência <u>moderada</u>
N2 (Neutro)	NEméd - DP a NEméd	Frequência <u>baixa</u>
N1	NEmím a NEméd - DP	Frequência <u>muito baixa</u>

Para um conjunto de organizações pesqueiras, cada um deles faz um determinado número de embarcações pesqueiras, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVF3 - Frequência de pesca. Por conseguinte, pode-se formular o índice frequência de pesca, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator Wi é a proporção de organizações pesqueiras, correspondentes a cada estado de frequência.

**PVF4 - Frequência de drenagem** - Avalia a frequência de drenagem dos estabelecimentos (açudes naturais ou construídos, tanques ou viveiros) com organismos que tenham na água



seu meio natural ou mais freqüente de vida. É descrito pelo número de eventos de drenagens, ND, feitas pelas organizações de aquicultura.

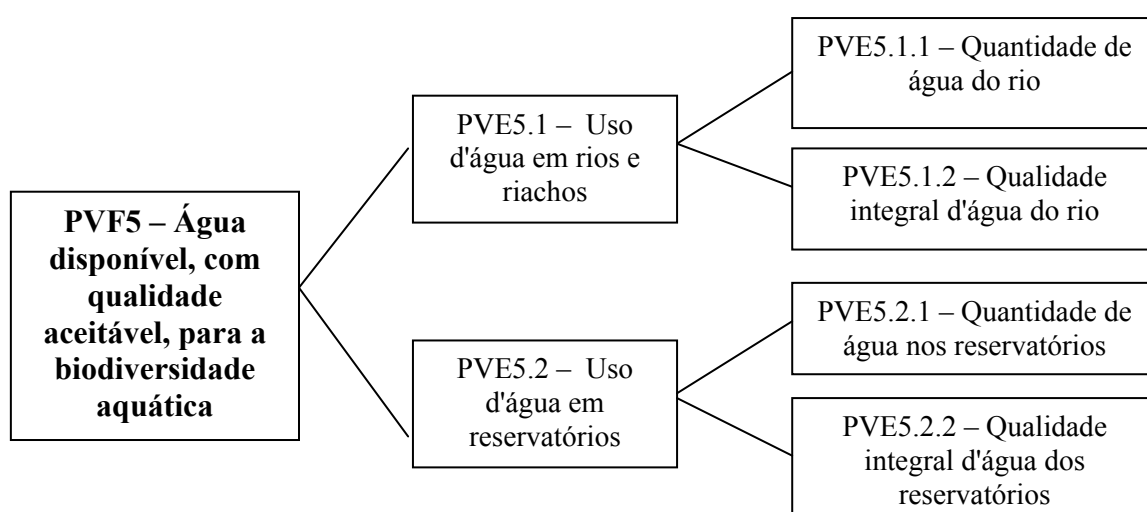
Com relação aos níveis de impacto, para construí-la, elabora-se uma lista que contém os valores do ND de um conjunto de organizações de aquiculturas, a partir do qual, determina-se os valores máximo (NDmáx), mínimo (NDmín), médio (NDméd) e do desvio padrão (DP). Desta maneira, no Quadro A5.60 apresenta-se os níveis de impacto.

**Quadro A5.60 Descritor do PVF4 - Freqüência de drenagem**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N4 (Bom)	NDméd + DP a Ndmáx	Freqüência <u>alta</u>
N3	NDméd a NDméd + DP	Freqüência <u>moderada</u>
N2 (Neutro)	NDméd - DP a NDméd	Freqüência <u>baixa</u>
N1	NDmím a NDméd - DP	Freqüência <u>muito baixa</u>

Para um conjunto de organizações de aquicultura, cada um delas faz um determinado número de eventos de drenagens, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVF4 - Freqüência de drenagem. Por conseguinte, pode-se formular o índice freqüência de drenagem, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de organizações pesqueiras, correspondentes a cada estado de freqüência.

**PVF5 - Água disponível, com qualidade aceitável, para a biodiversidade aquática -** Avalia o grau de disponibilidade de água para desenvolvimento da pesca comercial e aquicultura, a partir de diferentes fontes de água. É descrito pela composição de dois PVEs compostos e quatro PVEs de base:



**Figura A5.23 Árvore de PVEs do PVF5 - Água disponível, com qualidade aceitável, para a biodiversidade aquática**

**PVE5.1 – Uso da água em rios e riachos** - Avalia as condições de disponibilidade de água com qualidade aceitável para a biodiversidade aquática em rios e riachos. É descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE5.1.1 - Quantidade de água do rio** - Avalia a quantidade de água disponível no rio para a biodiversidade aquática. É descrito pelo tempo de permanência da vazão acima de um nível crítico. A determinação do descritor pode ser feita adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, o Quadro A5.8 mostra os níveis de impacto. As escalas de preferência, bem como o nível crítico, deverão ser determinados setorialmente com ajuda dos especialistas.

**PVE5.1.2 - Qualidade integral d'água do rio** - Avalia a qualidade integral d'água do rio para a biodiversidade aquática. É descrito através do índice de qualidade integral da água, adotando para tal, o método proposto por CCME (2001). Certamente, deve-se considerar os padrões de qualidade da água, representada pela Classe 2, que é apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Desta maneira, o IQA para biodiversidade aquática é definido pela Equação 7 e os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.9. A referida Equação e Quadro, bem como os passos metodológicos para determinar o IQA são descritos no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVE5.2 – Uso da água em reservatórios** - Avalia as condições de disponibilidade de água com qualidade aceitável para a biodiversidade aquática, em reservatórios. É descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE5.2.1 - Quantidade de água no reservatório** - Avalia a quantidade de água disponível no reservatório para a atividade da aqüicultura. É descrito pela insuficiência na capacidade de armazenamento. A determinação do descritor pode ser feita adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1 – Quantidade de água no reservatório do *Cluster 5* - Uso da água para geração de energia elétrica. Assim, o Quadro A5.49 mostra a os níveis de impacto.

**PVE5.2.2 - Qualidade integral d'água em reservatórios** - Avalia a qualidade integral d'água do rio para a biodiversidade aquática, visando ter uma melhor qualidade da água. É descrito através do índice de qualidade integral da água, adotando para tal, o método proposto por CCME (2001). Certamente, deve-se considerar os padrões de qualidade da água, representada pela Classe 2, que é apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Desta maneira, o IQA para biodiversidade aquática é definido pela Equação 7 e os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.9. A referida Equação e Quadro, bem como os passos metodológicos para determinar o IQA são descritos no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVF6 - Estrutura física "habitat" do rio** - Avalia a vulnerabilidade do meio físico do arroio. Pode ser descrito adotando a metodologia de Diagnostico Conservacionista de Bacias Hidrográficas, proposto por CIDIAT (1987), através do Fator de proteção do solo, baseado em fatores do clima, relevo, geologia e vegetação. A determinação do descritor segue os mesmos procedimentos descritos no PVF5 – Estrutura física "habitat" do rio do *Cluster 6 – Navegação*. Assim, o fator de proteção de solo é determinado com a Equação 34 e o Quadro A5.54 apresenta os níveis de impacto.

**PVF7 – Manejo de efluentes da criação de espécies aquáticas** - Avalia o grau de minimização de resíduos da criação de espécies aquáticas. É descrito pelas opções de manejo de resíduos. A respeito, deve-se priorizar segundo a seguinte hierarquia: evitar, minimizar, reutilizar, reciclar, tratar e por fim dispor adequadamente (Lei Estadual, N° 11.520, Cap. XII, Art. 217). Nessa perspectiva, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.61.

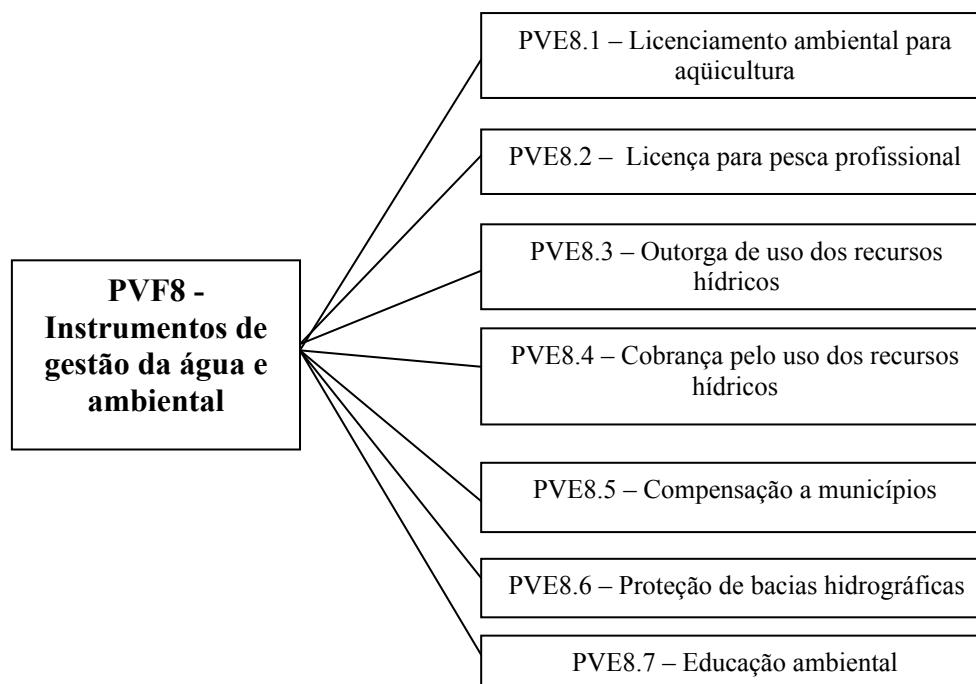
**Quadro A5.61 Descritor do PVF7 – Manejo de efluentes da criação de espécies aquáticas**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	<u>Reconversão</u> de resíduos
N2 (Neutro)	Disposição de resíduos <u>em banhados naturais ou artificiais</u>
N1	Disposição de resíduos a <u>céu aberto</u>

Para um conjunto de organizações de aqüicultura, cada um delas faz uma modalidade de manejo de seus efluentes, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVF7 – Manejo de efluentes da criação de espécies aquáticas. Por conseguinte, pode-se formular o índice de manejo de efluentes da criação de espécies aquáticas, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de organizações pesqueiras e aqüiculturas, correspondentes a cada estado de manejo de efluentes.

**PVF8 - Instrumentos de gestão da água e ambiental** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de gestão ambiental e dos recursos hídricos, com o fim de incentivar a racionalização do uso da água e preservar os corpos de água. É descrito pela composição de sete PVEs de base (Figura A5.24 deste Anexo)

**PVE8.1 – Licenciamento ambiental para a aqüicultura** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente, com base em manifestação técnica obrigatória, tem expedido as seguintes licenças vigentes: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação (Lei Estadual, N° 11.520, Cap. VIII, Art. 56). Os níveis de impacto do descritor podem ser adotados do PVE11.1 - Licenciamento ambiental do *Cluster 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário* (Quadro A5.17).



**Figura A5.24** Árvore de PVEs do PVF8 - Instrumentos de gestão da água e ambiental

Para um conjunto de organizações de pesca e de aquicultura, cada um deles pertence a um estado de modalidades de licença, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.1 – Licenciamento ambiental. Por conseguinte, pode-se formular o índice de licenciamento ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de organizações de pesca e de aquicultura, correspondentes a cada estado ou modalidade de licença.

**PVE8.2 – Licenciamento para pesca profissional** - Avalia o grau com que o órgão público competente (o IBAMA junto ao Ministério da Agricultura e Abastecimento) emite licença para a pesca profissional. A descrição dos estados apresenta-se no Quadro A5.62.

**Quadro A5.62** Descritor do PVE6.2 – Licenciamento para pesca profissional

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5 (Bom)	Com <u>licença</u> para pescar <u>vigente</u>
N4	Com <u>carteira</u> de Pescador <u>Profissional</u>
N3 (Neutro)	Com <u>registro</u> do <u>Ministério da Agricultura</u> e Abastecimento e na Capitania de Portos, do <u>Ministério da Marinha</u>
N2	Com registro do Ministério da Agricultura e Abastecimento
N1	<u>Sem nenhum</u> tipo de <u>registro</u> <u>nem</u> <u>licença</u>

Para um conjunto de organizações de pesca profissional, cada um delas pertence a um estado de licença e/ou registro, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.2 – Licenciamento para pesca profissional. Por

consequente, pode-se formular o índice de licenciamento para pesca profissional, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de organizações de pesca profissional, correspondentes a cada estado de licença e/ou registro.

**PVE8.3 – Outorga de uso dos recursos hídricos para aquicultura** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente emite outorga de direitos de uso dos recursos hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção I e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção III). O descritor, bem como os passos para avaliação, pode ser adotados do PVE11.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.18.

**PVE8.4 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos para aquicultura** - Avalia o estado de implementação do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos, no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos (Lei Est. N° 10.350/94, Cap. IV, Seção II e Lei Fed. N° 9.433/97, Cap. IV, Seção IV). O descritor, bem como os passos para avaliar podem ser adotados do PVE11.3 - Cobrança pelo uso dos recursos hídricos do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, o Quadro A5.19 apresenta os níveis de impacto.

**PVE8.5 – Compensação a municípios** - Avalia o grau com que se aplica o instrumento da compensação a municípios sujeitas a restrições de uso do solo com a finalidade de proteção de recursos hídricos (Lei Est. N° 11.520/00, Art. 122). Os níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.20, adotando-se do PVE11.4 – Compensação a municípios do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário

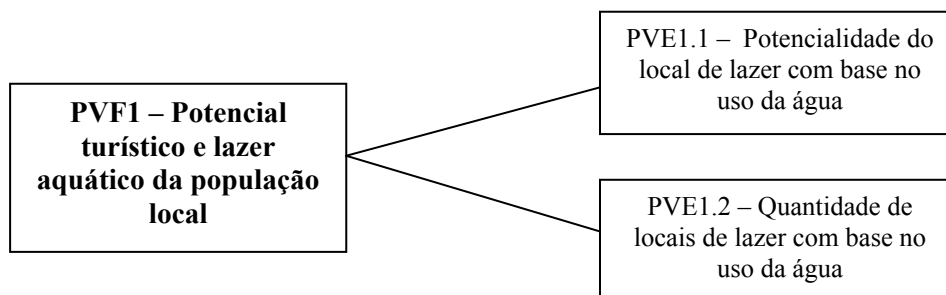
**PVE8.6 - Proteção das bacias hidrográficas** - Avalia o grau com que se executa projetos ou ações com vista à preservação e/ou proteção de bacias hidrográficas. Os níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.57, adotando-se do PVE6.7 - Proteção das bacias hidrográficas do *Cluster* 6- Navegação.

**PVE8.7 - Educação ambiental** - Avalia se a organização teve oportunidade de participar em algum projeto de educação ambiental promovidos pelo Poder Público (Lei Est. 11.520/00, Art. 27) ou outras instituições. O descritor pode ser adotado do Quadro A5.35 do PVE6.5.2 - Através de outras instituições do *Cluster* 2 - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**Cluster 8 - Turismo e lazer aquático: pesca, recreação de contato primário (natação, mergulho e esqui aquático e canoagem "raft") e contemplação paisagística**

**Função de produção:** Produção do serviço de turismo e lazer aquático

**PVF1 – Potencial turístico e lazer aquático da população local** - Avalia o potencial turístico e lazer aquático da população local, em termos de capital. É descrito pela composição de dois PVEs de base:



**Figura A5.25** Árvore de PVEs do PVF1 – Potencial turístico e lazer aquático da população local

**PVE1.1 – Potencialidade do local de lazer com base no uso da água** - Avalia a potencialidade do local, em termos de sua função de lazer como: de pesca amadora, recreação aquática e contemplação paisagística. No Quadro A5.63 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.63** Descritor do PVE1.1 – Potencialidade do local de lazer com base no uso da água

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Local de <u>pesca amadora, recreação aquática e contemplação paisagística</u>
N3	Local de <u>pesca amadora e contemplação paisagística</u>
N2 (Neutro)	Local de <u>recreação aquática e contemplação paisagística</u>
N1	Local de <u>contemplação paisagística</u>

Para um conjunto de locais de lazer baseado no uso da água, cada um deles pertence a um estado de função de lazer, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE1.1 – Potencialidade do local de lazer com base no uso da água. Por conseguinte, pode-se formular o índice de potencialidade do local de lazer com base no uso da água, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de locais de lazer baseado no uso da água, correspondentes a cada estado de função de lazer.

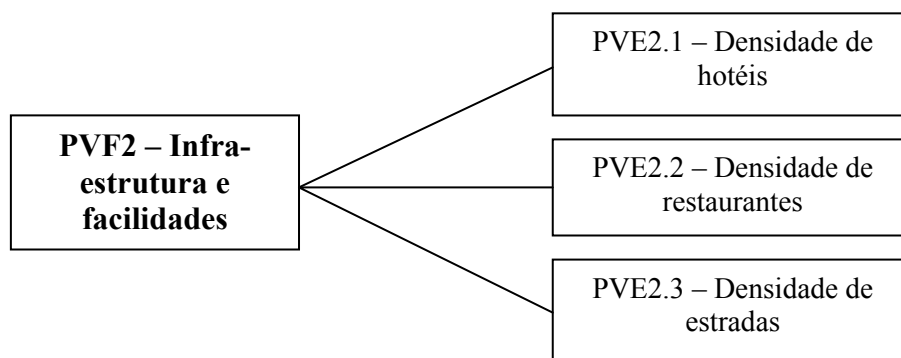
**PVE1.2 – Quantidade de locais de lazer com base no uso da água** - Avalia a quantidade de locais com função de pesca amadora, recreação aquática e contemplação paisagística. É descrito pelo número de locais de lazer aquático por unidade de área, DL, sendo calculado pela Equação 38 a seguir.

$$DLA = \frac{\sum_{i=1}^n Nlz}{A} \quad (\text{Eq. 38})$$

Onde, Nlz é o número de locais de lazer i, com base no uso da água e A é área do município.

Prepara-se um conjunto de valores da densidade de locais de lazer aquático, DLA. Esta variável, transforma-se para o valor padronizado, Z, através da Equação 18. Após isso, para avaliação podem ser utilizadas os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVF2 - Infra-estrutura e facilidades** - Avalia a disponibilidade de infra-estrutura que facilita a acessibilidade e incentiva a frequência aos locais de lazer, com base no uso da água, de turistas e da população local. Como mostra a Figura A5.26, é operacionalizado pela composição de três PVEs de base.



**Figura A5.26** Árvore de PVEs do PVF2 - Infra-estrutura e facilidades

**PVE2.1 – Densidade de hotéis** - Avalia a quantidade de hotéis no local por unidade de área. É descrito e determinado pela Equação 39 a seguir.

$$DHL = \frac{Nhl}{A} \quad (\text{Eq. 39})$$

Onde, Nhl é o número total de hotéis locais i e A é área do município.

Prepara-se um conjunto de valores da densidade de hotéis locais, DHL. Esta variável transforma-se para o valor padronizado, Z, aplicando a Equação 18. Após isso, para avaliação podem ser utilizadas os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVE2.2 – Densidade de restaurantes** - Avalia a quantidade de restaurantes no local por unidade de área. É descrito e determinado pela Equação 40 a seguir.

$$DRL = \frac{Nrl}{A} \quad (\text{Eq. 40})$$

Onde, Nrl é o número total de restaurantes locais e A é área do município.

Prepara-se um conjunto de valores da densidade de restaurantes locais, DRL. Esta variável transforma-se para o valor padronizado, Z, aplicando a Equação 18. Após isso, para avaliação podem ser utilizadas os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVE2.3 – Densidade de estradas** - Avalia o comprimento das estradas por unidade de área. É descrito e determinado pela Equação 41 a seguir.

$$DEst = \frac{\sum_{i=1}^n Ce_i}{A} \quad (\text{Eq. 41})$$

Onde, Ce é o comprimento da estrada I, A é área do município e n é número de estradas.

Prepara-se um conjunto de valores da densidade de estradas no local, Dest. Esta variável transforma-se para o valor padronizado, Z, aplicando a Equação 18. Após isso, para avaliação podem ser utilizados os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVF3 – Equipamentos** - Avalia o grau de equipamento disponível para as atividades de lazer aquático. É descrito pelo número de barcos por unidade de área, sendo determinado pela Equação 42 a seguir.

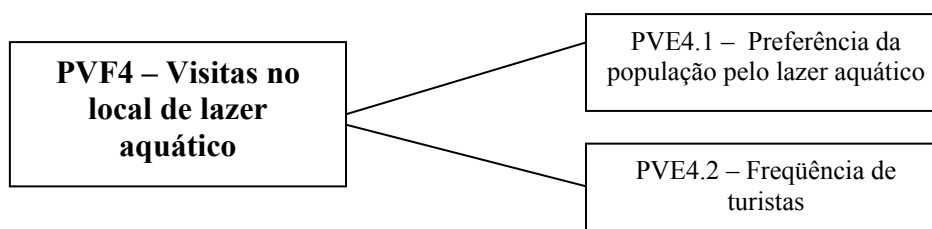
$$DB = \frac{\sum_{i=1}^n Nbl_i}{A} \quad (\text{Eq. 42})$$



Onde,  $N_{bli}$  é o número de barcos no local  $I$ ,  $A$  é área do município e  $n$  é o número de locais com potencial de lazer aquático.

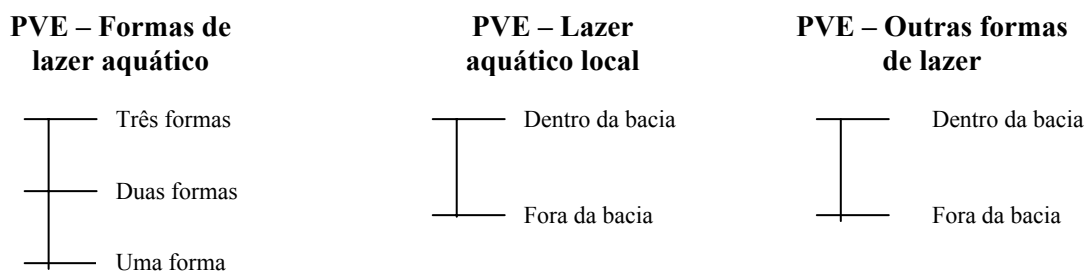
Prepara-se um conjunto de valores da densidade de barcos,  $DB$ . Esta variável transforma-se para o valor padronizado,  $Z$ , aplicando a Equação 18. Após isso, para avaliação podem ser utilizados os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVF4 - Visitas no local de lazer aquático** - Avalia o grau com que os turistas e a população preferem e freqüentam os locais de lazer aquático existente na bacia. O lazer aquático envolve o lazer de pesca amadora, recreação aquática e contemplação paisagística. Assim, a Figura A5.27 mostra que este PVF é operacionalizado pela composição de dois PVEs de base.



**Figura A5.27** Árvore de PVEs do PVF4 - Visitas no local de lazer aquático

**PVE4.1 - Preferência da população pelo lazer aquático** - Avalia o grau de preferência da população pelo lazer aquático na bacia. É descrito pela composição de três pontos de vista mais elementares: tipos de lazer aquático como pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística; lazer aquático local e; outras formas de lazer (não aquático). A Figura A5.28 mostra a descrição dos estados possíveis.



**Figura A5.28** Estados possíveis para compor o PVE4.1 - Preferência da população pelo lazer aquático

Levando em conta as combinações dos referidos estados possíveis do PVEs, constrói-se os níveis de impacto, apresentado-se no Quadro A5.64.

**Quadro A5.64 Descritores do PVE4.1 - Preferência da população pelo lazer aquático**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N6 (Bom)	A população busca <u>três formas de lazer aquático</u> na bacia: de pesca amadora, recreação de contato primário e contemplação paisagística
N5	A população busca <u>duas formas de lazer aquático</u> na bacia: de pesca amadora, recreação de contato primário ou contemplação paisagística
N4 (Neutro)	A população busca <u>apenas uma forma de lazer aquático</u> na bacia: de pesca amadora, recreação de contato primário ou contemplação paisagística
N3	A população busca lazer aquático em <u>qualquer forma fora da bacia</u>
N2	A população busca outras formas de <u>lazer (não aquático) na bacia</u>
N1	A população busca outras formas de <u>lazer (não aquático) fora da bacia</u>

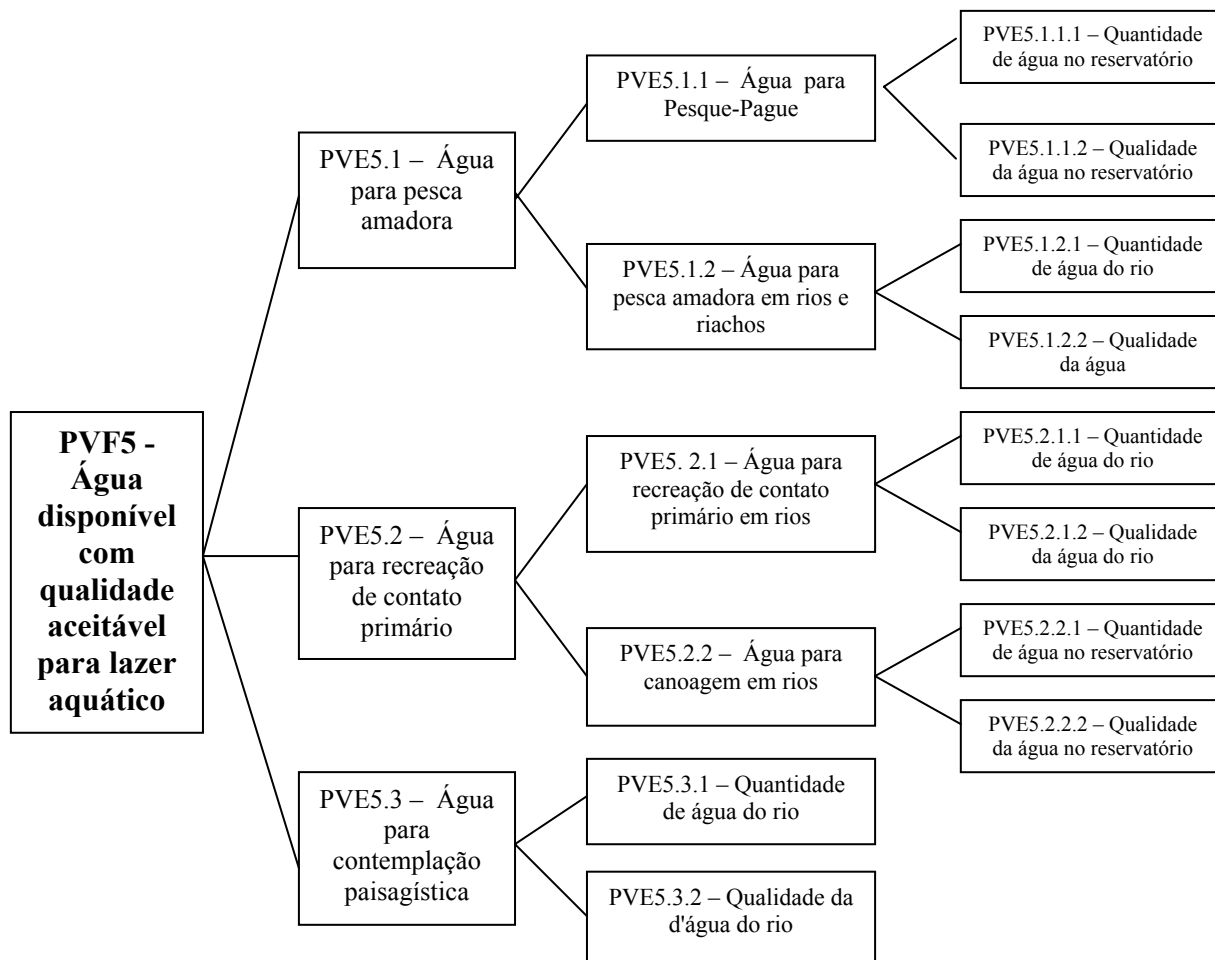
**PVE4.2 - Frequência de turistas** - Avalia a quantidade de turistas que freqüentam no local por unidade de área, no período de um ano. É descrito e determinado pela Equação 43 a seguir.

$$DT = \frac{\sum_{i=1}^n Nt_i}{A} \quad (\text{Eq. 43})$$

Onde,  $Nt_i$  é o número de turistas que freqüentam no local  $i$ ,  $A$  é área do município e  $n$  é número de locais de lazer aquático.

Prepara-se um conjunto de valores da densidade de turistas no local,  $DT$ . Esta variável transforma-se para o valor padronizado,  $Z$ , aplicando a Equação 18. Após isso, para avaliação podem ser utilizadas os níveis de impacto apresentados no Quadro A5.25, adotando-se do PVE1.2.2 – Densidade Industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVF5 – Água disponível, com qualidade aceitável, para lazer aquático** - Avalia as condições de disponibilidade de água, com qualidade aceitável, para lazer aquático, em função de seu uso preferencial e fontes de água. Como apresenta a Figura A5.29, este PVF é operacionalizado através da composição de sete PVEs compostos e dez PVEs de base.



**Figura A5.29** Árvore de PVEs do PVF 5 – Água disponível, com qualidade aceitável, para lazer aquático

**PVE5.1 – Água para pesca amadora** - Avalia as condições de disponibilidade de água com qualidade aceitável para o lazer de pesca amadora, em locais de Pesque-Pague e em rios e riachos. É descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE5.1.1 – Água para Pesque-Pague** - Avalia as condições de disponibilidade de água com qualidade aceitável para o lazer de Pesque-Pague. É descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE5.1.1.1 – Quantidade da água no reservatório** - Avalia a quantidade de água disponível no reservatório para fins de Pesque-Pague. É descrito pela insuficiência na capacidade de armazenamento. A determinação do descritor, pode ser feita adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1 – Quantidade de água no reservatório do *Cluster 5 - Uso da água para geração de energia elétrica*. Assim, o Quadro A5.49 apresenta os níveis de impacto.

**PVE5.1.1.2 - Qualidade integral d'água no reservatório** - Avalia a qualidade integral d'água nos reservatórios para a criação de espécies aquáticas, com fins da pesca amadora. É descrito através do índice de qualidade integral da água, adotando para tal, o método proposto por CCME (2001). Certamente, deve-se considerar os padrões de qualidade da água, representada pela Classe 2, que é apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Desta maneira, o IQA para criação de espécies aquáticas é definido pela Equação 7 e os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.9. A referida Equação e Quadro, bem como os passos metodológicos para determinar o IQA são descritos no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVE5.1.2 – Água de rios e riachos** - Avalia as condições de disponibilidade de água com qualidade aceitável para o lazer de pesca amadora em rios e riachos. É descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE5.1.2.1 – Quantidade de água do rio** - Avalia a quantidade de água disponível no rio para a biodiversidade aquática, que incentiva ao lazer de pesca amadora. É descrito pelo tempo de permanência da vazão acima de um nível crítico. A determinação do descritor, pode ser feita adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, o Quadro A5.8 mostra os níveis de impacto. As escalas de preferência, bem como o nível crítico, deverão ser determinados setorialmente com ajuda dos especialistas.

**PVE5.1.2.2 - Qualidade integral d'água do rio** - Avalia a qualidade integral d'água nos rios para a biodiversidade aquática, com fins da pesca amadora. É descrito através do índice de qualidade integral da água, adotando para tal, o método proposto por CCME (2001). Certamente, deve-se considerar os padrões de qualidade da água, representada pela Classe 2, que é apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Desta maneira, o IQA para biodiversidade aquática é definido pela Equação 7 e os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.9. A referida Equação e Quadro, bem como os passos metodológicos para determinar o IQA são descritos no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVE5.2 – Água para recreação de contato primário** - Avalia as condições de disponibilidade de água com qualidade aceitável para o lazer de recreação de contato primário, como a natação, mergulho, esqui aquático e canoagem. É descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE5.2.1 – Água para recreação de contato primário em rios** - Avalia a disponibilidade de água com qualidade aceitável para o lazer de recreação de contato primário, como a natação, mergulho e esqui aquático. É descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE5.2.1.1 – Quantidade de água do rio** - Avalia as condições de quantidade de água no rio para a recreação de contato primário, como a natação, mergulho e esqui aquático. É descrito pelo tempo de permanência da vazão acima de um nível crítico. A determinação do descritor pode ser feita adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, o Quadro A5.8 mostra os níveis de impacto. As escalas de preferência e o nível crítico, deverão ser determinados setorialmente com ajuda de especialistas.

**PVE5.2.1.2 – Qualidade da água do rio** - Avalia a qualidade da água do rio para a recreação de contato primário, como a natação, mergulho e esqui aquático. É descrito para tal, adotando o método proposto por CCME (2001). Certamente, deve-se considerar os padrões de qualidade da água, representada pela Classe 2, que é apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Desta maneira, o IQA para recreação de contato primário é definido pela Equação 7 e os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.9. A referida Equação e Quadro, bem como os passos metodológicos para determinar o IQA são descritos no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVE5.2.2 – Água para canoagem em rios** - Avalia a disponibilidade de água com qualidade aceitável para o esporte de canoagem ou raft. É descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE5.2.2.1 – Quantidade de água no reservatório** - Avalia as condições de quantidade de água no reservatório para garantir a canoagem, acrescentando a vazão do rio. É descrito pela insuficiência na capacidade de armazenamento. A determinação deste descritor, pode ser feita adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1 – Quantidade de água no reservatório do *Cluster* 5: Uso da água para geração de energia elétrica. Assim, o Quadro A5.49 mostra a os níveis de impacto.

**PVE5.2.2.2 – Qualidade da água no reservatório** - Avalia as condições de qualidade da água do rio para a canoagem. É descrito para tal, adotando o método proposto por CCME (2001). Certamente, deve-se considerar os padrões de qualidade da água, representada pela Classe 2, que é apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Desta maneira, o IQA para criação de espécies aquáticas é definido pela Equação 7 e os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.9. A referida Equação e Quadro, bem como os passos metodológicos para determinar o IQA são descritos no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

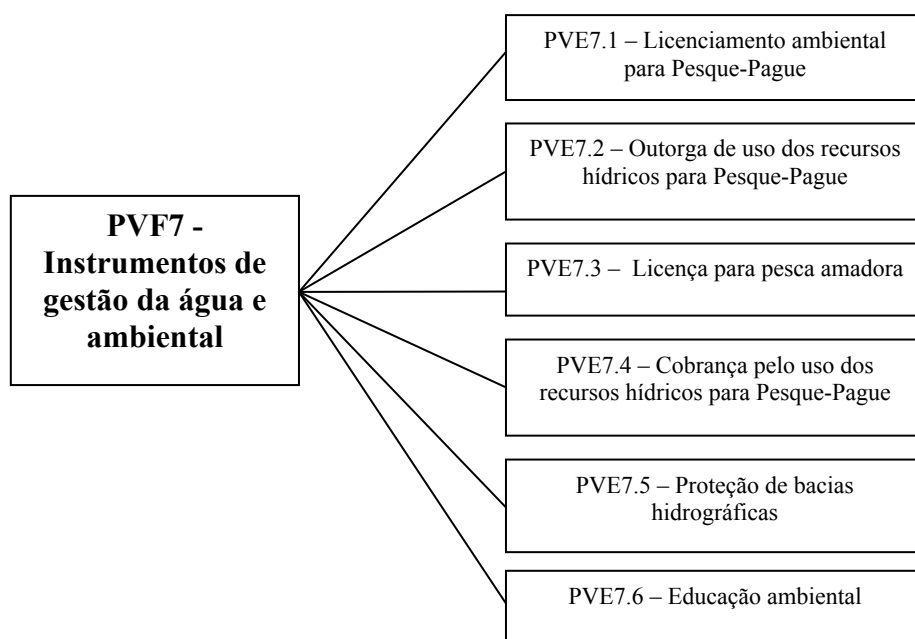
**PVE5.3 – Água para contemplação paisagística** - Avalia a disponibilidade de água com qualidade aceitável para o lazer de contemplação paisagística. É descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE5.3.1 – Quantidade de água do rio** - Avalia a quantidade de água disponível no rio para o lazer de contemplação paisagística. É descrito pelo tempo de permanência da vazão acima de um nível crítico. A determinação do descritor, pode ser feita adotando os mesmos critérios utilizados no PVE5.1.1 – Quantidade de água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, o Quadro A5.8 mostra os níveis de impacto. As escalas de preferência, bem como o nível crítico, deverão ser determinados setorialmente com ajuda dos especialistas.

**PVE5.3.2 – Qualidade da água do rio** - Avalia as condições de qualidade da água do rio para o lazer de contemplação paisagística. É descrito para tal, adotando o método proposto por CCME (2001). Certamente, deve-se considerar os padrões de qualidade da água, representada pela Classe 2, que é apresentada na Resolução CONAMA 20/86. Desta maneira, o IQA para criação de espécies aquáticas é definido pela Equação 7 e os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.9. A referida Equação e Quadro, bem como os passos metodológicos para determinar o IQA são descritos no PVE5.1.2 - Qualidade da água do rio para consumo humano do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

**PVF6 - Preservação da estrutura "habitat" do rio** - Avalia a vulnerabilidade do meio físico do arroio. Pode ser descrito adotando a metodologia de Diagnostico Conservacionista de Bacias Hidrográficas, proposto por CIDIAT (1987), através do Fator de proteção do solo, baseado em fatores do clima, relevo, geologia e vegetação. A determinação do descritor segue os mesmos procedimentos descritos no PVF5 – Estrutura física "habitat" do rio do *Cluster 6* – Navegação. Assim, o Fator de proteção do solo é determinado pela Equação 34 e o Quadro A5.54 apresenta os níveis de impacto.

**PVF7 - Instrumentos de gestão da água e ambiental** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de gestão das água e ambiental, visando incentivar a racionalização do uso d'água e preservar os corpos de água. É descrito pela composição de seis PVEs de base:



**Figura A5.30** Árvore de PVEs do PVF7 - Instrumentos de gestão da água e ambiental

**PVE7.1 – Licenciamento ambiental para o Pesque-Pague** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente, com base em manifestação técnica obrigatória, tem expedido as seguintes licenças vigentes: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação (Lei Estadual, Nº 11. 520, Cap. VIII, Art. 56). No Quadro A5.17 apresentam-se os níveis de impacto, adotando-se do PVE11.1 - Licenciamento ambiental do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

Para um conjunto de organizações de Pesque-Pague, cada um deles encontra-se em um estado de modalidades de licença, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.1 – Licenciamento ambiental. Por conseguinte, pode-se formular o índice de licenciamento ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de organizações de Pesque-Pague, correspondentes a cada estado ou modalidade de licença.

**PVE7.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos para Pesque-Pague** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente emite outorga de direitos de uso dos recursos hídricos (Lei Est. Nº 10.350/94, Cap. IV, Seção I e Lei Fed. Nº 9.433/97, Cap. IV, Seção III). O descritor, bem como a os passos para avaliação, podem ser adotados do PVE11.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.18.

**PVE7.3 – Licenciamento para pesca amadora** - Avalia o grau com que o órgão público competente (o IBAMA junto ao Ministério da Agricultura e Abastecimento) emite licença e registra atividades de pesca amadora. A descrição dos estados apresenta-se no Quadro A5.65.

**Quadro A5.65 Descritor do PVE7.3 – Licenciamento para pesca amadora**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5 (Bom)	Com licença para pesca amadora vigente
N4	Com carteira de Pescador Profissional
N3 (Neutro)	Com registro do Ministério da Agricultura e Abastecimento e na Capitania de Portos, do Ministério da Marinha
N2	Com registro do Ministério da Agricultura e Abastecimento
N1	Sem nenhum tipo de registro nem licença

**PVE7.4 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos para Pesque-Pague** - Avalia o estado de implementação do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos, no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos (Lei Est. Nº 10.350/94, Cap. IV, Seção II e Lei Fed. Nº 9.433/97, Cap. IV, Seção IV). O descritor, bem como os passos para avaliar podem ser adotados do PVE11.3 - Cobrança pelo uso dos recursos hídricos do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, o Quadro A5.19 apresenta os níveis de impacto.

**PVE7.5 - Proteção das bacias hidrográficas** - Avalia o grau com que se executa projetos ou ações com vista à preservação e/ou proteção de bacias hidrográficas. Os níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.57, adotando-se do PVE6.7 - Proteção das bacias hidrográficas do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

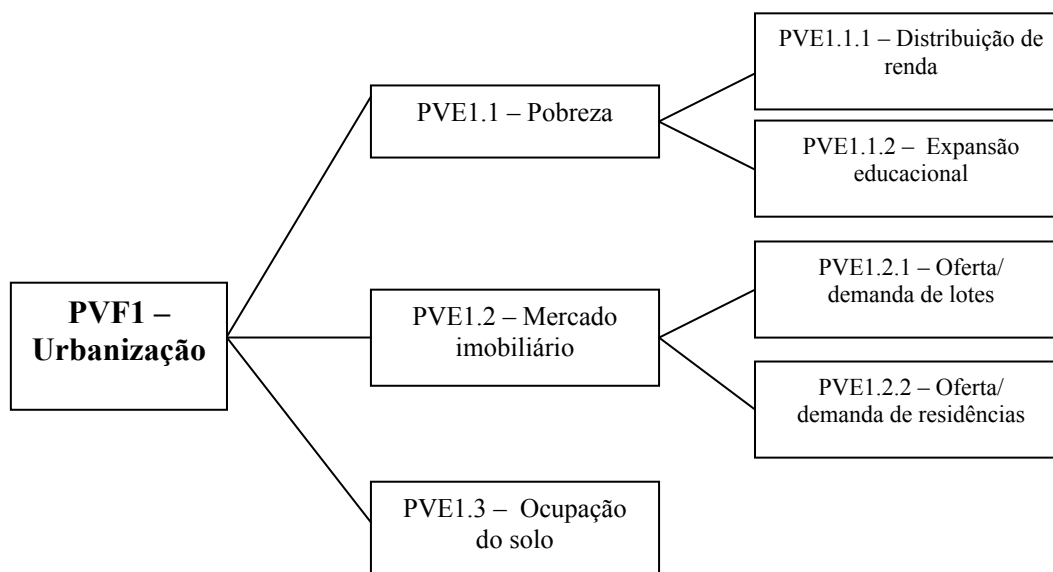
**PVE7.6 - Educação ambiental** - Avalia se a organização teve oportunidade de participar em algum projeto de educação ambiental promovidos pelo Poder Público (Lei Est. 11.520/00, Art. 27) ou outras instituições. O descritor pode ser adotado do Quadro A5.35 do PVE6.5.2 - Através de outras instituições do *Cluster* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.



### Cluster 9 - Regime hidrológico do rio

**Função de produção:** Produção do serviço ambiental: Preservação do regime de hidrológico do rio

**PVF1 – Urbanização** - Avalia o grau de regularidade da urbanização, visando ter uma urbanização adequadamente planejada, de forma a serem minimizados os impactos sobre a drenagem urbana e ao meio ambiente. Este PVF é descrito a partir de dois PVEs compostos e cinco PVEs de base:



**Figura A5.31** Árvore de PVEs do PVF1 – Urbanização

**PVE1.1 - Pobreza** - Avalia o grau de pobreza no meio urbano. Para este PVE pode ser desenvolvido um modelo específico ou pode ser adotado um indicador clássico já construído, por exemplo o Índice de Desenvolvimento Humano ou o Índice de Pobreza Humana, mas não adotou-se um desses indicadores por terem sido desenvolvidos no âmbito da abordagem utilitarista (SEN, 2000). Entretanto, sem desviar o foco do presente modelo, pode ser construído um descritor com base na "*abordagem de capacidades*" (SEN, 1993; SEN, 2000; SEN, 2001), onde a capacidade de exercer a liberdade pode depender diretamente e principalmente da educação recebida, além de outros fatores socioeconômicos (SEN, 1993). Nesta perspectiva este PVE pode ser descrito através dos PVEs:

**PVE1.1.1 – Distribuição de renda** - Avalia o grau de distribuição de renda. Neste PVE supõe-se que o fator econômico, junto com os fatores sociais, permite ter oportunidade de enfrentar o mundo com coragem e liberdade. Este PVE é descrito pelo índice de Gini, onde a "curva de Lorenz" pode-se construir com base nos valores das proporções da população (no eixo x) e a proporção da renda (no eixo y), sob o seguinte pressuposto: se todas as pessoas tivessem a mesma renda (igual à média  $\mu$ ), a proporção acumulada da renda seria

sempre igual à proporção acumulada da população (Linha de perfeita igualdade de consumo). Para este PVE, o Índice de Gini é calculado através da Equação 14 e os níveis de impacto podem ser adotados do Quadro A5.11 do PVE5.3 – Oportunidade de acesso à água potável do *Cluster 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário*.

**PVE1.1.2 – Expansão educacional** - Avalia o grau de distribuição do benefício educacional. Neste PVE considera-se que a expansão educacional tem vários papéis. Assim, uma distribuição ampla do benefício educacional de qualidade pode aumentar a produtividade, pode contribuir para uma melhor distribuição de renda nacional agregada entre as pessoas, pode ajudar na conversão de rendas e recursos em funções e modos de vida diversos, pode também auxiliar na escolha inteligente entre diferentes tipos de vida que uma pessoa deve levar (SEN, 1993). Nesta perspectiva, este PVE é descrito através do Índice de Gini, onde a "curva de Lorenz" pode ser construída com base nos valores das proporções da população (no eixo x) e a proporção do nível de educação (no eixo y), sob o seguinte pressuposto: se todas as pessoas tivessem o mesmo nível de educação (igual à média  $\mu$ ), a proporção acumulada de nível de educação seria sempre igual à proporção acumulada da população (Linha de perfeita igualdade de consumo). Para este PVE, o Índice de Gini é calculado através da Equação 14 e os níveis de impacto podem ser adotados do Quadro A5.11 do PVE5.3 – Oportunidade de acesso à água potável do *Cluster 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário*.

**PVE1.2 - Mercado imobiliário** - Avalia o mercado imobiliário no sentido de ter um processo de urbanização regularizada. Este PVE é descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE1.2.1 – Oferta de lotes** - Avalia o grau de oferta e/ou demanda de lotes de terreno no meio urbano. É descrito pela percentagem de área que envolve loteamentos com planos aprovados, com relação ao total existente no mercado imobiliário. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.66.

**Quadro A5.66 Descritor do PVE1.2.1 – Oferta de lotes**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5 (Bom)	100 % de lotes com planos aprovados
N4	80% de lotes com planos aprovados
N3 (Neutro)	60% de lotes com planos aprovados
N2	40% de lotes com planos aprovados
N1	≤ 20% de lotes com planos aprovados

**PVE1.2.1 – Oferta/ demanda de residências** - Avalia o grau de oferta e/ou demanda de residências adequadamente planejadas (com acesso aos serviços básicos de água potável, esgotamento sanitário e energia elétrica), com relação ao total existente no mercado imobiliário. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.67.

**Quadro A5.67 Descritores do PVE1.2.1 – Oferta/ demanda de lotes**

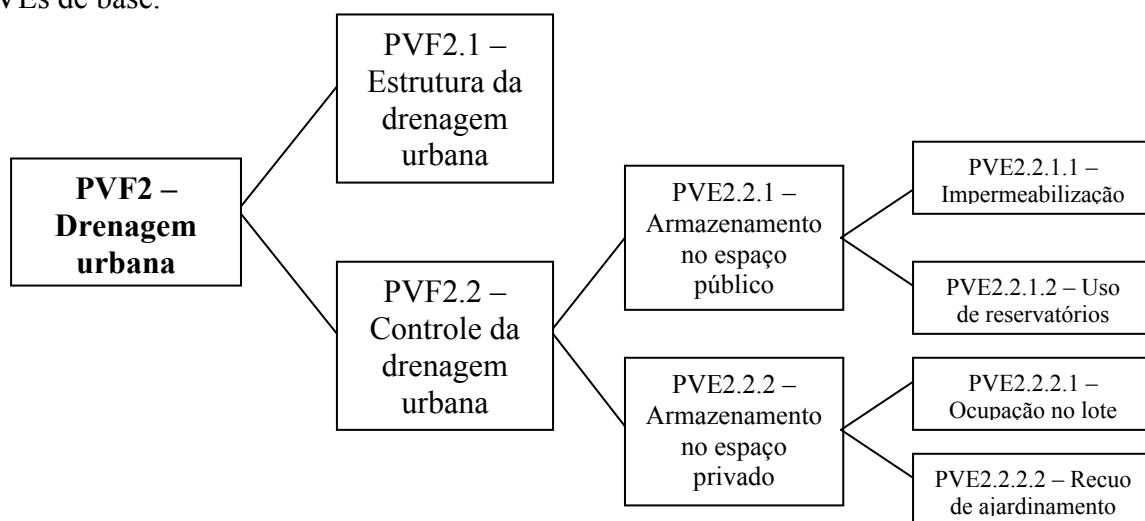
Nível de impacto e de referência	Descrição
N5 (Bom)	100% de residências com planejamento adequado, com acesso aos serviços básicos de água potável, esgotamento sanitário e energia elétrica
N4	80% de residências com planejamento adequado, com acesso aos serviços básicos de água potável, esgotamento sanitário e energia elétrica
N3 (Neutro)	60% de residências com planejamento adequado, com acesso aos serviços básicos de água potável, esgotamento sanitário e energia elétrica
N2	40% de residências com planejamento adequado, com acesso aos serviços básicos de água potável, esgotamento sanitário e energia elétrica
N1	≤ 20% de residências com planejamento adequado, com acesso aos serviços básicos de água potável, esgotamento sanitário e energia elétrica

**PVE1.3 – Ocupação do solo** - Avalia a regularidade da ocupação do solo, visando ter uma urbanização regularizada. Este PVE é descrito pela existência de uma percentagem de área invadida, com relação ao total da área urbanizada. Assim, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.68.

**Quadro A5.68 Descritores do PVE1.3 - Regularidade da ocupação do solo**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N6	0% de área invadida
N5 (Bom)	2% de área invadida
N4	5% de área invadida
N3 (Neutro)	10% de área invadida
N2	15% de área invadida
N1	≥ 20% de área invadida

**PVF2 - Drenagem urbana** - Avalia as condições estruturais físicas que influem no escoamento superficial, bem como o seu controle no meio urbano. Na Figura A5.32 a seguir, apresenta-se que este PVF é operacionalizado através de dois PVEs compostos e três PVEs de base.

**Figura A5.32 Árvore de PVEs do PVF2 - Drenagem urbana**

**PVE2.1 – Estrutura da drenagem urbana** - Avalia o escoamento no meio urbano, através das condições estruturais físicas e demográficas que influem na drenagem urbana. Pode ser descrito, análogo ao *Stream Power Index* (MOORE *et al.*, 1993), adotando a metodologia que determina o *Índice Ambiental Urbano* (IAU) proposto por Fagundes (2002). Neste caso, a formulação é o seguinte:

$$IAU = A_s I D \cos \beta \quad (\text{Eq. 44})$$

Onde:  $A_s$  é a área acumulada,  $I$  é a impermeabilização do solo urbano,  $D$  é a densidade populacional e  $\cos \beta$  é o cosseno da declividade.

A Equação 44 é função dos fatores de topografia ( $A_s$  e  $\beta$ ) e do grau de urbanização ( $I$  e  $D$ ), os quais podem ser construídos e representados através de mapas temáticos em um ambiente SIG. Logo, seguindo essa metodologia, pode ser construído um descritor (para o Índice de Força de Correntezas) do tipo pictórico, através de um mapa temático resultante, onde a descrição dos níveis de impacto poderiam ser representadas pelas áreas com maior impacto ou com menor impacto para as condições de drenagem urbana. Maiores detalhamentos para determinar cada um desses fatores e seu agrupamento são descritos em Fagundes (2002).

**PVE2.2 - Controle da drenagem urbana** - Avalia o grau de controle do escoamento na fonte, utilizando métodos estruturais e/ou não estruturais, baseado no armazenamento permanente e/ou não permanente. Todas essas técnicas de controle são feitas levando em conta os "parâmetros sustentáveis de desenho", com vista a recuperar a capacidade de infiltração ou da detenção do escoamento adicional gerado pelas superfícies urbanas (JUCHEM, 2002). Sobre este ponto, "o princípio fundamental deste controle é o de que qualquer novo empreendimento deve manter as condições naturais pré-existentes de vazão para um determinado risco definido" (TUCCI, 1995). Neste contexto, este PVF é descrito pela composição de dois PVEs compostos e quatro PVEs de base:

**PVE2.2.1 - Armazenamento no espaço público** - "O desenho dos espaços públicos deve proporcionar o armazenamento de água da chuva no tempo que for necessário para reduzir o fluxo elevado e após liberá-la lentamente através das redes pluviais" (JUCHEM, 2002). Neste contexto, este PVE avalia o armazenamento no espaço público, através da composição dos seguintes PVEs:

**PVE2.2.1.1 - Impermeabilização** - Avalia o grau de impermeabilização no espaço público, com vista a ter o uso do solo com duplo propósito: assistir às funções hidrológicas e proporcionar outros tipos de uso como quadras de esporte, estacionamentos e praças (JUCHEM, 2002). Do mesmo modo, as ruas que ocupam cerca de 27% do espaço da cidade, podem também servir de armazenamento temporário e atuar como coletores pluviais (HOUGH, 1995 *apud* JUCHEM, 2002). Nesse caso, para Juchem (2002) a utilização da pavimentação

permeável é recomendável, ou seja, asfalto poroso, pavimentação modular ou cascalho, disposta sobre solos com boa drenagem ou em combinação com poços secos permitem que uma maior quantidade de chuva se infiltre no solo ao invés de escorrer para os bueiros. Neste contexto, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.69.

**Quadro A5.69 Descritor do PVE2.2.1.1 - Impermeabilização**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5 (Bom)	O espaço público, de acordo a sua permeabilidade, <u>assiste muito bem</u> às funções hidrológicas
N4	O espaço público, de acordo a sua permeabilidade, <u>assiste bem</u> às funções hidrológicas
N3 (Neutro)	O espaço público, de acordo a sua permeabilidade, <u>assiste regularmente</u> às funções hidrológicas
N2	O espaço público, de acordo a sua permeabilidade, <u>assiste deficientemente</u> às funções hidrológicas
N1	O espaço público, de acordo a sua permeabilidade, <u>não assiste</u> às funções hidrológicas

**PVE2.2.1.2 – Uso de reservatórios** - Os reservatórios de amortecimento ou bacias de detenção, são vistas como uma solução compensatória aos efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos no meio urbano, com vantagens econômicas, ecológicas, estéticas e de lazer. Assim, como estrutura de amortecimento de cheias, reduzem as dimensões e os custos de implantação de estruturas de macrodrenagem pluvial. Como estrutura de detenção, contribui a reduzir a poluição de origem pluvial, facilitando a decantação de matéria sólida e os processos de mineralização da matéria orgânica pela ação da fauna e vegetação aquática. Ainda, quando bem integradas no espaço urbano, criam inúmeras oportunidades de lazer aquático ativo e passivo e valorizam o ambiente (NASCIMENTO e BAPTISTA, 2001). Neste contexto, este PVE avalia o emprego de bacias de detenção em meio urbano. É descrito pelo tamanho das áreas físicas que possuem o papel de bacias de detenção, em relação à área urbanizada, o mesmo determina-se através da expressão:

$$R = \frac{Ab}{Au} 100 \quad (\text{Eq. 45})$$

Onde, Ab é a área total das bacias de detenção, Au é a área urbana do município.

A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.70.

**Quadro A5.70 Descritor do PVE2.2.1.2 – Uso de reservatórios**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N6	≥ 40%
N5 (Bom)	30%
N4	20%
N3 (Neutro)	10%
N2	5%
N1	≤ 1%

**PVE2.2.2 - Armazenamento no espaço privado** - Avalia o armazenamento no espaço intra-lote. Neste espaço, os "parâmetros sustentáveis de desenho" mais adequados incluem: o tamanho do lote, o total de sua área ocupada (taxa de ocupação), os recuos de ajardinamento e a densidade populacional (JUCHEM, 2002). Assim, este PVE pode ser descrito, principalmente pelos seguintes PVEs:

**PVE2.2.2.1 - Ocupação no lote** - Avalia o grau de ocupação no lote. É descrito através da taxa de ocupação no lote. O mesmo é definida pela relação entre as projeções máximas de construção e as áreas de terreno sobre as quais acedem as construções (PORTO ALEGRE, 1999). Para Acioly e Davidson (1998), uma baixa taxa de ocupação (inferior à 60%), reservada exclusivamente para área residencial, pode vir a ser um dos critérios para se chegar a configurações urbanas eficientes.

Segundo o Plano diretor de desenvolvimento urbano ambiental de Porto Alegre (PORTO ALEGRE, 1999) em edifícios residenciais com taxa de ocupação variável (90% na base e 75% no corpo) dificulta a implantação de medidas alternativas de controle pluvial. No entanto, edifícios residenciais com taxas de ocupação menores (entre 60% e 70%) também não garantem a permeabilidade do solo.

Neste contexto, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.71.

**Quadro A5.71 Descritor do PVE2.2.2.1 - Ocupação no lote**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5 (Bom)	≤ 50%
N4	60%
N3 (Neutro)	70%
N2	80%
N1	100%

**PVE2.2.2.2 - Recuo de ajardinamento** - Avalia o uso o recuo de ajardinamento. O mesmo, representa a distância mínima que a fachada principal deve manter em relação ao alinhamento do terreno (JUCHEM, 2002). Para Juchem (2002), estes recuos são considerados inconsistentes com relação à capacidade de suporte do sistema de drenagem. O autor indica que o problema não está na determinação da fração mínima exigida pela legislação, mas na impermeabilização excessiva do solo através da ocupação informal de jardins e espaços livres no interior dos lotes.

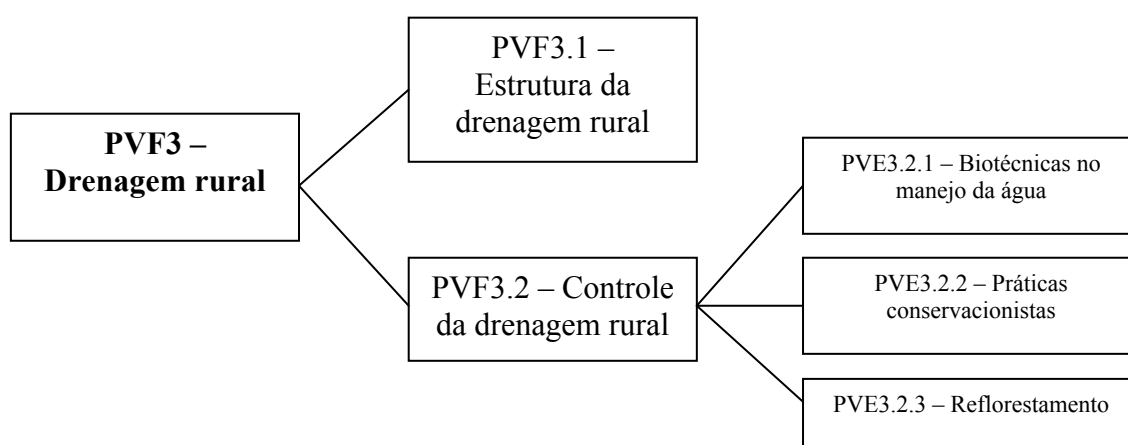
Ainda o autor destaca que a solução a ser adotada deveria, obrigatoriamente, garantir a infiltração da água no solo através do uso de materiais permeáveis (como blocos de concreto, asfalto poroso, etc.) nos recuos de ajardinamento.

Neste contexto, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.72.

**Quadro A5.72 Descritores do PVE2.2.2.2 - Recuo de ajardinamento**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	<u>Toda</u> a área do recuo mantém <u>permeável</u>
N2 (Neutro)	<u>Uma parte</u> da área do recuo é utilizada e mantém <u>razoavelmente permeável</u>
N1	A área do recuo é utilizada e <u>impermeabilizada</u>

**PVF3 - Drenagem rural** - Avalia as condições estruturais físicas que influem no escoamento superficial, bem como o seu controle no meio rural. Na Figura A5.33 a seguir, apresenta-se que este PVF é operacionalizado através de um PVE composto e quatro PVEs de base.

**Figura A5.33 Árvore de PVES do PVF3 - Drenagem rural**

**PVE3.1 - Estrutura da drenagem rural** - Avalia o escoamento no meio rural, através das condições estruturais físicas que influem na drenagem rural. Pode ser descrito adotando a metodologia que determina o Índice de Força de Correntezas (*Stream Power Index*) proposto por Moore *et al.* (1993). A formulação é o seguinte:

$$H = \rho g A_s i \tan \beta \alpha_1 e^{-\alpha_2(1-C_r)} \quad (\text{Eq. 46})$$

Onde,  $\rho$  é a densidade da água,  $g$  é a aceleração por gravidade,  $i$  é a taxa de excesso de água de chuva,  $A_s$  é a área específica acumulada,  $\beta$  é a declividade local,  $1-C_r$  é fração de cobertura superficial em contato com o solo; e  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  são constantes que dependem do tipo do solo e de seu manejo.

A Equação 46 é função dos fatores de topografia ( $A_s$  e  $\beta$ ), solo ( $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ ) e cobertura superficial ( $C_r$ ) para um dado regime de excesso de chuva, os quais podem ser construídos e representados através de mapas temáticos em um ambiente SIG. Logo, seguindo essa

metodologia, pode ser construído um descritor (para o Índice de Força de Correntezas) do tipo pictórico, através de um mapa temático resultante, onde os níveis de impacto seriam representadas pelas áreas com maior impacto ou com menor impacto para as condições de drenagem rural.

**PVE3.2 - Controle da drenagem rural** - Avalia o grau de controle do escoamento superficial no meio rural, utilizando métodos estruturais e não estruturais, com base na combinação de ações complementarias de caráter agrônômico, obras de engenharia e medidas vegetativas. Esses grupos de técnicas devem ser vistas como conjuntos difusos e seu emprego se inserem no âmbito dos interesses comuns, embora objetivados a partir de perspectivas diferentes. Assim, o objetivo do uso destas técnicas, do ponto de vista ambiental, é conservar e/ou preservar o equilíbrio das relações solo-água-planta, mas, do ponto de vista econômico, é a produção da planta de importância agrônômica. Neste contexto, este PVF é descrito pela composição de três PVEs de base:

**PVE3.2.1 – Biotécnicas no manejo da água** - Avalia o uso de biotécnicas no manejo de cursos de água no meio rural. A bioengenharia engloba um conjunto de técnicas de construção baseado em conhecimento da engenharia e biologia para estabilização de encostas de terreno e margens de cursos de água (DURLO, 2000), com o objetivo de conservar e/ou preservar os cursos de água. Elas apresentam vantagens ecológicas, econômicas e estéticas em relação às construções tradicionais. Para Durlo (2000), utilizando as biotécnicas, tenta-se evitar construções grandes e pesadas, procurando modificar ao mínimo as condições naturais pré-existentes. Assim, procura-se manter a morfologia e a dinâmica típica do curso de água. De acordo com Durlo (2000), as biotécnicas podem ser divididas em três grupos: obras longitudinais, transversais e tratamento de superfície, sendo empregadas as duas primeiras nas margens ou diretamente dentro o leito do rio. As obras longitudinais se referem ao revestimento total ou parcial das margens, preferivelmente utilizando materiais vegetais e inertes oriundos do local. A obras transversais se referem aos obstáculos perpendiculares ao fluxo da água, como râmpolas, os cintos basais simples, os cintos basais com desnível, as soleiras e as barragens de consolidação ou retenção. Quanto às técnicas de tratamentos de superfície, empregam-se três grupos: a) os de cobertura, objetivando a proteção do solo contra a erosão laminar, como a proteção por hastes vivas, a hidrossemeadura, a semeadura sob camada de palha e o revestimento total ou parcial com leivas; b) as técnicas estáveis, visando a cobertura a pontos ou linhas, como os arbustos e a trança viva; c) as técnicas construtivas, sendo uma combinação das técnicas de cobertura e estáveis, como a construção de muros de madeira, de pedra, de restos de vegetal ou de cestos Bianchini. Nesta perspectiva, este PVE é descrito pela percentagem de casos de biotécnicas utilizadas, com relação ao número total de casos identificados, onde poderiam ser aplicados. O Quadro A5.73 a seguir mostra os níveis de impacto para este Ponto de vista elementar.



**Quadro A5.73** Descritor do PVE3.2.1 – Biotécnicas no manejo da água

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5 (Bom)	As biotécnicas são empregadas em 100% dos casos identificados
N4	As biotécnicas são empregadas em 80% dos casos identificados
N3 (Neutro)	As biotécnicas são empregadas em 60% dos casos identificados
N2	As biotécnicas são empregadas em 40% dos casos identificados
N1	As biotécnicas são empregadas em $\leq 20\%$ dos casos identificados

**PVE3.2.2 - Práticas conservacionistas** - Avalia o emprego de práticas de manejo e conservação do solo, visando também proteger os cursos de água, sendo utilizado preferencialmente no âmbito da exploração agrícola. Em termos gerais, as práticas conservacionistas são técnicas empregadas e/ou procedimentos efetuados com o objetivo de manter o solo produtivo, ou de dar a ele, condições para que se torne produtivo (GALETI, 1973). Segundo Bertoni e Lombardi (1999) se denominam práticas conservacionistas a todas as técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo. Na literatura sobre solos, são citadas inúmeras práticas conservacionistas, de caráter vegetativo, edáficas e mecânicas (GALETI, 1973; RGS, 1985; BERTONI e LOMBARDI, 1999), as mesmas aplicam-se de acordo aos propósitos e condições físicas que o caracterizam o local. Nesta perspectiva, este PVE é descrito pela intensidade de realização de práticas conservacionistas nos estabelecimentos agrícolas. O Quadro A5.74 mostra os níveis de impacto deste descritor.

**Quadro A5.74** Descritor do PVE3.2.2 - Práticas conservacionistas

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	No estabelecimento agrícola <u>se realizam fortemente</u> práticas conservacionistas
N3 (Neutro)	No estabelecimento agrícola <u>se realizam regularmente</u> práticas conservacionistas
N2	No estabelecimento agrícola <u>se realizam fracamente</u> práticas conservacionistas
N1	No estabelecimento agrícola <u>não se realizam</u> práticas conservacionistas

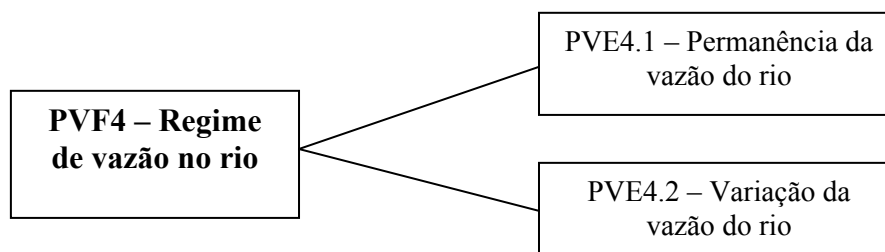
**PVE3.2.3 – Reflorestamento** - Avalia o emprego de práticas de caráter vegetativo para a conservação do solo e tendo sempre em vista a proteção dos cursos de água, sendo utilizado preferencialmente no âmbito da exploração agrícola, pecuária e florestal ou mesmo no manejo agroflorestal. O princípio fundamental desta prática é a proteção ao solo contra a erosão pela densidade da cobertura vegetal. Assim, a erosão do solo é tanto menor quanto mais densa é a vegetação que o cobre e protege (BERTONI e LOMBARDI, 1999). Não obstante, o uso do sistema agroflorestal tem sido influenciado por diversos aspectos de caráter socioeconômico e ambiental. Nesta perspectiva, este PVE pode ser descrito através

das razões pelas quais usam o sistema agroflorestal, para tal, os níveis de impacto podem ser construídos adotando os critérios utilizados por Lopes (2001), sendo apresentados no Quadro A5.75

**Quadro A5.75 Descritor do PVE3.2.3 – Reflorestamento**

Nível de impacto e de referência	Descrição (Por que utilizar sistema agroflorestal?)
N6	<u>Usa por cinco razões:</u> Racionalização do trabalho ou uso de insumos, Menores custos /maior retorno, Conservação do solo, Equilíbrio ecológico e Garantias – diversificação de cultivos
N5 (Bom)	<u>Usa por quatro razões:</u> entre, Racionalização do trabalho ou uso de insumos, Menores custos /maior retorno, Conservação do solo, Equilíbrio ecológico ou Garantias – diversificação de cultivos
N4	<u>Usa por três razões:</u> entre, Racionalização do trabalho ou uso de insumos, Menores custos /maior retorno, Conservação do solo, Equilíbrio ecológico ou Garantias – diversificação de cultivos
N3 (Neutro)	<u>Usa por duas razões:</u> entre, Racionalização do trabalho ou uso de insumos, Menores custos /maior retorno, Conservação do solo, Equilíbrio ecológico ou Garantias – diversificação de cultivos
N2	<u>Usa por uma razão:</u> entre, Racionalização do trabalho ou uso de insumos, Menores custos /maior retorno, Conservação do solo, Equilíbrio ecológico ou Garantias – diversificação de cultivos
N1	<u>Não utiliza sistema agroflorestal</u>

**PVF4 - Regime de vazão no rio** - Avalia o grau de eficiência de regularização da bacia, ou seja, a regularidade de uma determinada quantidade de água que escoar no rio, ao longo de um período de tempo, com vista a ter uma maior capacidade de regularização da bacia, que implicaria uma melhor disponibilidade de água. É descrito pela composição de dois PVEs de base (Figura A5.34).



**Figura A5.34 Árvore de PVEs do PVF4 - Regime de vazão no rio**

**PVE4.1 – Permanência da vazão do rio** - Avalia a permanência da vazão do rio. É descrito pelo tempo de permanência da vazão do rio acima do nível crítico. É determinado com base na curva de permanência das vazões mínimas. A curva de permanência pode ser construída com base nos valores diários de vazão, registrados durante um determinado período. A construção dos descritores baseia-se nos critérios utilizados no PVE5.1.1 - Quantidade da água do *Cluster* 1- Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário. Assim, a vazão,  $Q$ , deve ser adimensionalizada pela Equação 6 e a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.8.

**PVE4.2 - Variação da vazão do rio** - Avalia a variabilidade da vazão do rio. É descrito pelo coeficiente de variação da vazão do rio. A construção dos descritores baseia-se nos critérios utilizados no PVF4 - Regularização dos reservatórios do *Cluster 5*- Uso d'água para geração de energia elétrica. Assim, o coeficiente de variação é determinado pela Equação 28 e a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.48.

**PVF5 - Fluxo de água subterrânea** - Avalia o grau de sobre-exploração das reservas de água subterrânea (Cep). É descrito pela relação entre a água explorada e de recarga. A construção dos descritores baseia-se nos critérios utilizados no PVE5.2.1 – Quantidade de água do poço para consumo humano do *Cluster 1*- Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário. Assim, para determinar essa relação usa-se a Equação 13 e a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.10.

**PVF6 - Risco hidrológico** - Avalia o risco hidrológico "natural" ou "inerente", como a ocorrência de cheias, enchentes ou mesmo inundações. É descrito pela probabilidade de que um evento extremo,  $X \geq x_T$ , ocorra ao menos uma vez em N anos da vida útil do projeto. O risco hidrológico pode calcular-se utilizando a expressão (CHOW *et al.*, 1994):

$$J = P(X \geq x_T \text{ ao menos uma vez em N anos}) = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N \quad (\text{Eq. 47})$$

O período de retorno, T, e a magnitude de excedência de vazões,  $x_T$ , podem ser modelados aplicando diversos modelos de distribuição de probabilidades, com base em séries anuais ou séries parciais. Para este caso, propõe-se utilizar a distribuição de Pareto, para uma série de duração parcial de excedência, pelas seguintes razões: pode ser aplicado ao menos numa série histórica com razoável tamanho de registro, é interessante considerar o período de retorno das séries parciais que é o intervalo médio entre eventos extremos sem considerar a relação com o ano ou qualquer outro período em que ocorreram (WILKEN, 1978), supõe-se importante considerar os eventos extremos com períodos de retorno menores ou em torno de 10 anos.

$$F(x) = P(X \leq x/x \geq x_o) = 1 - \left[1 - \frac{k}{\alpha}(x - x_o)\right]^{\frac{1}{k}}, \text{ para } k \neq 0 \quad (\text{Eq. 48})$$

$$F(x) = P(X \leq x/x \geq x_o) = 1 - \exp\left[-\frac{1}{\alpha}(x - x_o)\right], \text{ para } k = 0 \quad (\text{Eq. 49})$$

Onde,  $x_o$  é o valor base,  $\alpha$  é o parâmetro de escala,  $k$  é o parâmetro de forma,  $\lambda$  é o número médio de eventos por ano, que excedem  $x_o$ . A razão de Poisson,  $\lambda$ , e a probabilidade de ocorrência,  $F(x_T)$ , está expresso por:

$$\lambda = \frac{m}{n} \quad (103)$$

$$F(x_T) = 1 - \frac{1}{\lambda T} \quad (104)$$

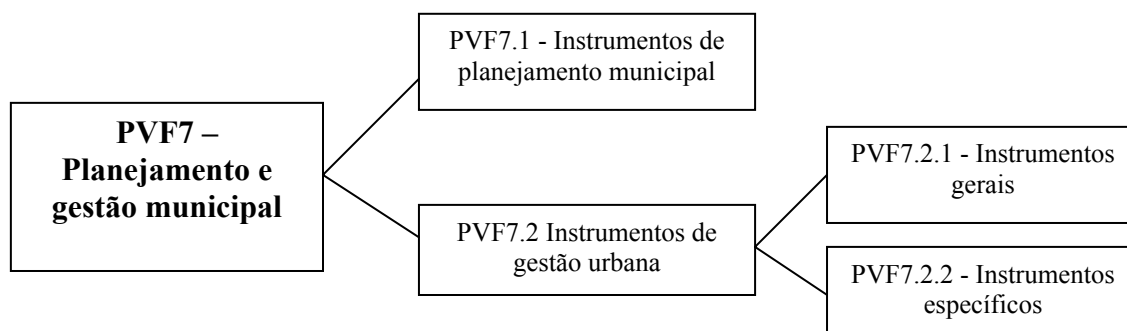
Os parâmetros são computados pelo método dos Momentos Ponderados, maiores detalhes sobre este procedimento são descritos por Wang (1991).

A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.76.

**Quadro A5.76 Descritor do PVF6 - Risco hidrológico**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N5 (Bom)	≤ 5%	Impacto baixo
N4	10%	Impacto moderado
N3 (Neutro)	25%	Impacto regular
N2	50%	Impacto
N1	≥ 75%	Impacto alto

**PVF7 - Planejamento e gestão municipal** - Avalia a situação dos municípios relativo ao planejamento e gestão, verificando-se com quais instrumentos de regulação efetivamente estão trabalhando, pois um melhor planejamento e gestão municipal geram sinergia com a situação dos recursos hídricos. Deve-se salientar que os problemas de gestão urbana tendem a ser mais críticas, e portanto, os instrumentos de regulação são mais necessárias (IBGE, 2003). Nessa perspectiva este PVF é operacionalizado pela composição de três PVEs de base.



**Figura A5.35** Árvore de PVEs do PVF7 - Planejamento e gestão municipal

**PVE7.1 - Instrumentos de planejamento municipal** - Avalia a situação da implementação dos diversos instrumentos de planejamento. Nesta perspectiva identificaram-se 6 instrumentos de planejamento municipal (IBGE, 2003): (1) Lei Orgânica Municipal, (2) Plano de Governo, (3) Plano Plurianual de Investimento (PPI), (4) Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO), (5) Lei de Orçamento Anual (LOA) e (6) Plano Estratégico. O Quadro A5.77 a seguir, mostra os níveis de impacto.

**Quadro A5.77 Descritores do PVE7.1 - Instrumentos de planejamento municipal**

<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N5	Possui seis instrumentos, entre, (1), (2), (3), (4), (5) e (6)
N4 (Bom)	Possui cinco instrumentos, entre, (1), (2), (3), (4), (5) ou (6)
N3	Possui quatro instrumentos, entre, (1), (2), (3), (4), (5) ou (6)
N2 (Neutro)	Possui três instrumentos, entre, (1), (2), (3), (4), (5) ou (6)
N1	Possui dois instrumentos, entre, (1), (2), (3), (4), (5) ou (6)

**PVE7.2 Instrumentos de gestão urbana** - Avalia a situação da implementação dos diversos instrumentos de regulação, desde os mais gerais até os mais específicos, identificaram-se 14 instrumentos de gestão urbana (IBGE, 2003). Nessa perspectiva este PVE é descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE7.2.1 Instrumentos gerais** - Avalia a existência de instrumentos gerais de gestão urbana, entre os quais identificaram-se os seguintes: (1) Plano Diretor, (2) Lei de Perímetro Urbano, (3) Lei de Parcelamento do Solo, (4) Lei de Zoneamento ou equivalente, (5) Código de Obras, (6) Código de Posturas, (7) Código de Vigilância Sanitária. O Quadro A5.78 a seguir, mostra os níveis de impacto.

**Quadro A5.78 Descritores do PVE7.2.1 Instrumentos gerais**

<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N5	Possui sete instrumentos gerais, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) e (7)
N4 (Bom)	Possui seis instrumentos gerais, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou (7)
N3	Possui cinco instrumentos gerais, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou (7)
N2 (Neutro)	Possui quatro instrumentos gerais, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou (7)
N1	Possui três instrumentos gerais, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou (7)

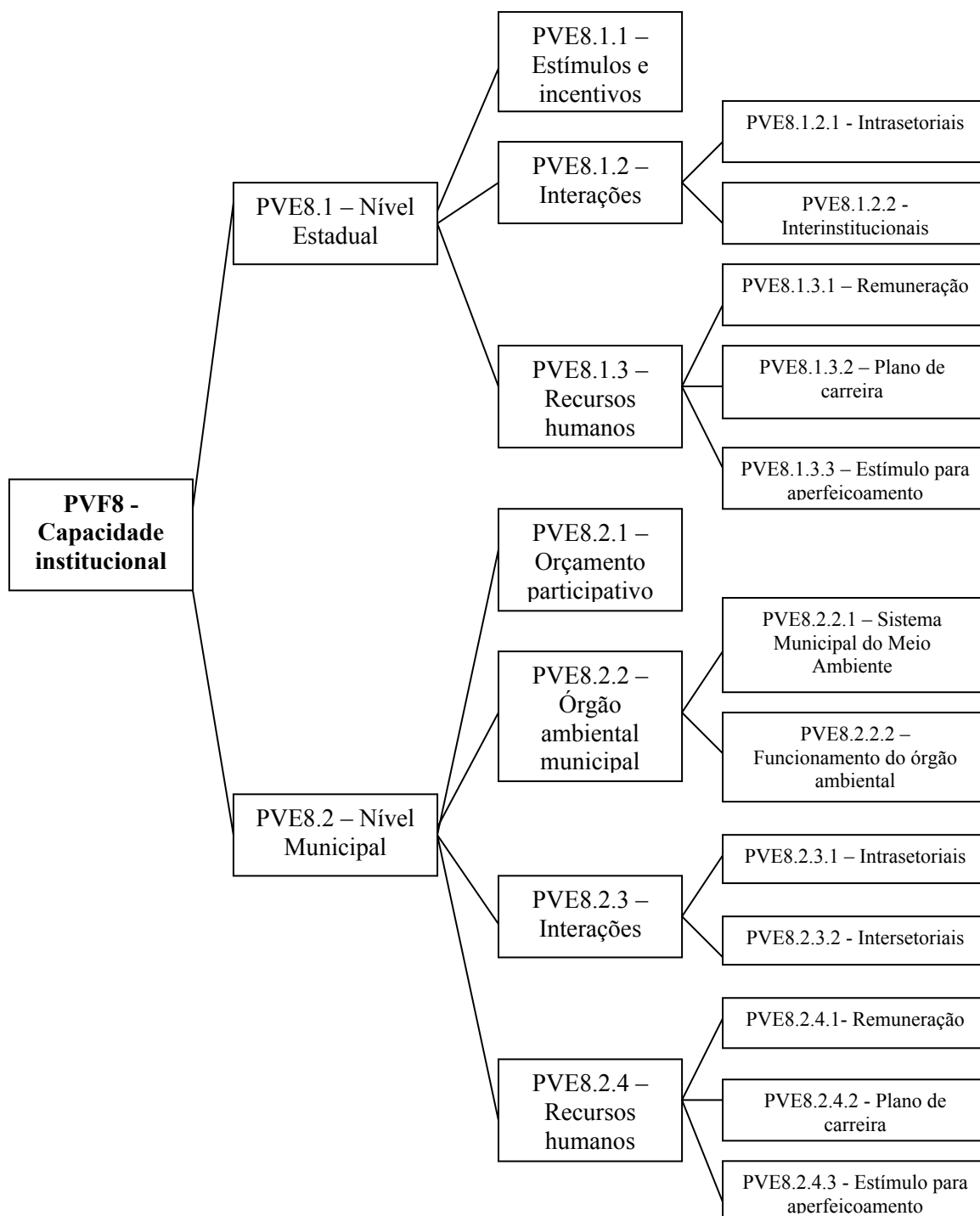
**PVE7.2.2 Instrumentos específicos** - Avalia a existência de instrumentos específicos de gestão urbana, entre os quais identificaram-se os seguintes: (1) Legislação sobre áreas de interesse especial, (2) Legislação sobre áreas de interesse social, (3) Lei do Solo criado, (4) IPTU Progressivo, (5) Operação Interligada, (6) Operações Urbanas, (7) Transferência de Potencial Construtivo. O Quadro A5.79 a seguir, mostra os níveis de impacto.

**Quadro A5.79 Descritores do PVE7.2.2 Instrumentos específicos**

<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N5	Possui sete instrumentos específicos, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) e (7)
N4 (Bom)	Possui seis instrumentos específicos, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou (7)
N3	Possui cinco instrumentos específicos, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou (7)
N2 (Neutro)	Possui quatro instrumentos específicos, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou (7)
N1	Possui três instrumentos específicos, entre, (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou (7)

**PVF8 - Capacidade institucional** - Avalia as condições internas que o órgão ambiental, com ênfase nos recursos hídricos, possui para exercer suas atividades e sua interação com

outros órgãos de ordem econômica. É descrito pela composição de sete PVE compostos e quatorze PVE de base:



**Figura A5.36** Árvore de PVEs do PVF9 – Capacidade institucional

**PVE8.1 Nível estadual** - Avalia a capacidade institucional em nível estadual, visando ter órgãos ambientais e dos recursos hídricos eficientes, com condições de exercer suas atividades e sua interação com outros órgãos de ordem econômica. Com efeito, deve-se salientar que "o Poder Público compatibilizará as políticas de crescimento econômico e

social às de proteção do meio ambiente, tendo como finalidade o desenvolvimento integrado, harmônico e sustentável" (Lei Est. Nº 11.520, Título I, Art 6). Nesta perspectiva este PVE é descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE8.1.1 – Estímulo e incentivos** - Avalia o fomento do Poder Público Estadual a proteção do meio ambiente e a utilização sustentável dos recursos ambientais através do seu apoio financeiro, creditício e técnico operacional (Lei Est. Nº 11.520, Cap III, Art. 22). É descrito pelos gastos públicos para o meio ambiente, advindas dos Fundos Nacional e Estadual de Meio Ambiente e outras fontes de financiamento. O mesmo é calculado adotando a Equação 1 do PVE1 – Taxa de crescimento da população do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário, onde,  $P(t+n)$  e  $P(t)$  são os gastos públicos correspondentes a duas datas sucessivas ( $n$  e  $n+t$ ), e  $n$  é o intervalo de tempo entre essas datas, medido em ano. O Quadro A5.23 apresenta a descrição dos níveis de impacto, adotando-se do PVE1.1 - Investimento para o crescimento industrial do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVE8.1.2 – Interações** - Avalia as interações feitas entre instituições no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos e órgão ambiental do Estado, bem como deste sistema com outras instituições setoriais impulsores do crescimento econômico e social. No contexto do planejamento e gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, considera-se interação o contato entre instituições para negociações, identificar oportunidades de melhoria, contribuir para a atualização, troca de experiências, coordenação, articulação de planos e ações. É descrito através dos seguintes PVEs:

**PVE8.1.2.1 - Intrasetoriais** - Avalia as interações entre instituições feitas no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos e órgão ambiental do Estado (Lei Est. Nº 10.350, Cap. II, Art 5). É descrito pelo número de interações feitas nos últimos seis meses. O Quadro A5.80 a seguir apresenta os níveis de impacto para este descritor.

**Quadro A5.80 Descritor do PVE9.1.2.1 - Intra-setoriais**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Foram realizados <u>seis ou mais</u> encontros sistemáticos nos últimos seis meses
N3	Foram realizados <u>quatro encontros</u> sistemáticos nos últimos seis meses
N2 (Neutro)	Foram realizados <u>dois encontros</u> eventuais nos últimos seis meses
N1	Foi realizado <u>um ou nenhum</u> encontro eventual nos últimos seis meses

**PVE8.1.2.2 – Interinstitucionais** - Avalia as interações feitas entre instituições do Sistema de Recursos Hídricos e órgão ambiental do Estado com outras instituições setoriais impulsores do crescimento econômico e social. É descrito pelo número de interações feitas nos últimos seis meses. O Quadro A5.81 a seguir apresenta os níveis de impacto para este descritor.

**Quadro A5.81 Descritor do PVE8.1.2.2 – Interinstitucionais**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Foram realizados <u>seis ou mais</u> encontros sistemáticos nos últimos seis meses
N3	Foram realizados <u>quatro encontros</u> sistemáticos nos últimos seis meses
N2 (Neutro)	Foram realizados <u>dois encontros</u> eventuais nos últimos seis meses
N1	Foi realizado <u>um ou nenhum encontro</u> eventual nos últimos seis meses

**PVE8.1.3 – Recursos humanos** - Avalia as condições de motivação que possui o capital humano para como o Poder Público e a valorização que o Poder Público fornece ao capital humano. Deve-se salientar que neste PVE não se procura avaliar a qualidade dos recursos humanos nem a qualidade de vida nos organismos públicos, se for o caso, seria necessário desenvolver um modelo específico. Entretanto, este PVE é descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE8.1.3.1 – Remuneração** - Avalia a remuneração financeira aos funcionários nos órgãos ambientais e dos recursos hídricos. É descrito pelo salário dos funcionários em relação aos salários pagos no mercado. A descrição dos estados apresenta-se no Quadro A5.82.

**Quadro A5.82 Descritor do PVE8.1.3.1 – Remuneração**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Salário <u>acima</u> do mercado
N2 (Neutro)	Salário <u>na média</u> do mercado
N1	Salário <u>abaixo</u> do mercado

**PVE8.1.3.2 – Plano de carreira** - Avalia a existência de plano de progressão entre os funcionários dos órgãos ambientais e dos recursos hídricos. Certamente há vários elementos que influem na qualidade desse plano, como a definição clara de funções e compatibilidade de funções entre os funcionários. Entretanto, supõe-se que este PVE deve ser descrito pela existência de um plano de carreira e, no caso de existir, se este é satisfatório. O Quadro A5.83 mostra a descrição dos níveis de impacto para este PVE.

**Quadro A5.83 Descritor do PVE8.1.3.2 – Plano de carreira**

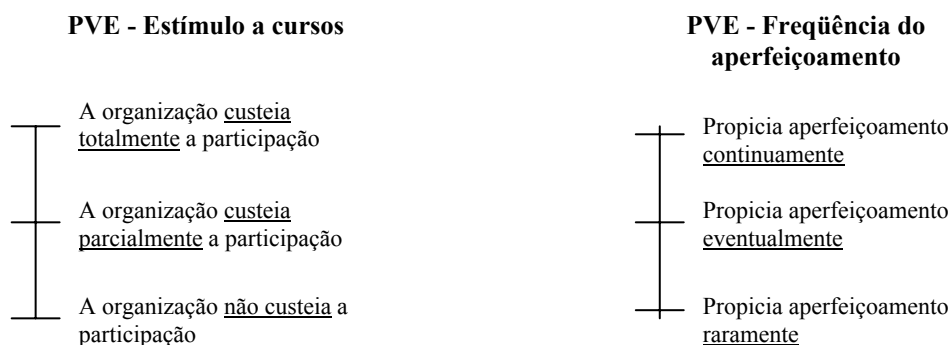
Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	<u>Existe</u> um plano de carreira <u>satisfatório</u>
N2 (Neutro)	<u>Existe</u> um plano de carreira <u>não satisfatório</u>
N1	<u>Não existe</u> um plano de carreira

**PVE8.1.3.3 – Estímulo para aperfeiçoamento** - Avalia o esforço feito pelo Poder Público, no âmbito da temática ambiental e dos recursos hídricos, em aperfeiçoar seu Quadro A5.de funcionários. É descrito pela composição dos pontos de vista mais elementares:

**Estímulo a cursos** - Avalia o apoio financeiro do Poder Público a participação de seus funcionários em cursos, palestras, congressos, seminários, etc. Os possíveis estados apresentam-se na Figura A5.37.



**Frequência do aperfeiçoamento** - Avalia a frequência com que a organização propicia aperfeiçoamento a seus colaboradores. Os possíveis estados apresentam-se na Figura A5.37.



**Figura A5.37 Estados possíveis do PVE – Estímulo a cursos e do PVE – Frequência do aperfeiçoamento para compor o PVE8.1.3.3 – Estímulo para aperfeiçoamento**

Na construção dos níveis de impacto deste PVE, considerou-se que a frequência de aperfeiçoamento é mais importante do que o estímulo a cursos financeiramente. Assim, para este PVE, o Quadro A5.84 apresenta os níveis de impacto.

**Quadro A5.84 Descritor do PVE8.1.3.3 – Estímulo para aperfeiçoamento**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N6	Propicia aperfeiçoamento <u>continuamente</u> e <u>custeia totalmente</u> a participação
N5(Bom)	Propicia aperfeiçoamento <u>continuamente</u> e <u>custeia parcialmente</u> a participação
N4	Propicia aperfeiçoamento <u>eventualmente</u> e <u>custeia totalmente</u> a participação
N3 (Neutro)	Propicia aperfeiçoamento <u>continuamente</u> ou <u>eventualmente</u> e <u>custeia parcialmente</u> ou <u>não custeia</u> a participação
N2	Propicia aperfeiçoamento <u>raramente</u> e <u>custeia totalmente</u> ou <u>parcialmente</u> a participação
N1	Propicia aperfeiçoamento <u>raramente</u> e <u>não custeia</u> a participação

**PVE8.2 – Nível Municipal** - Avalia a capacidade institucional em nível municipal, visando ter prefeituras municipais eficientes no âmbito ambiental e dos recursos hídricos, com condições de exercer suas atividades e capacidade de interação com outros setores de ordem econômica. Nesta perspectiva este PVE é descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE8.2.1 – Orçamento municipal** - Avalia a existência de fontes e fluxos de recursos financeiros para a proteção e conservação do meio ambiente local. Tais recursos podem ser constituídos do orçamento municipal e/ou do Fundo Municipal de Meio Ambiente, um exemplo desta última providência é o município de Igrejinha, existente desde 30.12.96 (TEIXERIRA, 1998). Este PVE é descrito pelos gastos públicos municipais para o meio ambiente, o mesmo é calculado adotando a Equação 1 do PVE1 – Taxa de crescimento da população do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário, onde,  $P(t+n)$  e  $P(t)$  são os gastos públicos correspondentes a duas datas sucessivas ( $n$  e  $n+t$ ) e  $n$  é o intervalo de tempo

entre essas datas, medido em ano. O Quadro A5.23 apresenta a descrição dos níveis de impacto, adotando-se do PVE1.1 - Investimento para o crescimento industrial do *Cluster 2* - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVE8.2.2 – Órgão ambiental municipal** - Avalia a existência e funcionamento de um Sistema de Gestão Ambiental Municipal. Esse sistema deverá ser estruturado para atender às exigências de uma ação concertada entre as diversas vertentes do processo de decisão e de implementação (PHILIPPI e ZULAUF, 1999). Nessa perspectiva, este PVE é descrito pela composição de dois PVEs:

**PVE8.2.2.1 - Sistema Municipal do Meio Ambiente** - Avalia a implementação do Sistema Municipal do Meio Ambiente. Com efeito, de acordo às recomendações do Ministério do Meio Ambiente, deve-se incluir um Projeto de Lei de constituição do Sistema Municipal do Meio Ambiente (MMA, 1993), a estruturação desse sistema deverá contemplar dois órgãos de caráter consultivo (Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente) e executivo (Departamento de Meio Ambiente), além da participação da Sociedade Civil nos Conselhos Municipais de Meio Ambiente, dependendo de cada situação (MMA, 1993; TEIXEIRA, 1998; COSTA e SATTNER, 2000). Nessa perspectiva, este PVE é descrito pela composição de quatro pontos de vista mais elementares: Implementação da Lei do Sistema Municipal do Meio Ambiente, Existência do Conselho Municipal de defesa do Meio Ambiente, existência do Departamento de Meio Ambiente e Participação da Sociedade Civil. O Quadro A5.85 apresenta a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.85 Descritores do PVE8.2.2.1 - Sistema Municipal do Meio Ambiente**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5(Bom)	No município <u>existem quatro</u> elementos bases do Sistema de Gestão Ambiental: Lei aprovada do Sistema Municipal do Meio Ambiente, existe um Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, existe um Departamento de Meio Ambiente e há participação da Sociedade Civil
N4	No município <u>existem três</u> elementos bases do Sistema de Gestão Ambiental: Lei aprovada do Sistema Municipal do Meio Ambiente, Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, Departamento de Meio Ambiente ou há participação da Sociedade Civil
N3 (Neutro)	No município <u>existem dois</u> elementos bases do Sistema de Gestão Ambiental: Lei aprovada do Sistema Municipal do Meio Ambiente, Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, Departamento de Meio Ambiente ou há participação da Sociedade Civil
N2	No município <u>existe um</u> elemento base do Sistema de Gestão Ambiental: Lei aprovada do Sistema Municipal do Meio Ambiente, Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, Departamento de Meio Ambiente ou há participação da Sociedade Civil
N1	No município <u>não existe nenhum</u> elemento base do Sistema de Gestão Ambiental

**PVE8.2.2.2 – Funcionamento do órgão ambiental** - Avalia o funcionamento e/ou as ações de caráter preventivo e corretivo do órgão ambiental municipal. É descrito pela composição de dois pontos de vista mais elementares: Habilitação para Licenciamento Ambiental e Realização de Fiscalização Ambiental. O Quadro A5.86 apresenta a descrição dos níveis de impacto.

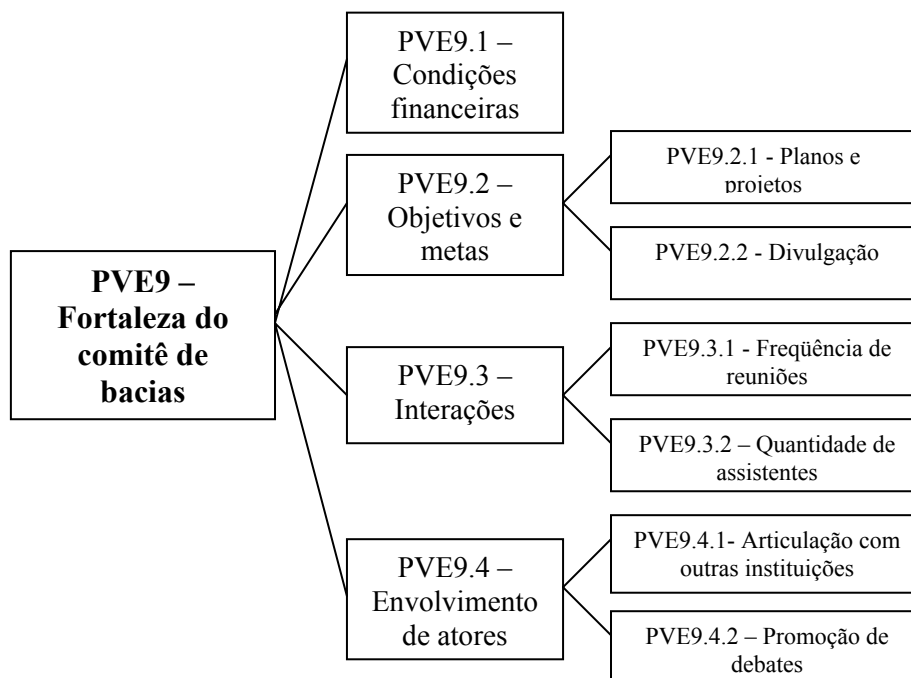
**Quadro A5.86 Descritores do PVE8.2.2.2 – Funcionamento do órgão ambiental**

Nível de impacto e de referência	9.1 Descrição
N5(Bom)	No município <u>é feito sistematicamente</u> a Fiscalização Ambiental e <u>é habilitado</u> para Licenciamento Ambiental
N4	No município <u>é feito sistematicamente</u> a Fiscalização Ambiental e <u>não é habilitado</u> para Licenciamento Ambiental
N3 (Neutro)	No município <u>é feito eventualmente</u> a Fiscalização Ambiental e <u>é habilitado</u> para Licenciamento Ambiental
N2	No município <u>é feito eventualmente</u> a Fiscalização Ambiental e <u>não é habilitado</u> para Licenciamento Ambiental
N1	No município <u>não é feito</u> a Fiscalização Ambiental e <u>é ou não é habilitado</u> para Licenciamento Ambiental

**PVE8.2.3 – Interações** - Avalia as interações feitas entre instituições no âmbito do Sistema Municipal do Meio Ambiente, bem como deste sistema com outros setores impulsores do crescimento econômico e social. Considera-se interação o contato entre instituições para negociações, identificar oportunidades de melhoria, contribuir para a atualização, troca de experiências, coordenação, articulação de planos e ações. Os descritores deste PVE podem ser construídos adotando os mesmos critérios utilizados no PVE8.1.2 – Interações do presente *Cluster* (Quadro A5.80 e Quadro A5.81).

**PVE8.2.4 – Recursos humanos** - Avalia as condições de motivação que possui o capital humano para com o Órgão Público e a valorização que o Órgão Público fornece ao capital humano. Deve-se salientar que neste PVE não se procura avaliar a qualidade dos recursos humanos nem a qualidade de vida nos organismos públicos, se for o caso, seria necessário desenvolver um modelo específico. Os descritores deste PVE podem ser construídos adotando os mesmos critérios utilizados no PVE8.1.3 – Recursos humanos do presente *Cluster* (Quadros 83, Quadro A5.83, Quadro A5.84).

**PVF9 - Fortaleza do Comitê de bacias** - Este PVF avalia a capacidade do Comitê de bacias e as condições internas que ele possui para exercer suas atividades. A Figura A5.38, a seguir, mostra que sua operacionalização deu-se por meio da composição de três PVEs compostos e sete PVEs de base.



**Figura A5.38** Árvore de PVEs do PVF9 - Fortaleza do Comitê de bacias

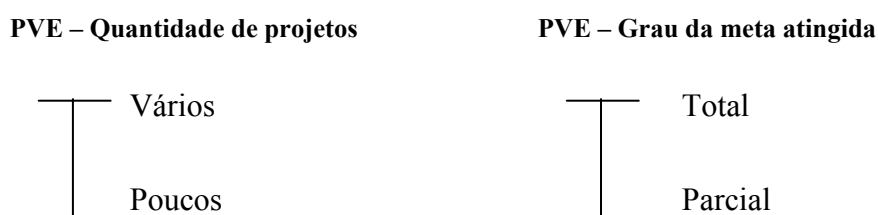
**PVE9.1 – Condições financeiras** - Avalia se existe escassez de recursos financeiros disponíveis para o desempenho do Comitê de bacias. Com efeito, deve-se salientar que no Comitêsinos existe uma preocupação com os recursos financeiros para o desenvolvimento de suas tarefas. Nesta perspectiva este PVE é descrito pela frequência de escassez de recursos financeiros, nos últimos dois anos. O Quadro A5.87, a seguir mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.87 Descritor do PVE9.1 – Condições financeiras**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4(Bom)	<u>Não houve</u> escassez de recursos financeiros
N3	<u>Poucas vezes</u> houve escassez de recursos financeiros
N2 (Neutro)	<u>Eventualmente</u> houve escassez de recursos financeiros
N1	<u>Freqüentemente</u> houve escassez de recursos financeiros

**PVE9.2 – Objetivos e metas** - Avalia o grau com que o Comitê de bacia atinge suas metas e, conseqüentemente, seus objetivos. É descrito a partir da composição de dois pontos de vista mais elementares:

**PVE9.2.1 - Planos e projetos** - Avalia o grau com que são executados os planos e projetos. É descrito através da quantidade de projetos executados e pelo grau de metas atingidas com relação às metas planejadas, anualmente. A Figura A5.39 a seguir mostra os estados possíveis considerados.

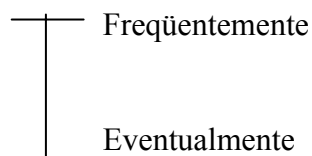
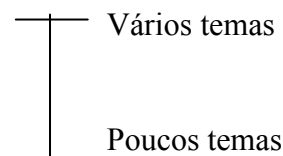
**Figura A5.39 Estados possíveis para compor o PVE9.3.1 - Freqüência de reuniões**

Considerando a combinação dos estados dos referidos PVEs, no Quadro A5.88, apresenta-se a construção dos níveis de impacto para o PVE9.2.1 - Planos e projetos.

**Quadro A5.88 Descritor do PVE9.2.1 - Planos e projetos**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Existem <u>vários projetos</u> e as metas são atingidas em sua <u>totalidade</u>
N3 (Neutro)	Existem <u>vários projetos</u> e as metas são atingidas <u>parcialmente</u>
N2	Existem <u>poucos projetos</u> e as metas são atingidas em sua <u>totalidade</u>
N1	Existem <u>poucos projetos</u> e as metas são atingidas <u>parcialmente</u>

**PVE9.2.2 – Divulgação** - Avalia o grau de transparência do trabalho do Comitê de Bacia. É descrito através da freqüência de divulgação (informação de natureza diversa, propostas e resultados) e quantidade de assuntos difundidos, anualmente. A Figura A5.40 a seguir mostra os estados possíveis considerados.

**PVE – Frequência de debates****PVE – Quantidade de temas****Figura A5.40 Estados possíveis para compor o PVE9.2.2 – Divulgação**

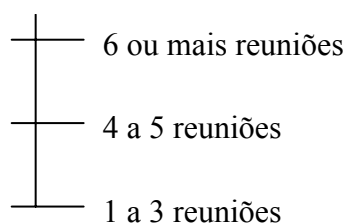
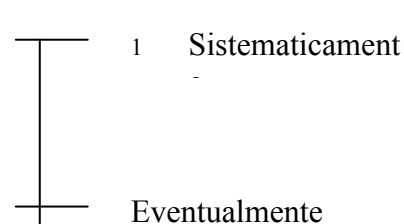
Considerando a combinação dos estados dos referidos PVEs, no Quadro A5.89, apresenta-se os níveis de impacto para o PVE9.2.2 – Divulgação.

**Quadro A5.89 Descritor do PVE9.2.2 – Divulgação**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	O Comitê divulga <u>freqüentemente</u> informações, sobre <u>vários temas</u>
N3	O Comitê divulga <u>freqüentemente</u> debates, sobre <u>poucos temas</u>
N2 (Neutro)	O Comitê divulga <u>eventualmente</u> debates, sobre <u>vários temas</u>
N1	O Comitê divulga <u>eventualmente</u> debates, sobre <u>poucos temas</u>

**PVE9.3 – Interações** - Avalia o grau de interação entre os membros do Comitê de bacias. Para tanto, é descrito pela composição dos seguintes PVEs:

**PVE9.3.1 - Frequência de reuniões** - Avalia a frequência de encontros entre os membros do Comitê de bacias. Conforme o Comitesinos (2002b), referindo-se às reuniões plenárias, "*o Comitê reunir-se-á ordinariamente, no mínimo, a cada dois meses, e extraordinariamente, sempre que necessário....*" (Art. 16 do Regimento Interno do Comitesinos). Ainda deve-se destacar que "*o Comitesinos terá apoio de uma Comissão Permanente de Assessoramento....*" (Art. 16 do Regimento Interno do Comitesinos). Nesta perspectiva, este PVE é descrito pela composição de dois pontos de vista mais elementares: Reuniões Plenárias e Encontros da Comissão Permanente de Assessoramento (CPA). Assim, para os mesmos, na Figura A5.41 a seguir, apresenta-se os estados possíveis considerados.

**PVE - Reuniões Plenárias****PVE - Encontros da CPA****Figura A5.41 Estados possíveis para compor o PVE9.3.1 - Frequência de reuniões**

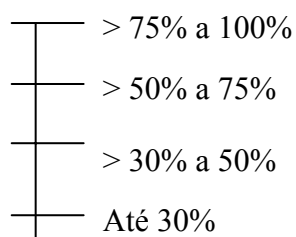
Considerando a combinação dos estados dos referidos PVEs, no Quadro A5.90, apresenta-se a construção dos níveis de impacto para o PVE10.3.1 - Frequência de reuniões.

**Quadro A5.90 Descritor do PVE9.3.1 - Frequência de reuniões**

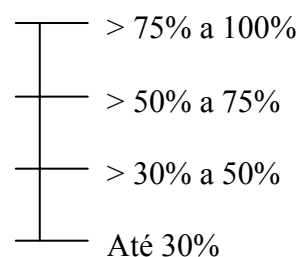
Nível de impacto e de referência	Descrição
N6(Bom)	Houve <u>6 ou mais</u> reuniões plenárias e encontros <u>sistemáticos</u> do CPA
N5	Houve <u>6 ou mais</u> reuniões plenárias e encontros <u>eventuais</u> do CPA
N4 (Neutro)	Houve <u>4 a 5</u> reuniões plenárias e encontros <u>sistemáticos</u> do CPA
N3	Houve <u>4 a 5</u> reuniões plenárias e encontros <u>eventuais</u> do CPA
N2	Houve <u>1 a 3</u> reuniões plenárias e encontros <u>sistemáticos</u> do CPA
N1	Houve <u>1 a 3</u> reuniões plenárias e encontros <u>eventuais</u> do CPA

**PVE9.3.2 – Quantidade de assistentes** - Avalia se há suficiente número de assistentes, membros do Comitê de bacias, para o bom desenvolvimento das reuniões plenárias. Deve-se salientar que no Comitesinos, em cada entidade ou categoria, discrimina-se os membros titulares e suplentes (Art. 5 e Parágrafo Segundo do Art 17 do Regimento Interno do Comitesinos), de outro lado, as reuniões do Comitê iniciam com qualquer quorum, mas "*as votações somente poderão ocorrer com a presença de metade mais um dos representantes com direito a voto, e as decisões se darão por maioria simples*" (Art. 17 do Regimento Interno do Comitesinos). Nesta perspectiva, este PVE é descrito pela composição de dois pontos de vista mais elementares: Assistentes Titulares e Assistentes Suplentes. Na Figura A5.42 a seguir, apresenta-se os estados possíveis considerados.

**PVE – Assistentes Titulares**



**PVE – Assistentes Suplentes**



**Figura A5.42 Estados possíveis para compor o PVE9.3.2 – Quantidade de assistentes**

Considerando a combinação dos estados dos referidos PVEs, no Quadro A5.91, apresenta-se os níveis de impacto para o PVE10.3.2 – Quantidade de assistentes.

**Quadro A5.91 Descritor do PVE9.3.2 – Quantidade de assistentes**

<b>Nível de impacto e de referência</b>	<b>Descrição</b>
N7 (Bom)	Assistiram de > 75% a 100% de membros titulares e de > 75% a 100% de membros suplentes
N6	Assistiram de > 75% a 100% de membros titulares e de 30 a 75% de membros suplentes
N5	Assistiram de > 50% a 75% de membros titulares e de > 75% a 100% de membros suplentes
N4 (Neutro)	Assistiram de > 50% a 75% de membros titulares e > 30% a 75% de membros suplentes
N3	Assistiram de > 30% a 50% de membros titulares e > 30% a 100% de membros suplentes
N2	Assistiram até 30% ou de > 75% a 100% ou de membros titulares e até 30% ou de > 75% a 100% de membros suplentes
N1	Assistiram até 50% de membros titulares e até 50% de membros suplentes

**PVE9.4 – Envolvimento de atores sociais** - Avalia o grau de preocupação do Comitê de cumprir suas atribuições, bem como o envolvimento da sociedade civil em atividades diversificadas do Comitê. Com efeito, o Comitê tem competência de cumprir suas atribuições definidas no Art. 19 da Lei Est. Nº 10.350/94 e Art. 38 da Lei Fed. Nº 9.433/97, as quais referem-se a uma pauta de deliberações e atividades articuladas com órgãos públicos e os setores produtivos. Assim, o Comitê exerce o papel de fórum para discussão sobre a temática dos recursos hídricos, ou de forma mais ampla, sobre a temática do meio ambiente. Além disso, o Comitê cumpre o papel de incentivo à educação ambiental, entendida como essencial para dar continuidade a si mesmo, gerando mudanças de comportamento, solidamente fundamentado e de forma permanente (GRASSI e CÂNEPA, 2000). Nessa perspectiva, para operacionalizar este PVE, utilizou-se dois PVEs:

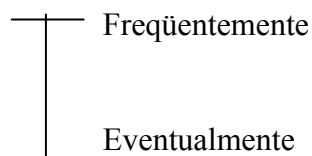
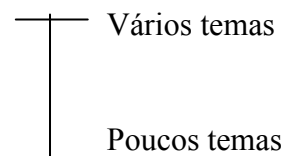
**PVE9.4.1- Expansão da imagem do Comitê** - Avalia a visão do Comitê pela população local ou sociedade civil. Neste PVE supõe-se que o envolvimento da sociedade civil depende da expansão da imagem do Comitê e/ou da visão dele sobre o Comitê. Nessa perspectiva este PVE é descrito pelos valores ou opiniões (posições, reclamações, aspirações e critérios) manifestados da sociedade civil sobre o Comitê. Os mesmos, entendidas como pontos de vista mais elementares, podem ser os seguintes: (a) Espaço de discussão sobre os recursos hídricos e sua interface com o meio ambiente; (b) Tem o papel deliberativo, arbitra e/ou dirime conflitos; (c) Mobiliza a sociedade civil; (d) Incentiva à educação ambiental; (e) Gera subsídios aos órgãos licenciadores e outorgantes; (f) No processo de aprovação e implementação do Plano de bacia, gera subsídios ao processo de planejamento e gestão dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente, em nível municipal e estadual e; (g) Outras razões. Levando em conta essas considerações, o Quadro A5.92 mostra os níveis de impacto.



**Quadro A5.92 Descritor do PVE9.4.1- Expansão da imagem do Comitê**

Nível de impacto e de referência	Descrição (Por que é importante o Comitê de bacias?)
N7 (Bom)	É importante por sete razões: (a), (b), (c), (d), (e), (f) e (g)
N6	É importante por seis razões, entre (a), (b), (c), (d), (e), (f) ou (g)
N5	É importante por cinco razões, entre, (a), (b), (c), (d), (e), (f) ou (g)
N4	É importante por quatro razões, entre, (a), (b), (c), (d), (e), (f) ou (g)
N3 (Neutro)	É importante por três razões, entre, (a), (b), (c), (d), (e), (f) ou (g)
N2	É importante por dois razões, entre, (a), (b), (c), (d), (e), (f) ou (g)
N1	É importante por uma razão, entre, (a), (b), (c), (d), (e), (f) ou (g)

**PVE9.4.2 – Promoção de debates** - Avalia se no Comitê há promoção de debates sobre as questões relacionadas a recursos hídricos e sua interfase com o meio ambiente, no âmbito de suas atribuições, definidas no Art. 19 da Lei Est. N° 10.350/94 e Art. 38 da Lei Fed. N° 9.433/97. É descrito pela composição de dois pontos de vista mais elementares: Frequência de debates ocorridos e Quantidade de temas abordados. Assim, os estados de ocorrência, considerados para este PVE, estão representados na Figura A5.43, abaixo:

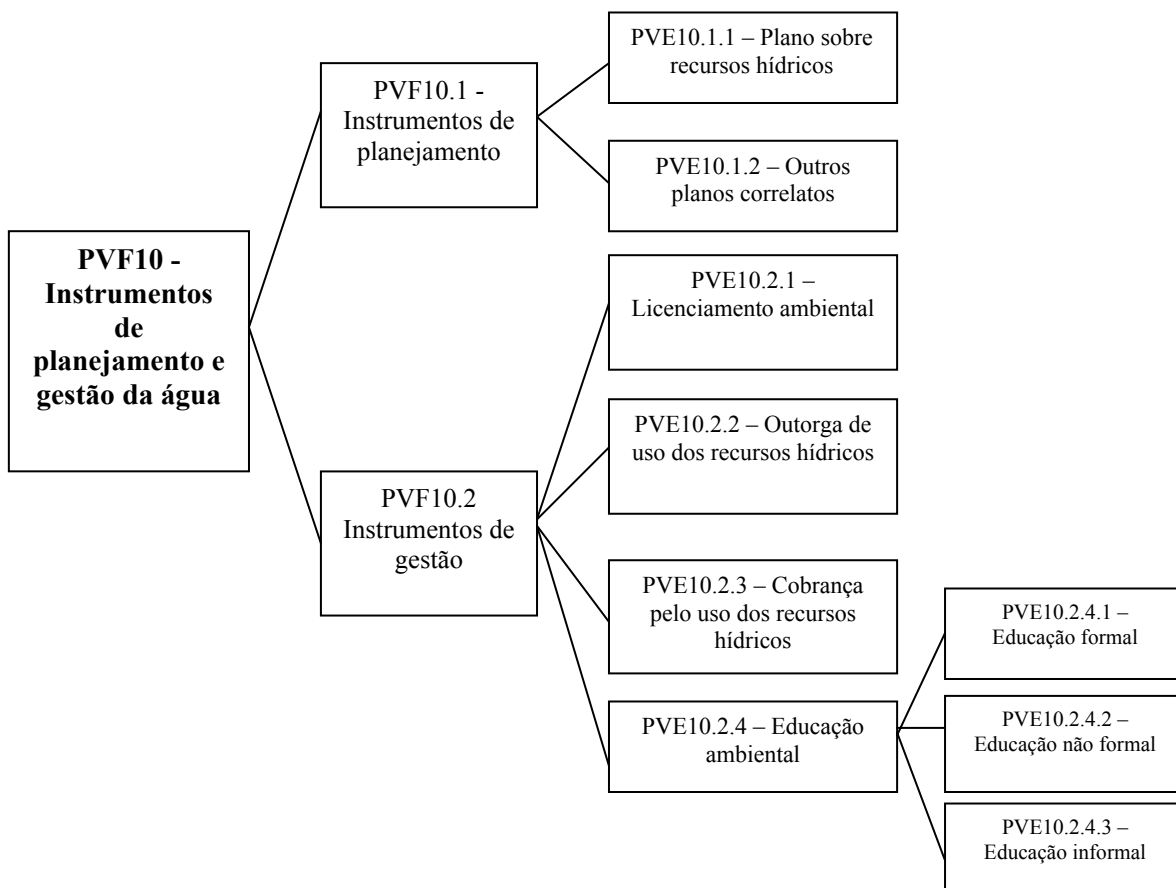
**PVE – Frequência de debates****PVE – Quantidade de temas****Figura A5.43 Estados possíveis para compor o PVE9.4.2 – Promoção de debates**

Considerando a combinação dos estados dos referidos PVEs, no Quadro A5.93 apresenta-se os níveis de impacto para o PVE10.4.2 – Promoção de debates.

**Quadro A5.93 Descritor do PVE9.4.2 – Promoção de debates**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	O Comitê promove <u>frequentemente</u> debates, sobre <u>vários temas</u> relacionados com os recursos hídricos
N3	O Comitê promove <u>frequentemente</u> debates, sobre <u>poucos temas</u> relacionados com os recursos hídricos
N2 (Neutro)	O Comitê promove <u>eventualmente</u> debates, sobre <u>vários temas</u> relacionados com os recursos hídricos
N1	O Comitê promove <u>eventualmente</u> debates, sobre <u>poucos temas</u> relacionados com os recursos hídricos

**PVF10 - Instrumentos de planejamento e gestão da água** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de planejamento, gestão ambiental e da água, com o objetivo de racionalizar o uso da água e preservar os corpos de água. É descrito pela composição de dois PVEs compostos e seis PVEs de base.



**Figura A5.44** Árvore de PVEs do PVF10 -Instrumentos de planejamento e gestão da água

**PVE10.1 - Instrumentos de planejamento** - Avalia a existência de planos sobre os recursos hídricos e outros correlatos, pois nos mesmos, são discriminados os objetivos, princípios e diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei Est. 10350/1994, Cap. III, Art. 21) e/o visam fundamentar e orientar a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Fed. 9433/1997, Cap IV, Art. 6), ainda, produzem subsídios à formulação da Política Estadual do Controle do Meio Ambiente (Lei Est. 11.520/2000, Cap. II, Art. 16).

**PVE10.1.1 – Plano sobre recursos hídricos** - Avalia a existência do Plano de Bacia Hidrográfica (Lei Est. 10.350/1994, Cap. III, Art. 21) ou Plano de Recursos Hídricos (Lei Fed. 9.433/1997, Cap IV, Art. 6), e o Plano Estadual de Recursos Hídricos (Lei Est. 10.350/1994, Cap. III, Art. 22). O Quadro A5.94 mostra a descrição dos níveis de impacto do PVE11.1.1.

**Quadro A5.94 Descritor do PVE10.1.1 – Plano sobre recursos hídricos**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Com <u>Plano de Bacia Hidrográfica e Plano Estadual dos Recursos Hídricos</u>
N3 (Neutro)	Com <u>Plano de Bacia Hidrográfica, mas sem Plano Estadual dos Recursos Hídricos</u>
N2	<u>Com Enquadramento dos Corpos de Água em classes, segundo os usos preponderantes</u>
N1	<u>Sem Enquadramento dos Corpos de Água em classes, segundo os usos preponderantes</u>

**PVE10.1.2 – Outros planos correlatos** - Avalia a existência de planos correlatos com os recursos hídricos. Entre os principais podemos identificar os seguintes: Plano Ambiental (Lei Est. 11.520/2000, Cap. II, Art. 16), Plano Diretor Municipal (Lei Est. 11.520/2000, Cap. II, Art. 16, Art 18) e Plano de Desenvolvimento Regional (Lei Est. 11.520/2000, Cap. II, Art. 16). O Quadro A5.95 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.95 Descritor do PVE10.1.2 – Outros planos correlatos**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Possui <u>três planos</u> : Plano Ambiental, Plano Diretor Municipal e Plano de Desenvolvimento Regional
N3	Possui <u>dois planos</u> : Plano Ambiental, Plano Diretor Municipal ou Plano de Desenvolvimento Regional
N2 (Neutro)	Possui <u>um plano</u> : Plano Ambiental, Plano Diretor Municipal ou Plano de Desenvolvimento Regional
N1	<u>Não possui nenhum</u> dos três planos: Plano Ambiental, Plano Diretor Municipal e Plano de Desenvolvimento Regional

**PVE10.2 - Instrumentos de gestão** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de gestão ambiental e dos recursos hídricos com o fim de incentivar a racionalização do uso da água e preservar os corpos de água. É descrito pela composição de seis PVEs:

**PVE10.2.1 – Licenciamento ambiental** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente, com base em manifestação técnica obrigatória, tem expedido as seguintes licenças vigentes: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação (Lei Estadual, N° 11. 520, Cap. VIII, Art. 56). A descrição dos estados apresenta-se no Quadro A5.17 do PVE11.1 - Licenciamento ambiental do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

Para uma população de organizações produtivas, os estados de modalidade de licenciamento variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.1 – Licenciamento ambiental. Com essa consideração, pode-se formular o índice de licenciamento ambiental, utilizando a função de agregação multiplicativa

(Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de indústrias, correspondentes a cada estado de modalidade de licenciamento.

**PVE10.2.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos** - Avalia o grau com que o órgão ambiental competente emite outorga de direitos de uso dos recursos hídricos. Os níveis de impacto do descritor, apresentam-se no Quadro A5.18, sendo adotados do PVE11.2 - Outorga de uso dos recursos hídricos do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

Para um conjunto de organizações produtivas os estados de modalidade de outorga de uso dos recursos hídricos variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE6.2 – Outorga de uso dos recursos hídricos. Com essa consideração, pode-se formular o índice de outorga de uso dos recursos hídricos, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de organizações produtivas, correspondentes a cada estado de outorga de uso dos recursos hídricos.

**PVE10.2.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos** - Avalia o estado de implantação do instrumento de cobrança de uso de recursos hídricos, no âmbito do Sistema de Recursos Hídricos. No Quadro A5.19 apresenta-se os níveis de impacto, sendo adotados do PVE11.3 - Cobrança pelo uso dos recursos hídricos do *Cluster* 1 - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário.

Para uma população de organizações produtivas, os estados de aplicação do instrumento de cobrança variam, ocorrendo impactos em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE8.3 – Cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Com essa consideração, pode-se formular o índice de cobrança de uso dos recursos hídricos, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é o peso ou proporção de organizações produtivas, correspondentes a cada estado de aplicação do instrumento de cobrança.

**PVE10.2.4 – Educação ambiental** - Avalia se há preocupação pelo Poder Público de "*promover a educação ambiental em todos os níveis de sua atuação e a conscientização da sociedade para a preservação, conservação e recuperação do meio ambiente...*" (Lei Est. 11.520/00, Art. 27), bem como sua articulação com outras instituições para tal. Este PVE pode ser descrito a partir dos seguintes PVEs:

**PVE10.2.4.1 - Educação formal** - Avalia o grau de promoção da conscientização ambiental nas instituições de educação de caráter formal. O Quadro A5.96 a seguir, apresenta a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.96 Descritores do PVE10.2.4.1 - Educação formal**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	A instituição <u>possui</u> em sua estrutura curricular a temática da educação ambiental e o ensino da mesma é <u>bom</u>
N2 (Neutro)	A instituição <u>possui</u> em sua estrutura curricular a temática da educação ambiental, mas o ensino da mesma é <u>deficiente</u>
N1	A instituição <u>não possui</u> em sua estrutura curricular a temática da educação ambiental e o ensino da mesma é <u>bom</u> ou <u>deficiente</u>

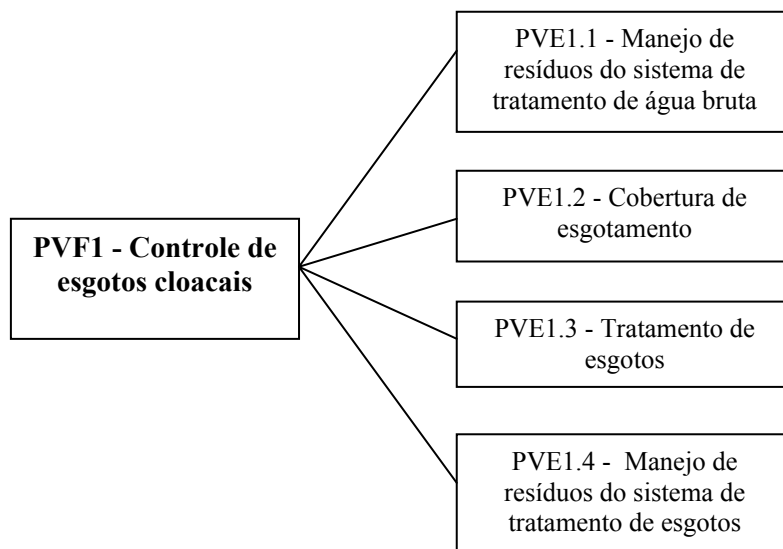
**PVE10.2.4.2 - Educação não formal** - Avalia o grau de promoção da conscientização ambiental nas instituições de educação não formal. Os níveis de impacto do descritor podem ser adotados do Quadro A5.96 do presente *Cluster*.

**PVE10.2.4.3 - Educação informal** - Avalia o grau de promoção da conscientização ambiental através da educação informal. Os níveis de impacto do descritor podem ser adotados do Quadro A5.96 do presente *Cluster*.

## Cluster 10 - Preservação da qualidade da água do rio

**Função de produção:** Produção do serviço ambiental: Qualidade da água do rio

**PVF1 - Controle de despejo esgotos cloacais** - Avalia o grau de controle de despejo de esgotos cloacais no meio urbano e rural. A Figura A5.45 mostra que este PVF é operacionalizado com base em quatro PVEs.



**Figura A5.45** Árvore de PVEs do PVF1 - Controle de esgotos cloacais

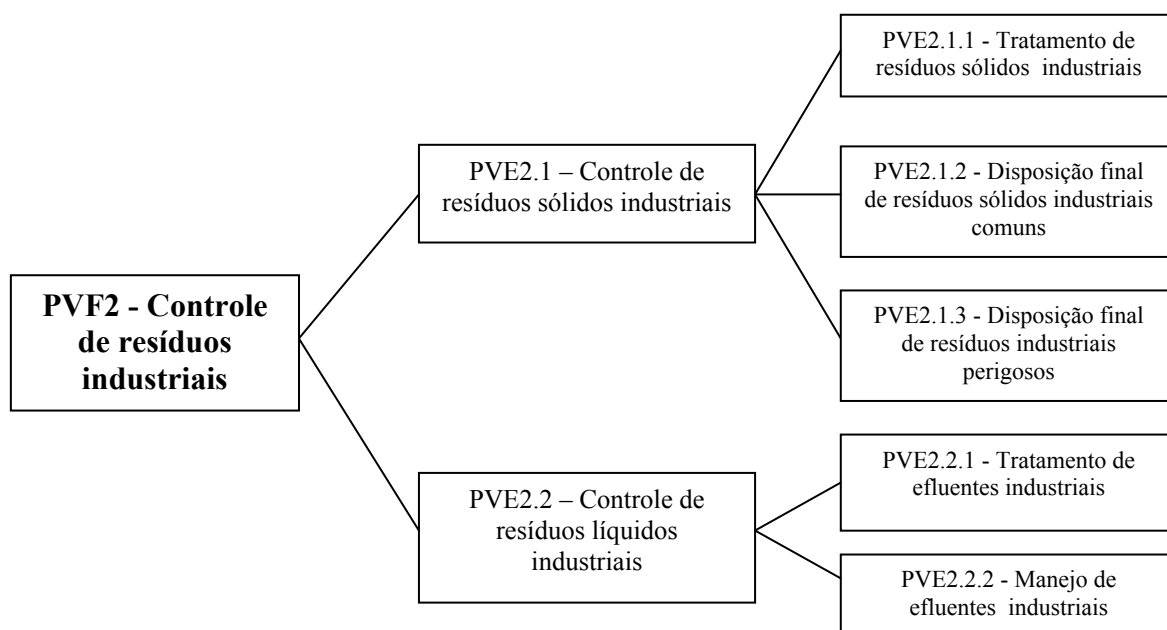
**PVE1.1 - Manejo de resíduos do sistema de tratamento d'água bruta** - Avalia o grau de reconversão e disposição de resíduos (esgotos) do sistema de tratamento d'água bruta. Para este PVE os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.13, sendo adotados do PVF7 - Manejo de resíduos do sistema de tratamento d'água bruta do *Cluster 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário*.

**PVE1.2 - Cobertura de esgotamento** - Avalia o grau de cobertura de esgotamento ou acessibilidade da população ao serviço de esgotamento sanitário. É descrito pela percentagem da população com acesso ao esgotamento sanitário. Para este PVE os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.14, adotando-se a partir do PVF8 – Cobertura de esgotamento do *Cluster 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário*.

**PVE1.3 - Tratamento de esgotos** - Avalia a capacidade do sistema de tratamento de esgotos. É descrito através do incremento de resíduo durante um período, com relação à produção. Para este PVE os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.15, adotando-se, para sua construção os mesmos critérios utilizados no PVF9 – Tratamento de esgotos do *Cluster 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário*.

**PVE1.4 - Manejo de resíduos do sistema de tratamento de esgotos** - Avalia o grau de reconversão e disposição de resíduos do sistema de tratamento de esgotos. Para este PVE os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.16, sendo adotados do PVF10 - Manejo de resíduos do sistema de tratamento de esgotos do *Cluster 1* - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário.

**PVF2 - Controle de resíduos industriais** - Avalia o grau de controle de despejo de resíduos sólidos e líquidos industriais, no âmbito do Sistema de Gestão Ambiental em organizações. A Figura A5.46 mostra que este PVF é operacionalizado a partir de dois PVEs compostos e quatro PVEs de base.



**Figura A5.46** Árvore de PVE do PVF2 - Controle de resíduos industriais

**PVE2.1 – Controle de resíduos sólidos industriais** - Avalia o controle de despejo de resíduos sólidos industriais. É descrito a partir dos seguintes PVEs:

**PVE2.1.1 – Tratamento de resíduos sólidos industriais** - Avalia a capacidade do sistema de tratamento de efluentes industriais. É descrito através do incremento de resíduo durante um período, com relação à produção. O cálculo deste descritor, bem como a construção dos níveis de impacto, pode ser feito adotando os mesmos critérios utilizados no PVF6 - Tratamento de água bruta do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, para este PVE, o descritor pode ser calculado através da Equação 15 e o Quadro A5.12 apresenta a descrição dos níveis de impacto.

**PVE2.1.2 - Disposição final de resíduos sólidos industriais comuns** - Avalia o grau de minimização de resíduos sólidos industriais comuns ou não perigosos. É descrito pelas opções de manejo dos mesmos. Para este PVE os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.29, sendo

adotados do PVE4.2 – Destino final de resíduos sólidos industriais comuns do *Cluster 2* - Abastecimento de água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

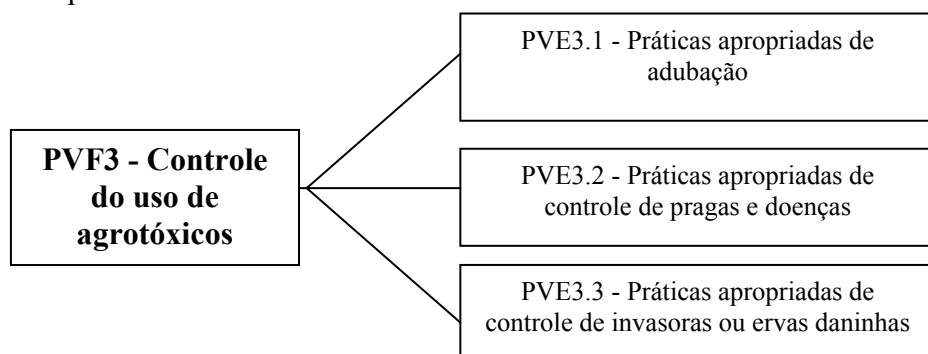
**PVE2.1.3 - Disposição final de resíduos industriais perigosos** - Avalia o grau de minimização de resíduos industriais perigosos. É descrito pelas opções de manejo de resíduos. Para este PVE os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.30, sendo adotados do PVE4.3 – Destino final de resíduos industriais perigosos do *Cluster 2* - Abastecimento de água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVE2.2 – Controle de resíduos líquidos industriais** - Avalia o controle de despejo de resíduos líquidos industriais. É descrito a partir dos seguintes PVEs:

**PVE2.2.1 – Tratamento de efluentes industriais** - Avalia a capacidade do sistema de tratamento de resíduos industriais. É descrito através do incremento de resíduo durante um período, com relação à produção. O cálculo deste descritor, bem como a construção dos níveis de impacto, pode ser feito adotando os mesmos critérios utilizados no PVF6 - Tratamento de água bruta do *Cluster 1* - Abastecimento público de água potável e esgotamento sanitário. Assim, para este PVE, o Quadro A5.12 apresenta a descrição dos níveis de impacto.

**PVE2.2.2 - Manejo de efluentes industriais** - Avalia o grau de reconversão e disposição de resíduos do sistema de tratamento de efluentes industriais. Para este PVE os níveis de impacto apresentam-se no Quadro A5.31, sendo adotados do PVF7 - Manejo de efluentes industriais do *Cluster 2* - Abastecimento de água para uso industrial e controle de efluentes industriais.

**PVF3 - Controle do uso de agrotóxicos** - Avalia o grau de controle do uso de agrotóxicos ou agroquímicos nas explorações agrícolas. Para Shaxson *et al.* (1989) as atividades da agricultura e a preservação do meio ambiente (representado pelas relações solo-água-planta), tem o mesmo objetivo, mas partem de diferentes perspectivas, entendendo-se que compatibilizar essas perspectivas, implicaria tornar a agricultura "mais amigável" ao meio ambiente. Nesta perspectiva, este PVF é descrito no âmbito da conversão da agricultura convencional para a agricultura orgânica. A Figura A5.47 mostra que este PVF é operacionalizado a partir de três PVEs de base.



**Figura A5.47** Árvore de PVEs do PVF3 - Controle do uso de agrotóxicos

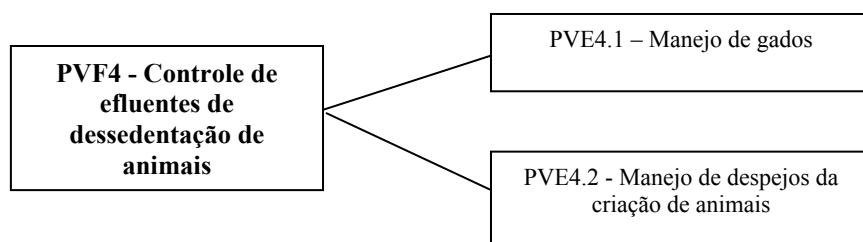


**PVE3.1 - Práticas apropriadas de adubação** - Avalia se a prática de adubação é feita de acordo com os princípios da agricultura orgânica. É descrito pela intensidade de uso de adubos de natureza química, supondo que um baixo uso de adubos químicos implica um alto uso de adubos orgânicos. O Quadro A5.38 mostra os níveis de impacto, o mesmo adota-se do PVF 5 Práticas apropriadas de adubação do *Cluster 3* - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos /agroquímicos -

**PVE3.2 - Práticas apropriadas de controle de pragas e doenças** - Avalia se a prática de controle de pragas e doenças é feita de acordo com os princípios da agricultura orgânica. É descrito pela intensidade de uso de produtos químicos, supondo que um baixo uso de produtos químicos implica um alto uso de práticas de caráter orgânico. O Quadro A5.39 mostra os níveis de impacto, o mesmo adota-se do PVF 6 - Práticas apropriadas de controle de pragas e doenças do *Cluster 3* - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos.

**PVE3.3 - Práticas apropriadas de controle de invasoras** - Avalia se a prática de controle de invasoras ou ervas daninhas é feita de acordo com os princípios da agricultura orgânica. É descrito pela intensidade de uso de produtos químicos (como herbicidas), supondo que um baixo uso de produtos químicos implica um alto uso de práticas de caráter orgânico. O Quadro A5.40 mostra os níveis de impacto, o mesmo adota-se do PVF7 - Práticas apropriadas de controle de invasoras do *Cluster 3* - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos.

**PVF4 - Controle de efluentes da criação de animais** - Avalia o grau de controle de efluentes de dessedentação de animais. Como foi mencionado na Seção xx, no mundo rural, este PVF é descrito no âmbito da conversão do manejo convencional para um manejo de caráter sustentável. A Figura A5.48 mostra que este PVF é operacionalizado a partir de três PVEs de base.



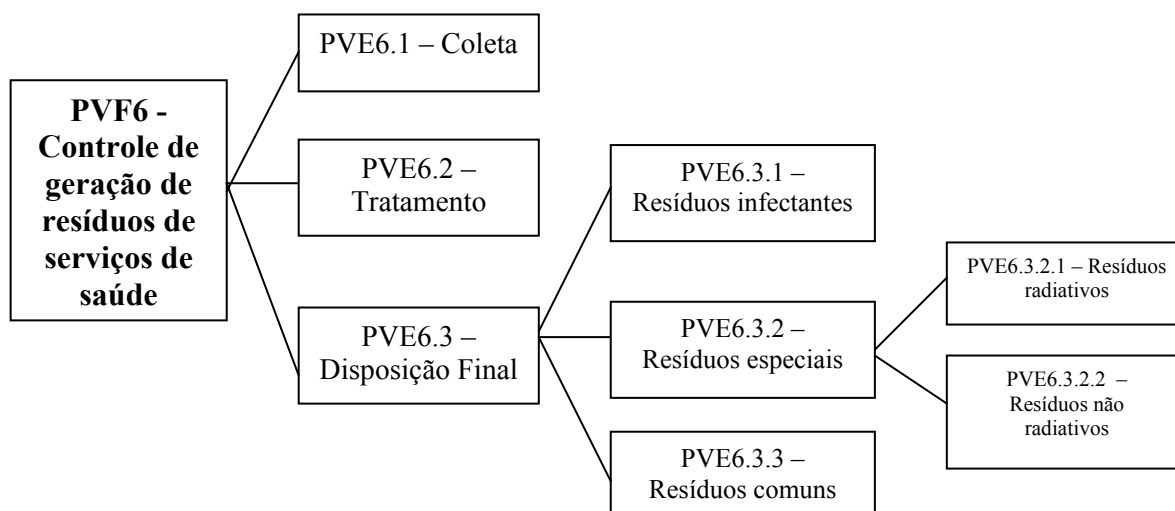
**Figura A5.48** Árvore de PVEs do PVF4 - Controle de efluentes da criação de animais

**PVE4.1 – Manejo de gados** - Avalia se as práticas de manejo na criação do gado leiteiro são adequadas, ou seja, de caráter ecológico, sustentável e lucrativo. É descrito pelo grau de conversão do manejo convencional para o pastoreio rotativo (EMATER-RS, 2003). O Quadro A5.42 mostra os níveis de impacto, o mesmo adota-se do PVF5 - Manejo de gados do *Cluster 3* - Uso d'água para criação de animais.

**PVE4.2 – Manejo de despejos da criação de animais** - Avalia o manejo de resíduos da atividade de criação de animais na modalidade intensiva (como animais estabulados em baias, galinheiros, pocilgas, etc.). Para a atividade de criação na modalidade extensiva, supõe-se não haver necessidade de tratamento dos despejos. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.43. o mesmo adota-se do PVF6 - Manejo de despejos da criação de animais do *Cluster 4* - Uso d'água para criação de animais.

**PVF5 - Controle de geração de resíduos sólidos** - Avalia o controle de geração de resíduos sólidos domiciliares, tendo em vista as medidas de seguridade ambiental que envolve os recursos hídricos, além de reduzir riscos à saúde da população e de impacto ao meio ambiente. Como foi descrito na Seção 7.5.3, a magnitude da problemática dos resíduos sólidos é grande e complexa, nessa perspectiva, para tal, pode ser construído um modelo específico de avaliação, mas de acordo aos propósitos do presente modelo, é importante dar ênfase na interfase entre os resíduos sólidos e os recursos hídricos, de maneira a considerar aspectos ou ações que produzem sinergia entre os mesmos. Nesta perspectiva a Figura 7.24 da Seção 7.5.3 do texto, mostra que este PVF é operacionalizado em três etapas: coleta, processamento e destino final dos resíduos sólidos. Assim, podem ser identificados três sub-*Clusters*: aperfeiçoamento do serviço de limpeza e coleta de lixo em zonas inacessíveis, processamento e disposição final de resíduos sólidos. Em suma, este PVF é uma síntese do *Cluster 12*. A descrição dos níveis de impacto serão apresentadas detalhadamente mais adiante, no *Cluster 12* – Aperfeiçoamento do controle de geração de resíduos sólidos.

**PVF6 - Controle de geração de resíduos de serviços de saúde** - Avalia o controle de geração de resíduos de saúde, visando ter medidas de seguridade ambiental que envolve os recursos hídricos, além de ter a visão de reduzir riscos à saúde de quem o manipula, de infecção hospitalar e de impacto ao meio ambiente (BIDONE, 1999).



**Figura A5.49** Árvore de PVE do PVF6 - Controle de geração de resíduos de serviços de saúde

Deve-se notar que os resíduos dos serviços de saúde compreendem todos aqueles gerados nas farmácias, clínicas veterinárias, laboratórios de análises clínicas, postos de saúde, hospitais e clínicas médicas, entre outros (BIDONE, 1999, ALMEIDA e VILHENA, 2000).

Com relação a este PVF pode ser construído um modelo específico de avaliação, mas de acordo com os propósitos do presente modelo, é importante dar ênfase na interface entre os resíduos dos serviços de saúde e os recursos hídricos. Nesta perspectiva a Figura A5.49 mostra que este PVF é operacionalizado por um PVE composto e quatro PVE de base.

**PVE6.1 – Tipo de coleta** - Avalia se durante a coleta de resíduos de saúde se os mesmos são separados ou selecionados apropriadamente na origem, segundo a classificação adotada. Com efeito, a NBR – 12.808 classifica os resíduos de serviço de saúde em três classes: Classe A – Resíduos infectantes, sendo de caráter biológico e instrumental, Classe B – Resíduos especiais, sendo de caráter radiativo e químico perigosos e Classe C- Resíduos comuns, semelhantes aos resíduos domésticos. Nessa perspectiva, este PVE é descrito pela percentagem dos estabelecimentos de saúde com coleta seletiva. O Quadro A5.97 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.97 Descritor do PVE6.1 – Tipo de coleta**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	É feita a coleta seletiva em 100% dos estabelecimentos de saúde
N3	É feita a coleta seletiva em 75% dos estabelecimentos de saúde
N2 (Neutro)	É feita a coleta seletiva em 50% dos estabelecimentos de saúde
N1	É feita a coleta seletiva em < 25% dos estabelecimentos de saúde

**PVE6.2 – Tratamento** - Avalia se é feito o tratamento dos resíduos de saúde na origem ou externamente, visando sua desinfecção. Este PVE é descrito pela percentagem dos estabelecimentos de saúde onde é feito o tratamento dos seus resíduos. O Quadro A5.98 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.98 Descritor do PVE6.2 – Tratamento**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	É feito o tratamento em 100% dos estabelecimentos de saúde
N3	É feito o tratamento em 75% dos estabelecimentos de saúde
N2 (Neutro)	É feito o tratamento em 50% dos estabelecimentos de saúde
N1	É feito o tratamento em < 25% dos estabelecimentos de saúde

**PVE6.3 – Disposição Final** - Avalia se é feita adequadamente a disposição dos resíduos de saúde, de acordo ao tipo de resíduos, visando ter medidas de seguridade ambiental. Assim, este PVE é descrito pela composição de três PVEs:

**PVE6.3.1 – Resíduos infectantes** - Avalia se é feita adequadamente a disposição de resíduos da Classe A – Resíduos infectantes, depois de ter feito ou não o tratamento. Estes

resíduos dividem-se em: Tipo A.1 - Biológicos; Tipo A.2 - Sangue e hemoderivados; Tipo A.3 - Cirúrgicos, anátomo-patológico e exsudato; Tipo A.4 – Perfurantes e cortante; Tipo A.5 – Animal contaminado; Tipo A.6 – Assistência ao paciente. Nessa perspectiva, a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.99.

**Quadro A5.99 Descritor do PVE6.3.1 – Resíduos infectantes**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	A disposição final é feita em <u>aterro sanitário</u>
N3	A disposição final é feita em <u>aterro controlado</u>
N2 (Neutro)	A disposição final é feita em <u>valas sépticas</u>
N1	A disposição final é feita a <u>céu aberto</u>

**PVE6.3.2 – Resíduos especiais** - Avalia se é feita adequadamente a disposição de resíduos da Classe B – Resíduos especiais, depois de ter feito ou não o tratamento. Estes resíduos dividem-se em: Tipo B.1 – Rejeito radioativo; Tipo B.2 – Resíduo farmacêutico; Tipo B.3 – Resíduo químico perigoso. Nessa perspectiva, este PVE pode ser descrito por dois PVEs:

**PVE6.3.2.1 – Radiativos** - Avalia se é feita adequadamente a disposição de resíduos radioativos, de acordo com as normas da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), apresentada e fiscalizada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). O Quadro A5.100 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.100 Descritor do PVE6.3.2.1 – Radiativos**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	A disposição final é feita, <u>totalmente</u> , de acordo com as normas AIEA
N2 (Neutro)	A disposição final é feita, <u>parcialmente</u> , de acordo com as normas AIEA
N1	A disposição final <u>não é feita</u> de acordo com as normas AIEA

**PVE6.3.2.2 – Não radiativos** - Avalia se é feita adequadamente a disposição de resíduos não radioativos, como os resíduos farmacêuticos e químicos perigosos. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.101.

**Quadro A5.101 Descritor do PVE6.3.1.2 – Não radiativos**

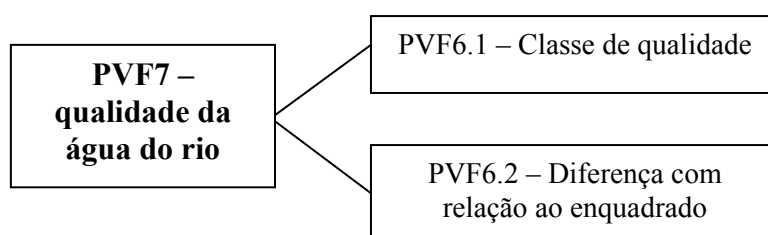
Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	A disposição final é feita em <u>aterro sanitário</u>
N3	A disposição final é feita em <u>aterro controlado</u>
N2 (Neutro)	A disposição final é feita em <u>valas sépticas</u>
N1	A disposição final é feita a <u>céu aberto</u>

**PVE6.3.3 – Resíduos comuns** - Avalia se é feita adequadamente a disposição de resíduos da Classe C – Resíduos comuns, depois de ter feito o tratamento (sendo equivalente aos resíduos sólidos domésticos) ou não. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.102.

### Quadro A5.102 Descritor do PVE6.3.3 – Resíduos comuns

Nível de impacto e de referência	9.2 Descrição
N4 (Bom)	A disposição final é feita em <u>aterro sanitário</u>
N3	A disposição final é feita em <u>aterro controlado</u>
N2 (Neutro)	A disposição final é feita em <u>valas sépticas</u>
N1	A disposição final é feita a <u>céu aberto</u>

**PVF7 - Qualidade da água do rio** - Avalia o estado geral da qualidade da água do rio segundo o seu enquadramento. A Figura A5.50 a seguir mostra que este PVF é operacionalizado pela composição de dois PVEs:



**Figura A5.50** Árvore de PVE do PVF7 - Qualidade da água do rio

**PVE7.1 – Classe de qualidade** - Avalia o estado da qualidade da água do rio. É descrito pelas classes de qualidade de água de acordo com a Resolução CONAMA N° 20/86. O Quadro A5.103, a seguir mostra a descrição dos níveis de impacto.

### Quadro A5.103 Descritor do PVE7.1 – Classe de qualidade

Nível de impacto e de Referência	Descrição
N5	O rio tem qualidade de <u>Classe especial</u>
N4 (Bom)	O rio tem qualidade de <u>Classe 1</u>
N3	O rio tem qualidade de <u>Classe 2</u>
N2 (Neutro)	O rio tem qualidade de <u>Classe 3</u>
N1	O rio tem qualidade de <u>Classe 4</u>

**PVE7.2 – Diferença com relação ao enquadramento** - Avalia a qualidade da água do rio com relação a seus usos preponderantes. É descrito pela diferença de qualidade com relação ao enquadramento. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.104.

**Quadro A5.104 Descritor do PVE7.2 – Diferença com relação ao enquadramento**

Nível de impacto e de Referência	Descrição
N5	A diferença de classes de qualidade da água é 0
N4 (Bom)	A diferença de classes de qualidade da água é 1
N3	A diferença de classes de qualidade da água é 2
N2 (Neutro)	A diferença de classes de qualidade da água é 3
N1	A diferença de classes de qualidade da água é 4

**PVF8 - Interferências e conflitos entre os usuários d'água** - Avalia o grau de ocorrência de conflitos entre os usuários de água. É descrito pelo número de usos ou objetivos não satisfeitos, segundo o enquadramento (ONsat). Considerando as classes de qualidade da água segundo seus usos preponderantes da bacia do rio dos Sinos (Quadro A5.19 da Seção 7.4.3), é determinado através da seguinte expressão:

$$ONsat = Oenq - Ocla \quad (\text{Eq. 50})$$

Onde, Oenq é o número de objetivos segundo o enquadramento e Ocla é o número de objetivos satisfeitos segundo a classe de qualidade atual. Nessa perspectiva, o Quadro A5.105 apresenta a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.105 Descritor do PVF8 - Interferências e conflitos entre os usuários d'água**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Todos os objetivos são satisfeitos, segundo o enquadramento
N3	Quatro objetivos não são satisfeitos, segundo o enquadramento
N2 (Neutro)	Seis objetivos não são satisfeitos, segundo o enquadramento
N1	Dez objetivos não são satisfeitos, segundo o enquadramento

**PVF9 - Planejamento e gestão municipal** - Avalia a situação dos municípios relativo ao planejamento e gestão, verificando-se com quais instrumentos de regulação efetivamente estão trabalhando, pois um melhor planejamento e gestão municipal geram sinergia com a situação dos recursos hídricos. Este PVF operacionaliza-se com base nos mesmos critérios utilizados no PVF7 - Planejamento e gestão municipal do *Cluster 9* - Regime hidrológico do rio. Assim, como mostra a Figura A5.35, é descrito pela composição de um PVE composto e três PVEs básicos.

**PVF10 - Capacidade institucional** - Avalia as condições internas que o órgão ambiental, com ênfase nos recursos hídricos, possui para exercer suas atividades e sua interação com outros órgãos de ordem econômica. Este PVF operacionaliza-se com base nos mesmos critérios utilizados no PVF8 - Capacidade institucional do *Cluster 9* - Regime hidrológico do rio. Assim, como mostra a Figura A5.36, é descrito pela composição de sete PVE compostos e quatorze PVE de base.

**PVF11 - Fortaleza do comitê de bacias** - Avalia a capacidade do Comitê de bacias e as condições internas que ele possui para exercer suas atividades. Este PVF operacionaliza-se com base nos mesmos critérios utilizados no PVF9 - Fortaleza do comitê de bacias do *Cluster 9 - Regime hidrológico do rio*. Assim, como apresenta a Figura A5.38, a descrição deste PVF dá-se por meio da composição de três PVEs compostos e sete PVEs de base.

**PVF12 - Instrumentos de planejamento e gestão da água** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de planejamento, bem como os instrumentos gestão da água e ambiental, com o objetivo de racionalizar o uso da água e preservar os corpos de água. Este PVF operacionaliza-se com base nos mesmos critérios utilizados no PVF10 - Instrumentos de planejamento e gestão da água do *Cluster 9 - Regime hidrológico do rio*. Assim, como apresenta a Figura A5.44, a descrição deste PVF dá-se por meio da composição de dois PVEs compostos e seis PVEs de base.

### **Cluster 11 - Preservação da estrutura "habitat" e morfologia do rio**

**Função de produção:** Produção do serviço ambiental: Estrutura "habitat" e morfologia do rio

**PVF1 – Drenagem urbana** - Avalia as condições estruturais físicas que influem no escoamento superficial, bem como o seu controle no meio urbano. Este PVF é operacionalizado adotando os mesmos critérios utilizados no PVF2 - Drenagem urbana do *Cluster* Regime hidrológico do rio. Assim, a Figura A5.32 mostra que este PVF é operacionalizado através de dois PVEs compostos e três PVEs de base.

**PVF2 – Drenagem rural** - Avalia as condições estruturais físicas que influem no escoamento superficial, bem como o seu controle no meio rural. Este PVF é operacionalizado adotando os mesmos critérios utilizados no PVF3 - Drenagem rural do *Cluster* Regime hidrológico do rio. Assim, a Figura A5.33 mostra que este PVF é operacionalizado através de dois PVEs compostos e três PVEs de base.

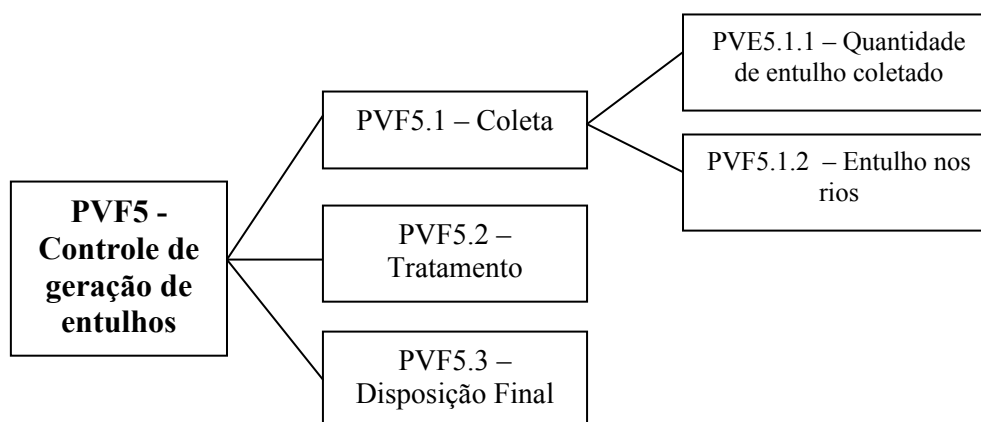
**PVF3 - Mineração** - Avalia o grau de crescimento do potencial da mineração extrativa (não metálico ou areia) em termos de capital. Este PVF é operacionalizado adotando os mesmos critérios utilizados no PVF1 - Mineração do *Cluster* 6 - Navegação. Assim, a Figura A5.20, mostra que este PVF é operacionalizado através de três PVEs de base.

**PVF4 - Controle de geração de resíduos sólidos** - Avalia o controle de geração de resíduos sólidos domiciliares, tendo em vista as medidas de seguridade ambiental que envolve os recursos hídricos, além de reduzir riscos à saúde da população e de impacto ao meio ambiente. Como foi descrito na Seção 7.5.3, a magnitude da problemática dos resíduos sólidos é grande e complexa, nessa perspectiva, para tal, pode ser construído um modelo específico de avaliação, mas de acordo aos propósitos do presente modelo, é importante dar ênfase na interfase entre os resíduos sólidos e os recursos hídricos, de maneira a considerar aspectos ou ações que produzem sinergia entre os mesmos. Nesta perspectiva a Figura 7.24 da Seção 7.5.3, mostra que este PVF é operacionalizado em três etapas: coleta, processamento e destino final dos resíduos sólidos. Assim, podem ser identificados três sub-*Clusters*: aperfeiçoamento do serviço de limpeza e coleta de lixo em zonas inacessíveis, processamento e disposição final de resíduos sólidos. Em suma, este PVF é uma síntese do *Cluster* 12. A descrição dos níveis de impacto serão apresentadas detalhadamente mais adiante, no *Cluster* 12 – Aperfeiçoamento do controle de geração de resíduos sólidos.

**PVF5 - Controle de geração de entulhos** - Avalia o controle de geração de entulhos, tendo em vista a conservação e preservação dos rios. Os entulho procedem da construção e demolição de prédios, residências e estradas e pontes, formando o conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc. (ALMEIDA e VILHENA, 2000).



O gerador de entulho é responsável pelo manejo adequado. Como mostra a Figura A5.51, este PVF pode ser operacionalizado pela composição de três PVEs:



**Figura A5.51** Árvore de PVE do PVF5 - Controle de geração de entulhos

**PVE5.1 - Coleta** - Avalia se é feita a coleta de entulho adequadamente. É descrito a partir de dois PVEs:

**PVE5.1.1 - Quantidade de entulho coletado** - Avalia a quantidade de entulho coletada, com relação à população local. É determinado através da seguinte relação:

$$QE = \frac{Nf}{P} \quad (\text{Eq. 51})$$

Onde, Ne é o número de frotas de transporte de entulhos, P é a população do município.

A variável, QE, deve ser padronizada utilizando a Equação 18. Logo, podem ser construídos os níveis de impacto, adotando os mesmos critérios utilizados no PVE1.2.2 – Densidade industrial do *Cluster 2* Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos. Assim, para este PVE, utiliza-se o descritor de Quadro A5.25.

**PVE5.1.2 - Entulhos nos rios** - Avalia a presença de entulhos nos rios, num certo trecho. O Quadro A5.106 a seguir, apresenta os níveis de impacto.

**Quadro A5.106** Descritor do PVE5.1.2 - Entulhos nos rios

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Não se verifica a presença de nenhum tipo de entulhos ao longo dos 5 km do rio
N3	Verifica-se baixa/pouca presença de entulhos ao longo dos 5 km do rio
N2 (Neutro)	Verifica-se moderada presença de entulhos ao longo dos 5 km do rio
N1	Verifica-se alta/abundante presença de entulhos, levando à obstrução do escoamento, ao longo dos 5 km do rio

**PVE5.2 - Tratamento** - Avalia se é feita a reciclagem entulho suficientemente. É descrito pela existência de empresas de reciclagem. O Quadro A5.107 a seguir, apresenta os níveis de impacto.

**Quadro A5.107 Descritor do PVE5.2 - Tratamento**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	Existe <u>suficiente</u> empresas de reciclagem de entulhos
N2 (Neutro)	Existe <u>insuficiente</u> empresas de reciclagem de entulhos
N1	<u>Não existe nenhuma</u> empresa de reciclagem de entulhos

**PVE5.3 - Disposição final** - Avalia se os entulhos têm uma disposição final adequadamente. É descrito pelo tipo de disposição final. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.108.

**Quadro A5.108 Descritor do PVE5.3 - Disposição final**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	A disposição final é feita em <u>aterro sanitário</u>
N2 (Neutro)	A disposição final é feita em <u>aterro controlado</u>
N1	A disposição final é feita a <u>céu aberto</u>

**PVF6 - Assoreamento em redes de drenagem** - Avalia o grau de assoreamento no rio no âmbito da erosão do solo. Com efeito, a erosão do solo é entendida como um ciclo de alteração, desagregação, transporte e sedimentação dos constituintes do solo (LAL, 1994). Nessa perspectiva, este PVF é descrito pela taxa anual de erosão ou perda de solo. O mesmo é determinado adotando a Equação Universal de Perda de Solo (Universal Soil Loss Equation, USLE), apresentada por Wischmeier e Smith (1978):

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (\text{Eq. 52})$$

O modelo de erosão calcula um valor médio da perda do solo (A), correspondente a um longo período de tempo, onde, R é o fator energético da chuva, K é o fator de erodibilidade do solo, L é o fator de comprimento, S é o fator de inclinação, C é o fator de técnica cultural, P é o fator de práticas de conservação. Essas variáveis podem ser avaliadas em um ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Maiores detalhamentos para determinar cada um desses fatores, bem como seu agrupamento, são apresentados em Silva, V., (2001).

A desvantagem do uso deste método refere-se aos erros por extrapolação, devido a que foi desenvolvido em condições particulares de clima, culturas e solos dos E.U.A. Apesar disso, a equação foi aplicada razoavelmente em diferentes regiões brasileiras (MARTINS e HOCHHEIM, 2000; SILVA, V., 2001).

Para este PVF, o Quadro A5.109 mostra os níveis de impacto, adotando-se a classificação de risco apresentada por (ZÓZIMO *et al.*, 1987). Também pode ser adotada a classificação da taxa anual de erosão proposta pela FAO (VILLANUEVA, 2000).

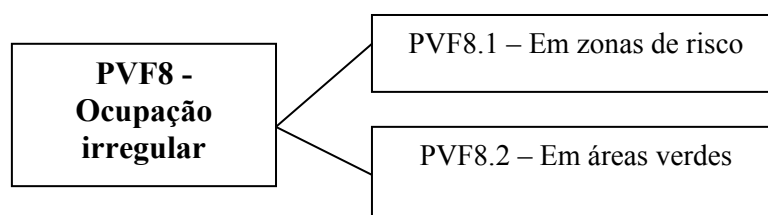
**Quadro A5.109 Descritor do PVF6 - Assoreamento em redes de drenagem**

Nível de impacto e de referência	Descrição	
	Valores de	Indica
N5 (Bom)	< 5 t/ha.ano	Nulo / muito ligeiro
N4	5 a 15 t/ha.ano	Ligeiro
N3 (Neutro)	15 a 60 t/ha.ano	Moderado
N2	60 a 150 t/ha.ano	Elevado
N1	> 150 t/ha.ano	Muito elevado

**PVF7 - Fragilidade do meio físico no arroio** - Avalia a vulnerabilidade do meio físico do arroio. Pode ser descrito adotando a metodologia de Diagnóstico Conservacionista de Bacias Hidrográficas, proposto por CIDIAT (1987), através do Fator de proteção do solo, baseado em fatores do clima, relevo, geologia e vegetação. A formulação compõe-se de oito variáveis, como pode ser observado na Equação 34 do PVF5 - Estrutura física "habitat" do rio do *Cluster 6* – Navegação.

A descrição dos níveis de impacto para o descritor, do PVF7 - Fragilidade do meio físico no arroio, fator composto de proteção do solo, apresenta-se no Quadro A5.54 do PVF5 - Estrutura física "habitat" do rio do *Cluster 6* – Navegação do PVF5 - Estrutura física "habitat" do rio do *Cluster 6* – Navegação

**PVF8 - Ocupação irregular** - Avalia o grau com que ocorre a ocupação irregular no meio urbano, tendo em vista o controle através do disciplinamento adequado do uso do solo. A Figura A5.52 mostra que este PVF é descrito pela composição de dos PVEs.



**Figura A5.52 Árvore de PVEs do PVF8 - Ocupação irregular**

**PVE8.1 - Ocupação em zonas de risco** - Avalia o grau com que uma parte da população ocupa ou invade áreas de risco. As áreas de risco podem ser entendidas como áreas vulneráveis à ocupação habitacional, como encostas, voçorocas, escorregamentos, planícies de inundação, além das faixas de proteção dos cursos de água, definidas no Código Florestal - Lei Fed. N° 4.771/65 e na Resolução CONAMA N° 004/85. Nesta perspectiva, este PVE é

descrito pela percentagem de área de risco com casos de ocupação habitacional, com relação à área de risco total, o mesmo é determinado através da seguinte relação (Equação 52):

$$ARO = \frac{Aro}{Art} \quad (\text{Eq. 53})$$

Onde, Aro é a área de risco ocupada e Art é a área de risco total do município.

A variável, ARO, deve ser padronizada utilizando a Equação 18. Logo, podem ser construídos os níveis de impacto, adotando os mesmos critérios utilizados no PVE1.2.2 – Densidade industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos. Assim, para este PVE, utiliza-se os níveis de impacto apresentada no Quadro A5.25.

**PVE8.2 - Ocupação em áreas verdes** - Avalia o grau com que uma parte da população ocupa ou invade áreas verdes. As áreas verdes podem ser entendidas como áreas públicas destinadas para fins de lazer ou estética da urbanização ou mesmo, através de uma adequada compatibilização, para fins de proteção dos cursos de água. Certamente essas áreas podem ou não ser vulneráveis à ocupação habitacional. As áreas verdes são vulneráveis quando estão inseridas em áreas de risco, áreas protegidas ou faixas de proteção dos cursos de água, definidas pelo Código Florestal - Lei Fed. N° 4.771/65 e a Resolução CONAMA N° 004/85. Entretanto, para as faixas de proteção podem ser permitidas o uso paisagístico, recreação, obras destinadas ao aproveitamento da água ou regularização de vazões, pesca e piscicultura, exploração agrícola controlada, campismo, construção de ancoradouros e rampas para lançamento de barcos, e outras atividades que resultem em pequenas alterações no ambiente natural (MOTA, 1995). Nesta perspectiva este PVE é descrito pela percentagem de áreas verdes com casos de ocupação habitacional, com relação à área verde total, o mesmo é determinado através da seguinte relação:

$$AVO = \frac{Avo}{Avt} \quad (\text{Eq. 54})$$

Onde, Avo é a área verde ocupada e Avt é a área verde total do município.

A variável, AV, deve ser padronizada utilizando a Equação 18. Logo, podem ser construídos os níveis de impacto, adotando os mesmos critérios utilizados no PVE1.2.2 – Densidade industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos. Assim, para este PVE, o Quadro A5.25 mostra os níveis de impacto.

**PVF9 - Atividades agrícolas em ribeiras** - Avalia o grau com que a atividade agrícola ocupa ou se estendem nas faixas marginais de proteção dos cursos de água, definidas pelo Código Florestal - Lei Fed. N° 4.771/65 e a Resolução CONAMA N° 004/85. É descrito pela percentagem de área com atividades agrícolas não controlada nas margens do rio, com

relação à área total da faixa de proteção, o mesmo é determinado através da seguinte relação:

$$AAR = \frac{Aar}{At} \quad (\text{Eq. 55})$$

Onde, Aar é a área agrícola não controlada nas margens dos cursos de água e At é a área total das margens dos cursos de água no município.

A variável, AAR, deve ser padronizada utilizando a Equação 18. Logo, podem ser construídos os níveis de impacto, adotando os mesmos critérios utilizados no PVE1.2.2 – Densidade industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos. Assim, para este descritor, Quadro A5.25 mostra os níveis de impacto.

**PVF10 - Planejamento e gestão municipal** - Avalia a situação dos municípios relativo ao planejamento e gestão, verificando-se com quais instrumentos de regulação efetivamente estão trabalhando, pois um melhor planejamento e gestão municipal geram sinergia com a situação dos recursos hídricos. Este PVF operacionaliza-se com base nos mesmos critérios utilizados no PVF7 - Planejamento e gestão municipal do *Cluster 9* Regime hidrológico do rio. Assim, como mostra a Figura A5.35, é descrito pela composição de um PVE composto e três PVEs de base.

**PVF11 - Capacidade institucional** - Avalia as condições internas que o órgão ambiental, com ênfase nos recursos hídricos, possui para exercer suas atividades e sua interação com outros órgãos de ordem econômica. Este PVF operacionaliza-se com base nos mesmos critérios utilizados no PVF8 - Capacidade institucional do *Cluster 9* - Regime hidrológico do rio. Assim, como apresentado na Figura A5.36, é descrito pela composição de sete PVE compostos e quatorze PVE de base.

**PVF12 - Fortaleza do Comitê de Bacia** - Avalia a capacidade do Comitê de bacias e as condições internas que ele possui para exercer suas atividades. Este PVF operacionaliza-se com base nos mesmos critérios utilizados no PVF9 - Fortaleza do comitê de bacias do *Cluster 9* - Regime hidrológico do rio. Assim, como mostra a Figura A5.38, a descrição deste PVF dá-se por meio da composição de três PVEs compostos e sete PVEs de base.

**PVF13 - Instrumentos de planejamento e gestão da água** - Avalia o grau de aplicação dos instrumentos de planejamento, bem como os instrumentos gestão da água e ambiental, objetivando racionalizar o uso da água e preservar os corpos de água. Este PVF operacionaliza-se com base nos mesmos critérios utilizados no PVF10 - Instrumentos de planejamento e gestão da água do *Cluster 9* - Regime hidrológico do rio. Assim, como se apresenta na Figura A5.44, a descrição deste PVF dá-se por meio da composição de dois PVEs compostos e seis PVEs de base.

## **Cluster 12 - Aperfeiçoamento do controle de resíduos sólidos domiciliares**

Este *Cluster* divide-se em três etapas: Aperfeiçoamento do serviço de limpeza e coleta de lixo em zonas inacessíveis, processamento de resíduos sólidos e destino final de resíduos sólidos.

### **Cluster12.1 - Aperfeiçoamento do serviço de limpeza e coleta de lixo em zonas inacessíveis**

**PVF1 – Pobreza** - Avalia o grau de pobreza da população urbana e rural. É descrito adotando os mesmos critérios utilizados no PVE1.1 – Pobreza do *Cluster* 9 – Regime hidrológico do rio.

**PVF2 – Geração de lixo** - Avalia a intensidade de geração de lixo, visando ter menor geração de lixo. É descrito pela quantidade de lixo coletado por unidade de tempo, sendo obtido pela seguinte expressão.

$$IGL = \frac{Q_{lixo}}{T} \quad (\text{Eq. 56})$$

Onde,  $Q_{lixo}$  é a quantidade de lixo em toneladas,  $T$  é o tempo em dias.

Prepara-se um conjunto de valores da intensidade de geração de lixo,  $IGL$ . Esta variável transforma-se no valor padronizado,  $Z$ , aplicando a Equação 18. Logo, o Quadro A5.25 mostra os níveis de impacto para este descritor. A referida Equação e Quadro A5. encontram-se no PVE1.2.2 - Densidade industrial do *Cluster* 2 – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

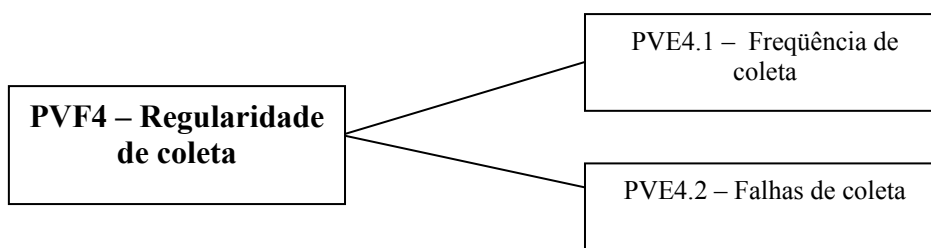
**PVF3 – Lixo em locais inacessíveis** - Avalia a existência de lixo em locais inacessíveis, visando não ter lixões nos locais estreitos e/ou córregos. É descrito pelo número de casos de locais com lixo a céu aberto, por unidade de área, o mesmo é obtido pela seguinte expressão:

$$DL = \frac{NI}{A} \quad (\text{Eq. 57})$$

Onde,  $NI$  é o número de lixões inacessíveis,  $A$  é a área do município.

Prepara-se um conjunto de valores da densidade de lixões,  $DL$ . Esta variável, deve-se padronizar para valores de  $Z$ , aplicando a Equação 18. Logo, o Quadro A5.25 mostra os níveis de impacto para este descritor. A referida Equação e Quadro A5. encontram-se no PVE1.2.2 - Densidade industrial do *Cluster* 2 – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVF4 - Regularidade de coleta** - Avalia o grau de regularidade de coleta de lixo, visando ter um desempenho adequado do serviço de limpeza. Como mostra a Figura A5.53, é descrito pela composição de dois PVEs de base.



**Figura A5.53** Árvore de PVEs do PVF4 - Regularidade de coleta

**PVE4.1 - Frequência de coleta** - Avalia a frequência com que é coletado o resíduo sólido, visando ter uma frequência adequada. É descrito pelo número de coletas por unidade de tempo. O Quadro A5.110 mostra os níveis de impacto.

**Quadro A5.110** Descritor do PVE4.1 - Frequência de coleta

Nível de impacto e de referência	Descrição
N5 (Bom)	Coleta de lixo <u>todos os dias</u>
N4	Coleta de lixo <u>3 vezes / semana</u>
N3 (Neutro)	Coleta de lixo <u>2 vezes / semana</u>
N2	Coleta de lixo <u>uma vez / semana</u>
N1	Coleta de lixo duas <u>vezes / mês</u>

Como mostra o Quadro A5.110, a coleta de lixo pode ocorrer com frequências diferenciadas, segundo os bairros de uma cidade ou áreas no ambiente rural. Por conseguinte, pode-se formular o índice de coleta de lixo, aplicando a função de agregação multiplicativa, Equação 16, onde o fator  $W_i$  é a porcentagem de área, correspondente a uma frequência de coleta  $i$ .

**PVE4.2 - Falhas na coleta de lixo** - Avalia a frequência de falhas na coleta de lixo. É descrito pelo número de falhas de coleta anualmente.

Prepara-se um conjunto de valores do número de falhas de coleta. Esta variável deve-se padronizar para valores de  $Z$ , aplicando a Equação 18. Logo, o Quadro A5.25 mostra os níveis de impacto para este descritor. A referida Equação e Quadro A5. encontram-se no PVE1.2.2 - Densidade industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

**PVF5 - Tipo de coleta** - Avalia a existência dos possíveis tipos de coleta de resíduos sólidos, visando ter uma coleta seletiva nos locais. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.111 a seguir.

**Quadro A5.111 Descritor do PVF5 - Tipo de coleta**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Coleta <u>seletiva</u> de lixo
N3	Coleta <u>seletiva e tradicional</u> de lixo
N2 (Neutro)	Coleta apenas <u>tradicional</u> de lixo
N1	<u>Não é feita</u> a coleta de lixo

Como mostra o Quadro A5.111, a coleta de lixo pode ocorrer com frequências diferenciadas, segundo os bairros de uma cidade ou áreas no ambiente rural. Por conseguinte, pode-se formular o índice de coleta de lixo, aplicando a função de agregação multiplicativa, Equação 16, onde o fator  $W_i$  é a percentagem de área, correspondente a uma frequência de coleta  $i$ .

**PVF6 – Lixeiras comunitárias** - Avalia a existência de lixeiras comunitárias, com a idéia de ter um maior número de lixeiras comunitárias. É descrito pelo número de lixeiras comunitárias em relação à população, sendo obtido pela seguinte expressão:

$$DLC = \frac{N_l}{P} \quad (\text{Eq. 58})$$

Onde,  $N_l$  é o número de lixeiras comunitárias,  $P$  é a população total.

Prepara-se um conjunto de valores da densidade de lixeiras comunitárias,  $DLC$ . Esta variável deve-se padronizar para valores de  $Z$ , aplicando a Equação 18. Com base nos valores padronizados, no Quadro A5.25 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto. A referida Equação e Quadro A5. encontra-se no PVE1.2.2 - Densidade industrial do *Cluster 2* - Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos industriais.

**PVF7 – Custo da coleta e transporte** - Avalia o custo de operação da coleta e transporte de resíduos sólidos, visando ter menor custo. É descrito pelo valor monetário investido anualmente, em relação à população, sendo obtido pela seguinte expressão:

$$CCT = \frac{C}{P} \quad (\text{Eq. 59})$$

Onde,  $C$  é o custo da coleta e transporte de resíduos sólidos em R\$ e  $P$  é número de habitantes.

Prepara-se um conjunto de valores de custo de coleta e transporte,  $CCT$ . Esta variável deve-se padronizar para valores de  $Z$ , aplicando a Equação 18. Logo, com base nesses valores padronizados, o Quadro A5.25 mostra os níveis de impacto para este descritor. A referida Equação e Quadro A5. encontram-se no PVE1.2.2 - Densidade industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

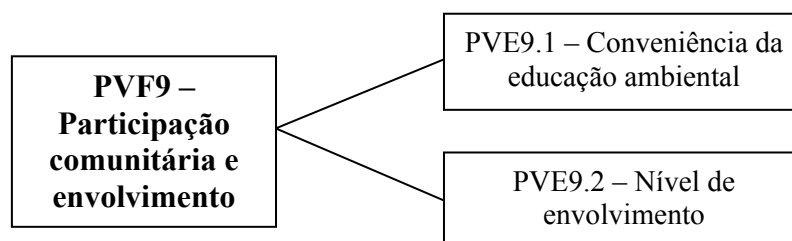


**PVF8 - Cobertura de atendimento à população** - Avalia a acessibilidade da população ao serviço de limpeza, visando ter uma cobertura total. É determinado através da percentagem da população com acesso ao serviço de limpeza. A descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.112.

**Quadro A5.112 Descritor do PVF8 - Cobertura de atendimento à população**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Até 98 % da população ou mais tem acesso ao serviço de limpeza
N3 (Neutro)	Até 80 % da população tem acesso ao serviço de limpeza
N2	Até 60 % da população tem acesso ao serviço de limpeza
N1	Até 50 % da população ou menos tem acesso ao serviço de limpeza

**PVF9 - Participação comunitária e envolvimento** - Avaliam-se os valores da população em relação à conveniência de oportunidades de educação ambiental e envolvimento na problemática ambiental dos resíduos sólidos. Como mostra a Figura A5.54, é descrito pela composição de dois PVEs de base:



**Figura A5.54 Árvore de PVEs do PVF9 - Participação comunitária e envolvimento**

**PVE9.1 – Conveniência da educação ambiental** - Avalia o interesse da população pelas oportunidades de educação ambiental. Este PVE é descrito pelo grau de atenção da população, atribuída pela opinião da população local. A descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.113.

**Quadro A5.113 Descritor do PVE9.1 – Conveniência da educação ambiental**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	O tema relativo à educação ambiental é prioritário no local
N2 (Neutro)	O tema relativo à educação ambiental recebe a mesma atenção do que outros assuntos
N1	O tema relativo à educação ambiental recebe menos atenção do que os outros assuntos

Como mostra o Quadro A5.113, para um conjunto de pessoas, cada um deles pode ter uma opinião diferenciada com relação a seu interesse pela educação ambiental, podendo ocorrer impactos em diferentes proporções sobre os níveis de impacto do PVE9.1 – Conveniência

da educação ambiental. Por conseguinte, pode-se formular o índice de conveniência da educação ambiental, aplicando a função de agregação multiplicativa, Equação 16, onde o fator  $W_i$  é a proporção de opiniões, correspondente a cada estado de conveniência da educação ambiental.

**PVE9.2 – Nível de envolvimento** - Avalia o grau de envolvimento da população na problemática ambiental dos resíduos sólidos. Este PVE é descrito pelo grau de engajamento da população, atribuído pela opinião da população local. A descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.114.

**Quadro A5.114 Descritor do PVE9.2 – Nível de envolvimento**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N3 (Bom)	<u>Engajamento pleno</u> da população nas oportunidades de ações locais, relativo ao problema dos resíduos sólidos
<u>N2 (Neutro)</u>	<u>Engajamento parcial da população nas oportunidades de ações locais, relativo ao problema dos resíduos sólidos</u>
N1	<u>Engajamento insuficiente</u> da população nas oportunidades de ações locais, relativo ao problema dos resíduos sólidos

Como mostra o Quadro A5.114, para um conjunto de pessoas, cada um deles pode ter uma opinião diferenciada com relação a seu engajamento em ações locais sobre o problema dos resíduos sólidos, podendo ocorrer impactos em diferentes proporções sobre os níveis de impacto do PVE9.2 – Nível de envolvimento. Por conseguinte, pode-se formular o índice de nível de envolvimento, aplicando a função de agregação multiplicativa, Equação 16, onde o fator  $W_i$  é a proporção de opiniões, correspondente a cada estado de engajamento sobre o problema dos resíduos sólidos.

**PVF10 - Varrição** - Avalia o serviço de limpeza de áreas públicas. É descrito pela relação entre o pessoal mobilizado para varrição e a população, DV, sendo obtido pela seguinte expressão:

$$DV = \frac{Pm}{P} \quad (\text{Eq. 60})$$

Onde,  $P_m$  é o número total de pessoal mobilizado para varrição,  $P$  é população total.

A variável DV é transformada para o valor padronizado, Z, através da Equação 18. Logo com base nesses valores padronizados, o Quadro A5.25 mostra os níveis de impacto para este descritor. A referida Equação e Quadro A5.encontram-se no PVE1.2.2 - Densidade industrial do *Cluster 2* – Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos.

### Cluster 12.2 - Processamento de resíduos sólidos

**PVF11 - Tratamento de resíduos sólidos** - Avalia o grau de minimização de resíduos sólidos, através das opções de manejo de resíduos. A respeito, deve-se priorizar segundo a seguinte hierarquia: evitar, minimizar, reutilizar, reciclar, tratar e por fim dispor adequadamente (Lei Estadual, N° 11. 520, Cap. XII, Art. 217). Este PVF é descrito pela percentagem de reconversão (reciclagem, compostagem e outras formas) de resíduos, com relação ao total de resíduo coletado, sendo calculado pela expressão:

$$PRR = \frac{Qt - Qd}{Qt} 100 \quad (\text{Eq. 61})$$

Onde,  $Q_t$  é a quantidade total de lixo coletado em toneladas e  $Q_d$  é a quantidade de lixo disposto em toneladas.

Levando em conta os municípios envolvidos na bacia, prepara-se um conjunto de valores da PRR. Essa variável deve-se padronizar para valores de  $Z$ , utilizando a Equação 18. Logo, construí-se os níveis de impacto, adotando os mesmos critérios utilizados no PVE1.2.2 – Densidade industrial do Cluster 2 - Abastecimento d'água para uso industrial e controle de resíduos. Assim, o Quadro A5.25 mostra os níveis de impacto.

**PVF12 - Disponibilidade de tecnologia e equipamento** - Avalia a disponibilidade de tecnologias e equipamento para o tratamento de resíduos sólidos, caracterizando o tipo de tratamento no município. A descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.115.

**Quadro A5.115 Descritor do PVF12 - Disponibilidade de tecnologia e equipamento**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Tratamento com base em <u>usina de triagem, compostagem, tratamento de lixívias, fornos</u>
N3	Tratamento com base em <u>usina de triagem e compostagem</u>
N2 (Neutro)	Tratamento com base em <u>usina de triagem</u>
N1	<u>Não existe nenhum equipamento para tratamento</u>

Como mostra o Quadro A5.115, para um conjunto de unidades de tratamento de resíduos sólido, cada um deles pode dispor de tecnologia e equipamento diferenciada, podendo ocorrer impactos em diferentes proporções sobre os níveis de impacto do PVF11 - Disponibilidade de tecnologia e equipamento. Por conseguinte, pode-se formular o índice de disponibilidade de tecnologia e equipamento, aplicando a função de agregação multiplicativa, Equação 16, onde o fator  $W_i$  é a proporção de opiniões, correspondente a cada estado de engajamento sobre o problema dos resíduos sólidos.

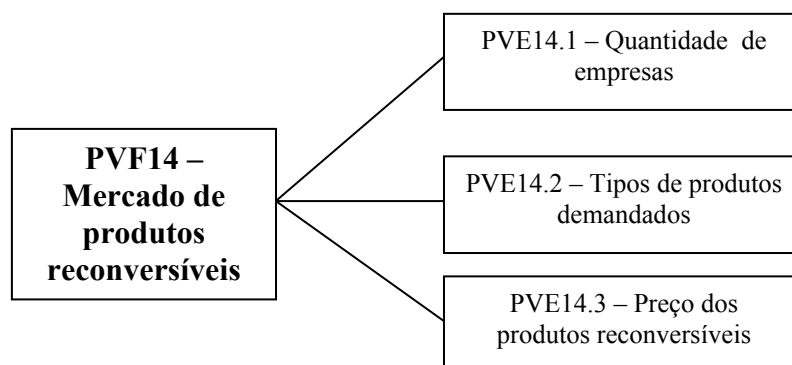
**PVF13 - Fortalecimento de catadores** - Avalia o grau de fortaleza das organizações de catadores, visando a existência de catadores organizados e equipados. Com efeito, os catadores contribuem significativamente no processo de reconversão de resíduos sólidos (COSTA e SATTler, 2000; RUBERG *et al.*, 2000; ALMEIDA e VILHENA, 2000), além ser para eles uma opção de vida, obtendo sua renda através da catação dos elementos recicláveis do lixo. Neste sentido, é importante o fortalecimento a organizações de catadores, podendo ajudar a racionalizar a coleta seletiva e triagem, reduzindo os custos e aumentando o fluxo de materiais recicláveis (ALMEIDA e VILHENA, 2000). Nessa perspectiva, a descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.116.

**Quadro A5.116 Descritor do PVF13 - Fortalecimento de catadores**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Os catadores <u>estão bem organizados e equipados, mantêm vínculos e recebem apoio da prefeitura ou mesmo de outras instituições</u>
N3	Os catadores <u>estão organizados e equipados</u>
N2 (Neutro)	Os catadores <u>estão razoavelmente organizados e têm deficiências de equipamentos</u>
N1	Os catadores <u>são clandestinos e iniciantes ou mesmo eventuais</u>

Para um conjunto de trabalhadores de catação, cada um deles se encontra em um estado de organização, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVF12 - Fortalecimento de catadores. Por conseguinte, pode-se formular o índice de fortalecimento de catadores, utilizando a função de agregação multiplicativa (Equação 16), onde o fator  $W_i$  é a proporção de catadores, correspondentes a cada estado de organização.

**PVF14 – Mercado de produtos reconversíveis** - Avalia a existência de mercado e/ou demanda pelas empresas de produtos reconversíveis ou recicláveis, visando aumentar o ciclo de vida dos resíduos e/ou reduzir a disposição de resíduos. Como mostra a Figura A5.55 é operacionalizado pela composição de três PVEs de base:



**Figura A5.55** Árvore de PVEs do PVF13 – Mercado de produtos reconversíveis

**PVE14.1 – Quantidade de empresas** - Avalia a quantidade de empresas que demandam por produtos reconversíveis, visando ter maior número de empresas. É descrito pelo número de empresas por unidade de área, o mesmo determina-se através da expressão:

$$DEmp = \frac{Ne}{A} \quad (\text{Eq. 62})$$

Onde, Ne é o número de empresas concorrentes, A é a área do município.

Prepara-se um conjunto de valores da densidade de empresas recicladoras, Demp. Esta variável deve-se padronizar para valores de Z, aplicando a Equação 18. Com base nos valores padronizados, no Quadro A5.25 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto. A referida Equação e Quadro A5. encontra-se no PVE1.2.2 - Densidade industrial do *Cluster 2* - Abastecimento de água para uso industrial e controle de resíduos industriais.

**PVE14.2 – Diversidade de produtos reconversíveis** - Avalia o grau de quantidade de tipos de produtos no mercado de reconversíveis, visando ter diversos produtos reconversíveis. É descrito pela diversidade de tipos de produtos demandados pelas empresas (índice de diversidade de resíduos reconversíveis, IDR), o mesmo determina-se através da expressão:

$$IDR = \frac{S}{Ln(Q)} \quad (\text{Eq. 63})$$

Onde, S é o número de tipos de resíduos reconversíveis, Q é a quantidade em peso bruto de resíduos sólidos.

A descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.117.

**Quadro A5.117 Descritor do PVE14.2 – Quantidade de tipos de produtos reconversíveis**

Nível de impacto e de referência	Descrição		
	Valores de IDR (Q = 100 kg)	Valores de IDR (Q = 500 kg)	Indica
N4	≥ 5,21	≥ 3,86	Diversidade <u>alta</u> de reconversíveis (≥ 24 tipos)
N3 (Bom)	3,04	2,25	Diversidade <u>média</u> de reconversíveis (até 14 tipos)
N2 (Neutro)	1,74	1,29	Diversidade <u>baixa</u> de reconversíveis (até 8 tipos)
N1	≤ 0,87	≤ 0,64	Diversidade <u>muito baixa</u> de reconversíveis (≤ 4 tipos)

Prepara-se uma amostra de 100 Kg ou 500 Kg de peso bruto de resíduos sólidos domiciliares, nessa amostra identifica-se os tipos de resíduos reconversíveis. Logo, determina-se o IDR, aplicando a Equação 63. Para um conjunto de amostras, o IDR pode ser determinado usando a função de agregação multiplicativa, Equação 16, onde Wi é a proporção de amostras correspondente ao estado i de diversidade de resíduos reconversíveis.

**PVE14.3 – Preço dos produtos reconversíveis** - Avalia a importância do nível do preço dos produtos no mercado de reconversíveis, como incentivo aos catadores, visando ter

preços ótimos e justos. É descrito pelo nível do preço de reconversíveis atribuído pelos trabalhadores de catação. A descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.118.

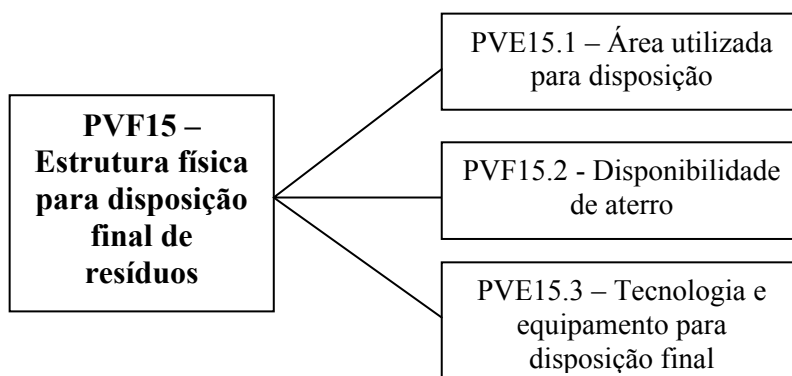
**Quadro A5.118 Descritor do PVE14.3 – Preço dos produtos reconversíveis**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N6	Preço ótimo de vários tipos de produtos, entre metálicos, vidros, plásticos, papelão e outros.
N5 (Bom)	Preço ótimo de quatro tipos de produtos, entre metálicos, vidros, plásticos e papelão
N4	Preço ótimo de três tipos de produtos e do resto baixo, entre os metálicos, vidros, plásticos ou papelão
N3 (Neutro)	Preço ótimo de dois tipos de produtos e do resto baixo, entre os metálicos, vidros, plásticos ou papelão
N2	Preço ótimo de um tipo de produto e do resto baixo, entre os metálicos, vidros, plásticos ou papelão
N1	Preço baixo de todos os produtos recicláveis

Como mostra o Quadro A5.118, para um conjunto de trabalhadores de catação, cada um deles pode ter opinião diferenciada com relação ao preços dos reconversíveis, podendo ocorrer impactos, em diferentes proporções, sobre cada um dos níveis do descritor do PVE13.3 – Preço dos produtos reconversíveis. Por conseguinte, pode-se formular o índice de preço dos produtos reconversíveis, utilizando a função de agregação multiplicativa, Equação 16, onde o fator  $W_i$  é a proporção de catadores com opinião diferenciada, correspondente a cada estado de preço de reconversíveis.

### **Cluster 12.3 - Disposição final de resíduos sólidos**

**PVF15 – Estrutura física para disposição final de resíduos** - Avalia a existência de infraestrutura e equipamentos para a disposição final de resíduos, visando ter medidas de seguridade ambiental. Como pode observar-se na Figura A5.56, é operacionalizado pela composição de três PVEs de base:



**Figura A5.56** Árvore de PVEs do PVF14 – Estrutura física para disposição final de resíduos

**PVE15.1 - Área utilizada para disposição** - Avalia o tamanho da área física utilizada para disposição final de resíduos, visando ter uma área física adequada. O Quadro A5.119 mostra a descrição dos níveis de impacto, adotando-se o descritor proposto por Matzenauer (1998).

**Quadro A5.119 Descritor do PVE15.1 - Área utilizada para disposição**

Nível de impacto e de referência	Discrição
N4	40 ha
N3 (Bom)	30 ha
N2 (Neutro)	20 ha
N1	10 ha

**PVE15.2 - Disponibilidade de aterro** - Avalia a existência e tipos de aterros para a disposição de resíduos sólidos, visando ter aterros sanitários. O Quadro A5.120 apresenta a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.120 Descritor do PVE15.2 - Disponibilidade de aterro**

Nível de impacto e de referência	Discrição
N3 (Bom)	Existem <u>aterros sanitários</u>
N2 (Neutro)	Existem <u>aterros controlados</u>
N1	Não existe aterros ( <u>disposição a céu aberto ou lixão</u> )

Para um conjunto de unidades de disposição final de resíduos sólidos domiciliares, pode ser determinado o índice de disponibilidade de aterros, usando a função de agregação multiplicativa, Equação 16, onde  $W_i$  é a proporção de unidades de disposição correspondente ao estado  $i$  de disponibilidade de aterro.

**PVE15.3 - Tecnologia e equipamento para disposição final** - Avalia o grau de existência e uso de tecnologias e equipamentos adequados para operações de disposição final de resíduos sólidos. A descrição dos níveis de impacto, apresenta-se no Quadro A5.121.

**Quadro A5.121 Descritor do PVE15.3 - Tecnologia e equipamento para disposição final**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	Na disposição, <u>utilizam compactadora, cobertura, drenos pluviais e balança</u>
N3	Na disposição, <u>utilizam compactadora e cobertura</u>
N2 (Neutro)	Na disposição, <u>utilizam compactadora</u>
N1	Na disposição <u>não utilizam nenhum equipamento para operação adequada</u>

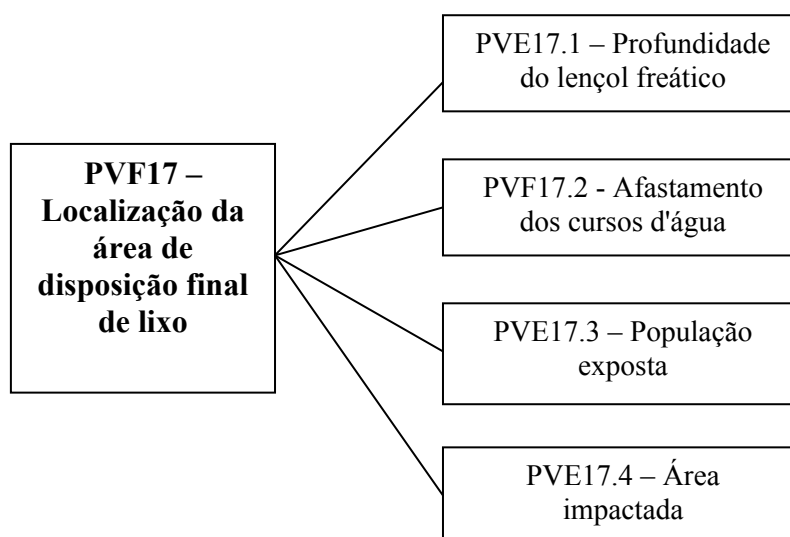
**PVF16 – Condições na disposição final de lixo** - Avalia o grau de impacto negativo sobre o ambiente local da disposição final de resíduos sólidos. É descrito pelas características negativas que se sente e se observa, como a presença de moscas, mau cheiro, resíduos

sólidos espalhados, roedores, aves, animais, residências e catadores clandestinos. O Quadro A5.122 mostra a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.122 Descritor do PVF16 – Condições na disposição final**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	<u>Não apresenta nenhum impacto negativo</u>
N3	<u>Não apresenta nenhum impacto negativo, apenas mau cheiro e moscas (não significativo)</u>
N2 (Neutro)	<u>Presença de mau cheiro, moscas, resíduos sólidos espalhados, roedores e aves</u>
N1	<u>Presença de moscas, mau cheiro, resíduos sólidos espalhados, roedores, aves, animais, residências e catadores clandestinos</u>

**PVF17 - Localização da área de disposição final de lixo** - Avalia o grau do impacto local e em seu entorno, da área de disposição final de resíduos sólidos domésticos, visando minimizar o impacto aos recursos hídricos e ao meio ambiente. Como mostra a Figura A5.57, é operacionalizado pela composição de quatro PVEs de base:



**Figura A5.57** Árvore de PVEs do PVF17 - Localização da área de disposição final de lixo

**PVE17.1 - Profundidade do lençol freático** - Avalia o nível de profundidade do lençol freático, visando minimizar o impacto sobre as águas subterrâneas. É descrito pela profundidade do lençol freático, em metros. A descrição dos níveis de impacto, adotando-se de Souza (1999), apresenta-se no Quadro A5.123.

**Quadro A5.123 Descritor do PVE17.1 - Profundidade do lençol freático**

Nível de impacto e de referência	Descrição
N4 (Bom)	> 4 m
N3	3 m
N2 (Neutro)	2 m
N1	< 1 m (afiorante)



**PVE17.2 - Afastamento dos cursos d'água** - Avalia o nível de afastamento das áreas de disposição final de resíduos dos cursos de água, visando minimizar o impacto sobre as águas superficiais. É descrito pela distância entre as áreas de disposição final de resíduos e os cursos de água, em metros. O Quadro A5.124 apresenta a descrição dos níveis de impacto, adotando o descritor proposto por Sousa (1999).

**Quadro A5.124 Descritor do PVE17.2 - Afastamento dos cursos d'água**

Nível de impacto e de referência	Discrição
N4 (Bom)	> 200 m
N3	150 m
N2 (Neutro)	75 m
N1	< 50 m

**PVE17.3 - População exposta** - Avalia o grau com que os núcleos habitados são expostos aos efeitos negativos das áreas de destinação final de resíduos, visando não expor à população as condições de mau cheiro, proliferação de vetores, risco de doenças e poluição do meio ambiente urbano. É descrito pela distância que seria adequada entre as áreas de disposição final do lixo e os núcleos habitados. No Quadro A5.125 apresenta-se a descrição dos níveis de impacto, adotando-se o descritor proposto por Matzenauer (1998).

**Quadro A5.125 Descritor do PVE17.3 - População exposta**

Nível de impacto e de referência	Discrição
N4	> 5 Km
N3 (Bom)	3 Km
N2 (Neutro)	2 Km
N1	< 0,5 Km

**PVE17.4 -Área impactada** - Avalia o grau de impacto por outras atividades antrópicas antigas ou atuais sobre a área de disposição final do lixo, visando não expandir novas áreas a serem impactadas. O Quadro A5.126 apresenta a descrição dos níveis de impacto.

**Quadro A5.126 Descritor do PVE17.4 -Área impactada**

Nível de impacto e de referência	Discrição
N4 (Bom)	Área com <u>alto impacto</u> por outras atividades antrópicas
N3	Área com <u>médio impacto</u> por outras atividades antrópicas
N2 (Neutro)	Área com <u>baixo impacto</u> por outras atividades antrópicas
N1	Área <u>sem nenhum impacto</u> por outras atividades antrópicas

**PVF18 - Operação do aterro** - Avalia se a operação de disposição de resíduos sólidos domiciliares é feita visando maximizar a vida útil do aterro. É descrito pela taxa de crescimento anual de lixo disposto, em percentagem. Desta maneira, a construção do descritor para este PVF pode ser feita adotando os mesmos critérios utilizados no PVE 1 - Taxa de crescimento da população do *Cluster* 1 - Abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário. Assim, pode ser empregado a Equação 1 para determinar a taxa de crescimento de lixo e a descrição dos níveis de impacto apresenta-se no Quadro A5.1.

Comentário: Certamente a operação para maximizar a vida útil do aterro depende de vários fatores como o custo de operação, uso de novas tecnologias, etc.

**Anexo A6 Pontos de vista e indicadores**

### Quadro A6.1 Cluster 1 - Produção e abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário

Função de produção: produção do serviço de abastecimento público d'água potável e esgotamento sanitário

Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores		Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Força impulsora	1. Crescimento da população	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Taxa de crescimento da população.	Independente Adequado	2, 3, 4, 8	-	5, 7, 9, 10, 11	100	Quanto maior a população maior a necessidade d'água.
	2. Capital construído	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Investimento anual, infra-estrutura para abastecimento de água e esgotamento sanitário.	Dependente Discutível	1, 3, 9, 10	5, 6	4, 8, 11	100	Quanto maior o capital (financeiro, infra-estrutura) maior garantia de disponibilidade d'água.
Pressão	3. Capacidade dos sistemas de captação d'água	Objetivo, quantitativo, direto, e contínuo.	Relação entre a percentagem de permanência do volume retirado acima do nível crítico e a população total.	Dependente Adequado	2, 1, 6	9, 10, 11	4, 5, 7, 8	100	Quanto maior a capacidade de captação no rio melhor o abastecimento d'água.
	4. Cobertura de abastecimento (acessibilidade)	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Relação entre o número de conexões e comprimento da rede de distribuição.	Dependente Discutível	1, 2	11	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100	Quanto maior a cobertura de abastecimento de água potável, melhor a satisfação.
Estado	5. Água disponível (com qualidade aceitável) para uso doméstico (fontes)	Objetivo, qualitativo, indireto e contínuo.	Quantidade e qualidade da água, índice de Gini (densidade populacional e custos de serviço de água potável).	Dependente Discutível	11	2	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10	100	Quanto maior a qualidade e quantidade de água e acessibilidade, melhor a disponibilidade domiciliar d'água.
Resposta	6. Capacidade do sistema de tratamento de água bruta	Objetivo, quantitativo, indireto e contínuo.	Incremento da quantidade de resíduo tratado, com ajuste de acordo a sua produção.	Dependente Discutível	3, 7	2, 11	1, 3, 4, 5, 8, 9, 10	0	Se não houver resíduos do tratamento d'água bruta, melhor para o meio ambiente.
	7. Manejo dos efluentes do sistema de tratamento de água	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Quantidade de resíduo para fim de reconversão, disposição em valas e disposição a céu aberto.	Dependente Discutível	6	2, 11	1, 3, 4, 5, 8, 9, 10	0	Se não houver resíduos do tratamento d'água bruta a ser disposto, melhor para o meio ambiente.
	8. Cobertura de esgotamento sanitário	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Reação entre o número de conexões e comprimento da rede de esgotamento.	Dependente Adequado	1	11	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	100	Quanto maior a cobertura de esgotamento sanitário, melhor para o meio ambiente.
	9. Sistema de tratamento de esgotos cloacais	Objetivo, qualitativo, indireto e contínuo.	Incremento da quantidade de resíduo tratado, com ajuste de acordo a sua produção.	Dependente Discutível	2, 10	8, 11	1, 3, 4, 5, 6, 7	0	Se os resíduos do sistema de tratamento for menor, melhor para o meio ambiente.
	10. Manejo e disposição adequada dos esgotos tratados	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Quantidade de resíduo para fim de reconversão, disposição em valas e disposição a céu aberto.	Dependente Discutível	2, 9	8, 11	1, 3, 4, 5, 6, 7	0	Se os resíduos do sistema de tratamento a ser disposto for menor, melhor para o meio ambiente.
	11. Instrumentos de gestão ambiental e da água	Subjetivo, qualitativo, direto e discreto.	Licenciamento ambiental, outorga, cobrança pelo uso d'água, compensação, proteção e educação ambiental.	Dependente Discutível	5	3, 4, 6, 7, 8, 9, 10	1, 2	100	Se a aplicação dos instrumentos de gestão for eficaz, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6.2 Cluster 2 - Uso d'água para abastecimento industrial (satisfação) e controle de efluentes industriais****Função de produção:** Produção do serviço de uso d'água para abastecimento industrial

	Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores	Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função do)		Forte	Média	Fraca		
Força impulsora	1. Capital construído	Objetivo, quantitativo, indireto e contínuo.	Investimento para crescimento industrial, porte e densidade industrial.	Independente Discutível	2, 4, 5	3	6	100	Quanto maior o capital (financeiro e infra-estrutura) maior o crescimento econômico.
	2. Produto industrial vendável (para lucro)	Objetivo, quantitativo, indireto e contínuo.	Relação entre o PIB industrial e o PIB total.	Independente Discutível	1, 3	4, 5, 6	-	100	Quanto maior o crescimento do PIB industrial, maior o crescimento econômico.
Estado	3. Água disponível (com qualidade) para uso industrial (fontes)	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Qualidade e quantidade de água para uso industrial de acordo a suas fontes.	Dependente Discutível	2, 6	1, 4, 5	2	100	Quanto maior a disponibilidade d'água melhor o abastecimento industrial e o crescimento econômico.
Resposta	4. Manejo de resíduos sólidos industriais	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Tratamento de resíduos, destino final de resíduo comuns e perigosos.	Dependente Discutível	1, 6	2, 3	5	0	Quanto menor produção de resíduos comuns e perigosos em processo industrial, melhor para o meio ambiente.
	5. Manejo de resíduos líquidos industriais	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Tratamento de efluentes; quantidade de resíduo para fim de reuso, reconversão, disposição em valas e disposição a céu aberto.	Dependente Discutível	1, 6	2, 3	4	0	Quanto menor produção de efluentes do processo industrial, melhor para o meio ambiente.
	6. Instrumentos de gestão da água e ambiental	Objetivo, qualitativo, construído e discreto.	Gestão ambiental nas industrias, licenciamento ambiental, outorga, cobrança pelo uso da água e educação ambiental.	Dependente Discutível	3, 4, 5	2	1	100	Se o sistema de gestão ambiental na industria for eficaz, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6.3 Cluster 3 - Uso d'água para irrigação e controle do uso de agrotóxicos /agroquímicos****Função de produção:** Produção do serviço de uso d'água para irrigação

Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores	Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações	
	Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca			
Força impulsora	1. Capital construído	Objetivo, quantitativo, indireto e contínuo.	Investimento para crescimento da agricultura.	Independente Discutível	2	3, 4, 5, 6, 7	8	100	Quanto maior investimento para o crescimento da agricultura maior o crescimento econômico.
	2. Produto agrícola vendável (para renda ou lucro)	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Razão entre o PIB agrícola e o PIB total.	Independente Adequado	1, 4	5, 6, 7, 8	3	100	Quanto maior o crescimento do PIB agrícola, maior o crescimento econômico.
Pressão	3. Estrutura produtiva (físicas) para a agricultura de irrigação	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Aptidão agrícola das terras e Área agrícola .	Dependente Discutível	4, 5, 6, 7	1, 8	2	100	Quanto melhor a capacidade de uso do solo para agricultura de irrigação, menor a sua vulnerabilidade, então , melhor para o crescimento econômico.
Estado	4. Água disponível , com qualidade aceitável, para irrigação	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Índice de qualidade da água para irrigação e tempo de permanência acima do nível de vazão crítica.	Dependente Discutível	2, 3, 8	1, 5, 6, 7	-	100	Quanto maior a disponibilidade d'água, melhor a agricultura de irrigação, então, melhor para o crescimento econômico.
Resposta	5. Práticas apropriadas de adubação	Subjetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Intensidade de uso de adubos químicos.	Dependente Discutível	3, 8	1, 2, 4	6, 7	0	Se for feito práticas eficazes de adubação que preferencialmente não utilizassem fertilizantes químicos, melhor para a conservação do solo e para o meio ambiente.
	6. Práticas apropriadas de controle de pragas e doenças	Subjetivo, quantitativo, indireto e discreto.	Intensidade de uso de agrotóxicos.	Dependente Discutível	3, 8	1, 2, 4	5, 7	0	Se for feito práticas eficazes de proteção que preferencialmente não utilizassem agrotóxicos, melhor para o meio ambiente.
	7. Práticas apropriadas de controle de invasoras ou ervas daninhas	Subjetivo, quantitativo, indireto e discreto.	Intensidade de uso de herbicidas.	Dependente Discutível	3, 8	1, 2, 4	5, 6	0	Se for feito práticas de controle de invasoras que preferencialmente não utilizassem herbicidas, melhor para o meio ambiente.
	8. Instrumentos de gestão da água e ambiental	Subjetivo, quantitativo, construído e discreto.	Licenciamento ambiental, outorga, cobrança pelo uso d'água e educação ambiental.	Dependente Discutível	4, 5, 6, 7	2, 3	1	100	Se a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental for eficaz, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6. 4 Cluster 4 - Uso d'água para criação de animais****Função de produção:** Produção do serviço de uso d'água para criação de animais

Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores	Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações	
	Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca			
Força impulsora	1. Capital construído	Objetivo, quantitativo, indireto e contínuo.	Investimento para o crescimento pecuário, estrutura fundiária, trabalho rural.	Independente Discutível	2, 5, 6	3, 4, 7	-	100	Quanto maior o potencial pecuário melhor para o crescimento econômico.
	2. Produto pecuário vendável	Objetivo, quantitativo, direto, contínuo.	Relação entre o PIB pecuário e o PIB total.	Independente Adequado	1, 4	5, 6, 7	3	100	Quanto maior o crescimento do PIB pecuário, melhor para o crescimento econômico.
Pressão	3. Estrutura produtiva pecuária	Objetivo, quantitativo, direto e discreto.	Aptidão agrícola das terras e número de animais por hectare.	Dependente Discutível	4, 5, 6	1, 7	2	100	Quanto melhor a estrutura produtiva, melhor para o crescimento econômico.
Estado	4. Água disponível, com qualidade aceitável, para criação de animais.	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Índice de qualidade da água para criação de animais e tempo de permanência acima do nível de vazão crítica.	Dependente Discutível	2, 3, 7	1, 5, 6	-	100	Quanto maior a disponibilidade melhor o abastecimento para criação de animais e melhor para o crescimento econômico.
Resposta	5. Manejo de gados	Objetivo, qualitativo, direto e discreto.	Estado de conversão do manejo convencional para o pastoreio rotativo.	Dependente Discutível	1, 3, 7	2, 4	6	0	Quanto maior os casos de pastoreio rotativo, melhor para o meio ambiente.
	6. Manejo de despejos da criação de animais	Objetivo, qualitativo, direto e discreto.	Quantidade de resíduo para fim de reconversão, disposição em valas e disposição a céu aberto.	Dependente Discutível	1, 3, 7	2,4	5	0	Quanto maior a reconversão de resíduos, melhor para o meio ambiente.
	7. Instrumentos de gestão da água e ambiental	Subjetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Licenciamento ambiental, outorga, cobrança e educação ambiental.	Dependente Discutível	4, 5, 6	1, 2, 3	-	100	Se a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental for eficaz, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6.5 Cluster 5 - Uso d'água para geração de energia elétrica (satisfação)****Função de produção:** Produção do serviço de uso d'água para geração de energia elétrica

Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores		Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Força impulsora	1. Capital construído	Objetivo, quantitativo, indireto e contínuo.	Investimento para crescimento do setor energético.	Independente Discutível	2, 3, 4	5	6	100	Quanto maior investimento para o setor de energia elétrica maior o crescimento do setor e melhor o abastecimento de energia elétrica.
	2. Consumo de energia	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Relação entre a quantidade de energia elétrica produzida e a área máxima inundada.	Dependente Adequado	1, 5	3, 4, 6	-	100	Quanto maior é a produção de energia elétrica, maior sua disponibilidade para a satisfação de energia elétrica.
Pressão	3. Capacidade dos barragens	Objetivo, qualitativo, indireto e contínuo.	Tempo de permanência da área máxima alagada acima de um nível crítico.	Dependente Discutível	1	2, 5, 6	4	100	Quanto maior a capacidade dos reservatórios maior a disponibilidade de água para geração de energia elétrica.
	4. Regularização de reservatórios	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Coefficiente de variação dos deflúvios anuais.	Dependente Discutível	1	2, 6	3, 5	0	Quanto menor a variação dos deflúvios, melhor eficiência de regularização e melhor para o meio ambiente.
Estado	5. Água disponível, com qualidade aceitável, para geração de energia	Subjetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Índice de qualidade da água para geração de energia elétrica e relação entre o volume afluente e a capacidade do reservatório.	Dependente Discutível	2, 6	1, 3	4	100	Quanto maior a quantidade de água com qualidade aceitável, melhor para a produção de energia elétrica.
Resposta	6. Instrumentos de gestão da água e ambiental	Subjetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Licenciamento ambiental, outorga, cobrança pelo uso da água, compensação, proteção e educação ambiental.	Dependente Discutível	6	2, 3, 4	1	100	Se for eficaz a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental, melhor para o meio ambiente.



**Quadro A6. 6 Cluster 6 - Navegação****Função de produção:** Produção do serviço de navegação

	Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores	Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Força impulsora	1. Mineração extrativa	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Nº de empresas de mineração, áreas, dragagens.	Dependente Discutível	6	2	3, 4, 5	100	Quanto maior o numero de empresas de mineração maior o crescimento econômico.
	2. Produção da mineração extrativa	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Relação entre o PIB da mineração e o PIB total.	Independente Adequado	3, 6	1	3, 4, 5	100	Quanto maior o crescimento do PIB da mineração, melhor para o crescimento econômico.
Pressão	3. Intensidade de navegação	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Frequência de navegação.	Dependente Discutível	2	6	1, 2, 4, 5	100	Quanto maior a frequência de navegação maior o crescimento econômico.
Estado	4. Regime de vazão	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Capacidade de regularização.	Dependente Discutível	-	6	1, 2, 3, 5	100	Quanto maior a capacidade de regularização do bacia, melhor para a navegação e melhor para o crescimento econômico.
	5. Estrutura "habitat" e morfologia do rio	Objetivo, quantitativo, construído e discreto.	Fragilidade do meio físico e assoreamento do rio.	Dependente Discutível	6	-	1, 2, 3, 4	100	Se a estrutura do meio físico for equilibrado, menor a sua vulnerabilidade, então melhor para o crescimento econômico.
Resposta	6. Instrumentos de gestão da água e ambiental	Objetivo, qualitativo, construído e discreto.	Licenciamento ambiental, concessão de áreas, licenciamento de navegação, outorga, cobrança, compensação, proteção e educação ambiental.	Dependente Discutível	1, 2, 5	3, 4	-	100	Se a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental for eficaz, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6.7 Cluster 7 - Criação natural (para pesca comercial) e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies aquáticas para alimento humano**

**Função de produção:** Produção do serviço de criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies aquáticas para alimento humano

Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores		Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Força impulsora	1. Capital construído			Objetivo, quantitativo, indireto e contínuo.	Investimento para crescimento da pesca comercial e aqüicultura.	Independente Discutível	2, 3, 7	5	4, 6, 8
	2. Produto aquático vendável	Objetivo, quantitativo, direto	PIB pesqueiro e aqüicultura com relação ao PIB total.	Independente Adequado	1, 5, 6	4, 8	3, 7	100	Quanto maior o crescimento do PIB pesqueiro e aqüicultura, melhor para o crescimento econômico.
Pressão	3. Frequência de pesca	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Frequência de pesca comercial.	Dependente Discutível	1, 4, 5, 6, 8	-	2, 7	100	Quanto maior a frequência de pesca comercial, maior o crescimento econômico.
	4. Frequência de drenagem	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Frequência de drenagem.	Dependente Discutível	3, 7, 8	2, 5, 6	1	100	Quanto maior a frequência de drenagem dos açudes, maior o crescimento econômico.
Estado	5. Água disponível, com qualidade aceitável, para a biodiversidade aquática	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Índice de qualidade integral da água para a biodiversidade aquáticas e tempo de permanência acima do nível de vazão crítica.	Dependente Discutível	2, 3, 6, 7, 8	1, 4	-	100	Quanto melhor a quantidade de água com qualidade aceitável, melhor para a pesca comercial e aqüicultura, então, melhor para o crescimento econômico.
	6. Estrutura "habitat" e morfologia do rio	Objetivo, qualitativo, construído, discreto.	Fragilidade do meio físico e assoreamento do rio.	Dependente Discutível	2, 3, 5	4, 7, 8	1	100	Se a estrutura do meio físico for equilibrada, menor a sua vulnerabilidade, então melhor para o crescimento econômico
Resposta	7. Manejo de efluentes da criação de espécies aquáticas	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Incremento da quantidade de resíduo tratado, com ajuste de acordo a sua produção.	Dependente Discutível	1, 4, 5, 6	6	2, 3	0	Quanto menor os resíduos do sistema de tratamento, melhor para o meio ambiente.
	8. Instrumentos de gestão da água e ambiental	Subjetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Licenciamento ambiental, licença de pesca, outorga, cobrança, compensação, proteção e educação ambiental.	Dependente Discutível	3, 4, 5, 7	2, 6	1	100	Se a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental for eficaz, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6. 8 Cluster 8 - Turismo e lazer aquático: pesca, recreação de contato primário (natação, mergulho e esqui aquático) e contemplação paisagística**

**Função de produção:** Produção do serviço de turismo, lazer aquático e contemplação paisagística

Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores		Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Força impulsora	1. Potencial turístico e lazer aquático da população local	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Potencial de locais e área para pesca, recreação aquática e contemplação paisagística.	Dependente Discutível	3, 5, 6	2	4, 7	100	Quanto melhor o potencial natural para o turismo e lazer aquático, melhor a qualidade de vida e o desenvolvimento do turismo, então, melhor para o crescimento econômico.
	2. Infra-estrutura e facilidades (acessibilidade)	Objetivo, quantitativo, direto, contínuo.	Instalações de estradas, hotéis e restaurantes.	Dependente Discutível	4, 5, 6	1, 3	7	100	Se tiver adequada infra-estrutura turística, melhor o desenvolvimento turístico, então, melhor para o crescimento econômico.
	3. Equipamentos	Objetivo, quantitativo, indireto, contínuo.	Equipamentos para pesca, recreação aquática e contemplação paisagística.	Dependente Discutível	1	2, 5, 6, 7	4	100	Se tiver bons equipamentos, melhor o lazer aquático e satisfação turística, então, melhor para o crescimento econômico.
Pressão	4. Visitas no local de lazer aquático	Objetivo, quantitativo, direto, contínuo.	Frequência de turistas e da população local.	Dependente Discutível	1, 2, 4, 6, 7	3	-	100	Se os turistas e a população local tiver maior frequência no local, melhor sua qualidade de vida e para o crescimento econômico.
Estado	5. Água disponível, com qualidade aceitável, para lazer aquático.	Objetivo, quantitativo, direto e discreto.	Quantidade e qualidade da água para biodiversidade aquática, recreação aquática e contemplação paisagística.	Dependente Discutível	1, 2, 4, 5, 6, 3	3	-	100	Quanto melhor a quantidade de água, com qualidade aceitável, melhor o lazer aquático, então, melhor a qualidade de vida e satisfação dos turistas.
	6. Preservação da estrutura "habitat" do rio	Objetivo, qualitativo, construído e discreto.	Fragilidade do meio físico e assoreamento do rio.	Dependente Discutível	1, 2, 4, 5, 7	3	-	100	Se a estrutura do meio físico for equilibrado, menor a sua vulnerabilidade, então, melhor a qualidade de vida e satisfação dos turistas.
Resposta	7. Instrumentos de gestão da água e ambiental	Subjetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Licença ambiental, outorga, cobrança, licença para pesca amadora, proteção de bacias e educação ambiental.	Dependente Discutível	5, 6	3, 4	1, 2	100	Se a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental for eficaz, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6.9 Cluster 9 - Preservação do regime hidrológico****Função de produção:** Produção do serviço ambiental: regime hidrológico

Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores	Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações	
	Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca			
Pressão	1. Urbanização	Objetivo, quantitativo, indireto e discreto.	Pobreza, mercado imobiliário e ocupação do solo.	Dependente Discutível	2, 3, 4, 6, 7	5, 8, 9, 10		100	Se for a urbanização adequadamente planejada, melhor para o meio ambiente.
	2. Drenagem urbana	Subjetivo, qualitativo, indireto, discreto.	Estrutura, impermeabilização, uso de reservatórios, ocupação no lote, recuo de ajardinamento.	Dependente Discutível	1, 3, 5, 4	7, 10	6, 8, 9	100	Se tiver drenagem urbana adequada, melhor para o meio ambiente.
	3. Drenagem rural	Subjetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Estrutura, biotécnicas, práticas conservacionistas e reflorestamento.	Dependente Discutível	1, 2, 5, 4	7, 10	6, 8, 9	100	Se tiver drenagem rural adequada, melhor para o meio ambiente.
Estado	4. Regime de vazão no rio	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Coefficiente de variação, curva de permanência	Dependente Adequado	1, 2, 3, 5	6, 7, 10	8, 9	100	Quanto menor a variação da vazão, melhor eficiência de regularização e melhor para o meio ambiente.
	5. Fluxo de água subterrânea (recargas)	Objetivo, quantitativo, direto, contínuo.	Variação do nível do lençol freático.	Dependente Discutível	2, 3, 4	1, 6, 7, 10	8, 9	0	Quanto menor a variação do nível do lençol freático, melhor para o meio ambiente.
Impacto	6. Risco hidrológico	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Probabilidade de ocorrência de eventos extremos (cheias, enchentes e inundações).	Dependente Discutível	1, 10	5, 4, 7, 8, 9	2, 3	100	Se não ocorrer cheias, enchentes e inundações, melhor para o meio ambiente.
Resposta	7. Planejamento e gestão municipal	Objetivo, quantitativo, indireto e discreto.	Instrumentos de planejamento e gestão urbano e municipal.	Dependente Discutível	1	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10		100	Se for empregado efetivamente os instrumentos de planejamento e gestão urbana e municipal, melhor para o médio ambiente.
	8. Capacidade institucional	Subjetivo, qualitativo, construído e discreto.	Incentivos, recursos humanos, interações entre instituições.	Dependente Discutível	9	1, 6, 7, 10	2, 3, 5, 4	100	Se tiver alta capacidade institucional de gerir, resolver e equacionar a problemática ambiental, melhor para ao meio ambiente.
	9. Fortaleza do Comitê de bacias	Subjetivo, qualitativo, construído e discreto.	Recursos financeiros, objetivos e metas, interações e mobilização social.	Dependente Discutível	8	1, 6, 7, 10	2, 3, 5, 4	100	Se tiver alta capacidade institucional de gerir e mobilizar atores sociais, equacionar a problemática ambiental, melhor para ao meio ambiente.
	10. Instrumentos de planejamento e gestão da água e ambiental	Subjetivo, qualitativo, construído e discreto.	Plano de Bacia, planos correlatos, licenciamento ambiental, outorga, cobrança, educação ambiental.	Dependente Discutível	6	1, 2, 3, 5, 4, 8, 7, 9	-	100	Se for eficaz a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6. 10 Cluster 10 - Preservação da qualidade da água do rio**  
**Função de produção:** Produção do serviço ambiental: Qualidade da água do rio

Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores		Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Pressão	1. Controle de despejo de esgotos cloacais (urbano e rural)	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Manejo de resíduos, cobertura de esgotamento, tratamento de esgoto..	Dependente Discutível	12	7, 8, 10, 11	2, 3, 4, 5, 6, 9	0	Quanto menor o despejo de esgotos cloacais, melhor para o meio ambiente.
	2. Controle de efluentes industriais	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Manejo de resíduos líquidos, sólidos e perigosos industriais.	Dependente Discutível	12	7, 8, 10, 11	1, 3, 4, 5, 6, 9	0	Quanto menor o despejo de resíduos industria, melhor para o meio ambiente.
	3. Controle do uso de agrotóxicos/ agroquímicos	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Intensidade de uso de adubos químicos, agrotóxicos e herbicidas.	Dependente Discutível	12	7, 8, 10, 11	1, 2, 4, 5, 6, 9	0	Quanto menor o uso de agrotóxicos, melhor para o meio ambiente.
	4. Controle de efluentes de dessedentação de animais	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Manejo de gados e manejo de despejos da criação de animais.	Dependente Discutível	12	7, 8, 10, 11	1, 2, 3, 5, 6, 9	100	Quanto melhor o manejo de gados, menor a pressão pela criação de animais, então, melhor para o meio ambiente.
	5. Controle de geração de resíduos sólidos (domestico)	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Serviço de limpeza, tratamento e disposição de resíduos sólidos e, presença de lixo em zonas inacessíveis.	Dependente Discutível	12	7, 8, 10, 11	1, 2, 4, 3, 6, 9	0	Quanto menor a geração de resíduos sólidos, menor a pressão pela população, então, melhor para o meio ambiente.
	6. Controle de geração de resíduos sólidos dos serviços de saúde	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Taxa de crescimento de resíduos sólidos perigosos.	Dependente Discutível	12	7, 8, 10, 11	1, 2, 3, 4, 5, 9	0	Quanto melhor a previsão de resíduos (perigosos) menor a pressão pelas industrias hospitalis, então, melhor para o meio ambiente.
Estado	7. Qualidade da água do rio	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Índice de qualidade da água para os usos segundo o enquadramento.	Dependente Discutível	8, 9, 12	1, 2, 3, 4, 5, 6	10, 11	100	Se a qualidade da água for mantida ou melhorada melhor para o meio ambiente.
Impacto	8. Interferências e conflitos entre os usuários d'água	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Nº de objetivos não satisfeitos com relação ao total de objetivos segundo o enquadramento.	Dependente Discutível	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	10, 11	0	Se os objetivos dos usuários da água são satisfeitas, melhor para o meio ambiente.
Resposta	9. Planejamento e gestão municipal	Objetivo, quantitativo, indireto e discreto.	Instrumentos de planejamento e gestão urbano e municipal.	Dependente Discutível	7	8, 10, 11, 12	1, 2, 3, 4, 5, 6	100	Se forem empregados efetivamente os instrumentos de planejamento e gestão urbana e municipal, melhor para o médio ambiente.
	10. Capacidade institucional	Subjetivo, qualitativo, construído e discreto.	Incentivos, recursos humanos, interações entre instituições.	Dependente Discutível	11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	7, 8, 12	100	Se tiver alta capacidade institucional de gerir, resolver e equacionar a problemática ambiental, melhor para ao meio ambiente.
	11. Fortaleza do comitê de bacias	Subjetivo, qualitativo, construído e discreto.	Recursos financeiros, objetivos e metas, interações e mobilização social.	Dependente Discutível	10, 12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	7, 8	100	Se tiver alta capacidade institucional de gerir, mobilizar atores sociais e equacionar a problemática ambiental, melhor para ao meio ambiente.
	12. Instrumentos de planejamento e gestão da água e ambiental	Subjetivo, qualitativo, construído e discreto.	Plano de Bacia, planos correlatos, licenciamento ambiental, outorga, cobrança, educação ambiental.	Dependente Discutível	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11	8, 9	10	100	Se for eficaz a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental, melhor para o meio ambiente.

### Quadro A6. 11 Cluster 11 - Preservação da estrutura "habitat" do rio

**Função de produção:** Produção do serviço ambiental: Estrutura "habitat" e morfologia do rio

	Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores	Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Pressão	1. Drenagem urbana	Objetivo, quantitativo, indireto e discreto.	Estrutura, impermeabilização, uso de reservatórios, ocupação no lote, recuo de ajardinamento.	Dependente Discutível	2, 4, 5, 6, 7	13	8, 9, 11, 12	100	Se tiver drenagem urbana adequada, melhor para o meio ambiente.
	2. Drenagem rural	Objetivo, quantitativo, indireto e discreto.	Estrutura, biotécnicas, práticas conservacionistas e reflorestamento.	Dependente Discutível	1, 4, 5, 6, 7	13	8, 9, 11, 12	100	Se tiver drenagem rural adequada, melhor para o meio ambiente.
	3. Mineração (extrativismo não metálico)	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Incremento da quantidade de areia extraída, com ajuste do incremento do PIB da mineração.	Dependente Discutível	1, 2, 6, 7, 13	8, 11, 12	4, 5, 9, 10	100	Se houver adequada mineração melhor para o meio ambiente.
	4. Controle de geração de resíduos sólidos	Objetivo, qualitativo, indireto, contínuo.	Serviço de limpeza, tratamento e disposição de resíduos sólidos e, presença de lixo em zonas inacessíveis	Dependente Discutível	1, 2, 6, 7, 13	8, 11, 12	3, 5, 9, 10	0	Quanto menor a geração de resíduos sólidos, menor a pressão pela população, então, melhor para o meio ambiente.
	5. Controle de geração de escombros	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Serviço de limpeza, tratamento e disposição de resíduos sólidos (entulhos) e presença de escombros nos rios.	Dependente Discutível	6, 7, 13	8, 11, 12	3, 4, 9, 10	0	Quanto menor a geração de entulhos, menor a pressão pela população, então, melhor para o meio ambiente.
Estado	6. Assoreamento em redes de drenagem	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Equação de perda de solo.	Dependente Discutível	3, 4, 5	8, 14	6, 9, 10, 11, 12	0	Quanto menor o assoreamento, melhor para o meio ambiente.
	7. Fragilidade do meio físico no arroio	Objetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Fator de proteção do solo: cobertura vegetal original, erosão potencial, sedimentação média, declividade da bacia, litologia do solo, erodibilidade do solo cobertura da erosão atual, cobertura vegetal atual.	Dependente Discutível	3, 4, 5	8, 14	6, 9, 10, 11, 12	100	Se as condições estruturais favorecem à proteção do solo, menor sua vulnerabilidade, então melhor para o meio ambiente.
Impacto	8. Ocupação irregular	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Áreas de risco ocupadas: encostas, voçorocas, escorregamentos, planícies de inundação.	Dependente Discutível	10	3, 4, 5, 6, 7	1, 2, 8, 9, 11, 12, 13	0	Se não houver áreas de risco ocupadas melhor a qualidade de vida da população, então, melhor para o meio ambiente.
	9. Atividades agrícolas em ribeiras	Objetivo, qualitativo, indireto, contínuo..	Práticas de bioengenharia, práticas conservacionistas, reflorestamento.	Dependente Discutível	-	10, 11, 12, 13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	100	Se houver adequadas práticas conservacionistas, melhor e para o meio ambiente.
	10. Planejamento e gestão municipal	Objetivo, quantitativo, indireto e discreto.	Instrumentos de planejamento municipal e gestão urbana.	Dependente Discutível	8	9, 11	3, 4, 5, 6, 7, 12, 13	100	Se tiverem implantados todos seus instrumentos de planejamento, melhor para a qualidade de vida da população e para o meio ambiente.
	11. Capacidade institucional (público)	Subjetivo, qualitativo, construído e discreto.	Incentivos, recursos humanos, interações entre instituições.	Dependente Discutível	12	3, 4, 5, 9, 10, 13	6, 7, 8	100	Se tiver alta capacidade institucional de gerir, resolver e equacionar a problemática ambiental, melhor para o meio ambiente.
	12. Fortaleza do Comitê de Bacia	Subjetivo, qualitativo, construído e discreto.	Recursos financeiros, objetivos e metas, interações e mobilização social.	Dependente Discutível	11, 13	3, 4, 5, 9	1, 2, 6, 7, 8, 10	100	Se tiver alta capacidade institucional de gerir, mobilizar atores sociais e equacionar a problemática ambiental, melhor para o meio ambiente.
	13. Instrumentos de planejamento e gestão da água	Subjetivo, qualitativo, construído e discreto.	Plano de Bacia, planos correlatos, licenciamento ambiental, outorga, cobrança, educação ambiental.	Dependente Discutível	3, 4, 5, 12	6, 7, 9, 11	1, 2, 8, 10	100	Se for eficaz a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6. 12 Cluster 12 – Aperfeiçoamento do controle da geração de resíduos sólidos domiciliares**  
**Sub-cluster 12.1 Serviço de limpeza e coleta de lixo em zonas inacessíveis**

	Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores	Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Força impulsora	1. Pobreza	Objetivo, quantitativo, indireto, contínuo.	Distribuição de renda e expansão educacional.	Dependente Discutível	3	9	2, 4, 5, 6, 7, 8	0	Se reduzir a pobreza menor aglomeração em zonas inacessíveis e ocorrência de invasões, então, menor presença de lixo em locais inacessíveis.
	Pressão	2. Quantidade de lixo gerado	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Quantidade de lixo coletado por dia (ton/dia).	Dependente Discutível	-	4, 5, 6, 7	1, 3, 8, 9	0
Resposta		3. Lixo em locais estreitos e/ou córregos	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Nº de locais com lixo a céu aberto sem a presença do serviço de limpeza.	Dependente Discutível	1	8	2, 4, 5, 6, 7, 9, 10	0
	4. Regularidade da coleta	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Frequência de coleta e número de falhas de coleta.	Dependente Discutível	-	2	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9	100	Quanto melhor a regularidade de coleta, melhor o serviço de limpeza, então, melhor para o meio ambiente.
	5. Tipo de coleta	Objetivo, qualitativo, direto e discreto.	Coleta seletiva ou /e tradicional.	Dependente Discutível	-	2	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9	100	Se houver uma coleta seletiva de resíduos sólidos, melhor para o processo de tratamento, então, melhor para o meio ambiente.
	6. Lixeiras comunitárias	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Relação entre o Nº de lixeiras e a população.	Dependente Discutível	10	2	1, 3, 4, 5, 7, 8, 9	100	-Se houver disponibilidade de lixeiras comunitárias, melhor o serviço de limpeza, então, melhor para o meio ambiente.
	7. Custo na coleta e transporte	Objetivo, qualitativo, indireto e contínuo.	Investimento com relação à população.	Dependente Discutível	-	2, 10	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9	0	Quanto menor o custo de coleta e transporte, mais eficaz o serviço de limpeza, então, melhor para o meio ambiente.
	8. Cobertura de atendimento à população	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Porcentagem de cobertura.	Dependente Discutível	-	3, 10	1, 2, 4, 5, 6, 7, 9	100	Quanto maior a cobertura do serviço de limpeza, melhor para o meio ambiente.
	9. Participação comunitária e envolvimento	Subjetivo, qualitativo, direto e discreto.	Conveniência da educação ambiental e nível de envolvimento.	Dependente Discutível	-	1, 10	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	100	Melhor se houver envolvimento e participação da comunidade no serviço de limpeza urbana.
	10. Varrição	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Número de pessoal mobilizado com relação à população.	Dependente Discutível	6	7, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5	100	Se tiver um adequado serviço de varrição, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6. 13 Sub-cluster 12.2 - Sistema de tratamento de resíduos sólidos**

	Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores	Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Pressão	11. Tratamento de resíduos sólidos e reconversão	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Índice de tratamento de resíduos sólidos.	Dependente Discutível	12, 13, 14	-	-	100	Quanto melhor o sistema de tratamento de resíduos sólidos e sua reconversão, melhor para o meio ambiente.
	12. Disponibilidade de tecnologia e equipamentos	Objetivo, qualitativo, direto e discreto.	Usina de triagem, compostagem, tratamento de lixívias, fornos.	Dependente Discutível	11	-	13, 14	100	Se houver disponibilidade de tecnologias e equipamentos para o tratamento de resíduos sólidos, melhor para o meio ambiente.
Resposta	13. Organização dos catadores	Subjetivo, qualitativo, direto e discreto.	Relação entre catadores organizados e clandestinos.	Dependente Discutível	11	-	12, 14	100	Se os catadores forem mais organizados, melhor o tratamento e reconversão de resíduos sólidos, então melhor para o meio ambiente.
	14. Mercado de produtos reconversíveis (demanda pelas empresas)	Subjetivo, qualitativo, direto e discreto.	Número de empresas que demandam, tipos de produtos demandados, preço dos produtos reconversíveis.	Dependente Discutível	11	-	12, 13	100	Se houver demanda pelos produtos reconversíveis, melhor para o meio ambiente.

**Quadro A6. 14 Sub-cluster 12.3 - Disposição final de lixo em aterros sanitários**

	Pontos de Vista Fundamentais e Indicadores	Pontos de Vista Elementares e Descritores		Dependência de especialistas/Adequabilidade	Dependência estrutural			Valor de controle	Observações
		Tipo de descritor	Como mensurar (Índice em função de)		Forte	Média	Fraca		
Pressão	15. Disponibilidade de aterros sanitários e infraestrutura	Objetivo, qualitativo, direto e discreto.	Área utilizada, tecnologia e equipamento, disponibilidade de aterro.	Dependente Discutível	16, 17, 18	-	-	100	Se houver disponibilidade de aterros sanitários, melhor a disposição final de resíduos sólidos, então melhor para o meio ambiente.
Impacto	16. Condições na disposição de lixo	Subjetivo, qualitativo, direto e discreto.	Presença de aspectos negativos que se sente e se observa.	Dependente Discutível	15	-	17, 18	0	Se não houver presença de aspectos negativos, melhor para o meio ambiente.
Resposta	17. Localização do aterro (condições do local e seu entorno)	Subjetivo, qualitativo, indireto e discreto.	Profundidade do lençol freático, afastamento dos cursos d'água, população exposta, área impactada.	Dependente Discutível	15	-	16, 18	100	Se tiver uma adequada localização dos aterros sanitários, melhor para o meio ambiente.
	18. Operação do aterro (maximizar a vida útil do aterro)	Objetivo, quantitativo, direto e contínuo.	Tecnologia e equipamento, taxa de crescimento anual de lixo disposto.	Dependente Discutível	15	-	16, 17	100	Quanto maior a vida útil do aterro sanitário melhor para o meio ambiente.



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)