

SISTEMA DE INDICADORES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Ney Maranhão

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA
CIVIL

Aprovada por:

Prof. José Paulo Soares de Azevedo, Ph.D.

Prof. Paulo Canedo de Magalhães, Ph D

Profa. Rosa Formiga Johnsson, Docteur

Prof. Benedito Pinto Ferreira Braga Junior, Ph D

Prof. Alessandra Magrini, Ph D

Prof. Rui Carlos Vieira da Silva, Ph D

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

AGOSTO DE 2007

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

MARANHÃO, NEY

Sistema de Indicadores para
Planejamento e Gestão dos Recursos
Hídricos de Bacias Hidrográficas [Rio de
Janeiro] 2007

XXV, 397 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ,
D.Sc. Engenharia Civil, 2007)

Tese - Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Planejamento de Bacias Hidrográficas
2. Gestão de Bacias
3. Indicadores
4. Indicadores de Recursos Hídricos

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

“Satya, nitya, nirakara”.

AGRADECIMENTOS

*Algo que está en mi pecho y en tu pecho,
Algo que fué soñado y no fué hecho
Algo que lleva y no pierde el viento*

J. L. Borges

Uma tese, mais que uma obra de autor, resulta de uma conspiração de pessoas amigas que ouvem, apóiam, abastecem de idéias e contribuem de mil maneiras para o sucesso daquele que a escreve. Se uma tese é uma obra de autor, um autor é o resultado de muitas influências e de muitas mentes.

Não foi diferente nesse caso. Por essa razão, é justo lembrar, reconhecer e agradecer às pessoas e instituições a seguir citadas, que de alguma forma e em algum momento contribuíram para a realização desta pesquisa.

O Prof. José Paulo Azevedo teve capital importância para que pudesse chegar ao fim desta pesquisa. Periodicamente pudemos conversar sobre o progresso e o rumo dos trabalhos e, sempre que necessário, pude contar com o seu apoio na superação dos diversos obstáculos e dúvidas enfrentados.

O Prof. Paulo Canedo foi decisivo, quer nos cursos ministrados, quer na avaliação do trabalho realizado, no aconselhamento, e no descortinamento dos caminhos que se apresentavam. Estabelecer uma relação profissional e uma convivência pessoal nesses anos, acompanhar suas lutas em prol da consolidação de uma gestão inteligente dos recursos hídricos, testemunhar sua atuação, separando o essencial do supérfluo com grande acuidade de espírito, constituiu-se em um verdadeiro privilégio.

A Prof^a. Alessandra Magrini, me recebeu no PPE e ofereceu um excelente curso de Gestão Cooperativa, muito útil na condução de diversas situações profissionais vividas desde então.

O Prof. José Galizia Tundisi e a Profa. Takako Matsumura-Tundisi me acolheram generosamente em S. Carlos, na sede do IIE e facilitaram o acesso às bibliotecas da USP S. Carlos e do IIE. As atenções e estímulos recebidos foram muito importantes para o êxito daquela etapa.

Algumas das idéias aqui desenvolvidas surgiram ao longo do desenvolvimento do Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007 do Estado de S. Paulo, entre o segundo semestre de 2004 e o primeiro semestre de 2005. As discussões sobre o PERH-SP travadas com os Engos. Luis Fernando Carneseca, Eliseu Ayabe, Alexandre Liaze, Antonio Carlos Coronato e Sunao Assae e o elevado nível de interação profissional alcançado certamente trouxeram grandes benefícios para o refinamento de conceitos envolvidos, bem como para sua aplicação a planos e ao cotidiano da gestão dos recursos hídricos. Sunao Assae foi também um atento ouvinte de minhas preocupações e crítico de muitas idéias aqui reunidas.

O tempo passado na Agência Nacional de Águas, na Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, também foi muito produtivo, rico de contribuições e é preciso lembrar os nomes de João Gilberto Lotufo, Marcelo Pires da Costa, Elizabeth Siqueira Juliatto, Nelson Neto de Freitas e João Augusto Burnett. João Gilberto Lotufo, particularmente, não se cansou de incentivar-me, além de ter lido os Capítulos 1 a 5, para os quais ofereceu diversas sugestões valiosas; além disso, pelos valores que compartilhamos, por seu pragmatismo intelectual, e dedicação à causa pública foi importante referência na trajetória desta tese.

Olhando um pouco mais para o passado, também devo lembrar os Engos. Fernando Olavo Franciss, César Cimadevilla Costa, Manuel Rocha e Luiz Carlos Menezes que, ao longo de momentos fundamentais de minha vida profissional, tiveram importante influência e me privilegiaram com suas amizades.

Thais Wetzel, promissora produtora editorial, usou o domínio que possui do Corel Draw para materializar as ilustrações que concebi, enquanto Ana Catarina Costa e Silva, engenheira especialista em recursos hídricos da ANA, deu aos Quadros de Indicadores do Capítulo 5 e a alguns outros rascunhos que produzi o seu formato definitivo. Gonzalo Álvaro Vazques Fernandez, amigo mais recente, engenheiro agrônomo, especialista em geoprocessamento, também emprestou preciosa colaboração, produzindo pacientemente, a partir de meus esboços e numerosos “*shapes*”, os desenhos das bacias dos rios Jutaí, Verde Grande, Tietê e Tocantins-Araguaia apresentados no Capítulo 6.

Os colegas e amigos do Laboratório de Hidrologia da COPPE me concederam uma calorosa recepção no acompanhamento de projetos por eles desenvolvidos entre 2002 e 2006: Jander Duarte Campos, Paulo Carneiro (com quem também convivi no curso

de Sociologia Urbana do IPPUR), Fernanda Rocha Thomaz, Hildebrando de Araújo Góes Filho, Valéria Malta, Rodrigo de Matos Moreira, Evaristo Villela Pedras, José Roberto de Freitas Gago e Paulo Marcelo Lambert Gomes sempre mantiveram comigo uma relação fraternal e construtiva. Registro também o nome de Isabella Teixeira, colega no PPE.

Os professores da Área de Recursos Hídricos do Programa de Engenharia Civil da COPPE, que transmitiram importantes ensinamentos nos cursos ali ministrados.

Durante todo o tempo que freqüentei o Laboratório de Hidrologia sempre me impressionaram a seriedade e a dedicação de Valéria Almeida de Lima, Fernando Leite de Mesquita e Jairo Azeredo de Matos. Mais do que funcionários do Laboratório, eles logo se converteram em companheiros a quem pude recorrer em várias ocasiões. Deles é o trabalho de editoração desse trabalho segundo os padrões da COPPE-UFRJ.

Esta tese jamais teria sido realizada sem o generoso apoio de minha esposa Flora (que também participou ativamente das revisões, edição final do texto e produção das cópias) e de meus filhos Marcelo, Nuno e Cynthia, que não apenas me deram sua compreensão mas abriram mão de muitas horas de convivência para que eu pudesse escrevê-la.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

SISTEMA DE INDICADORES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Ney Maranhão
Julho/2007

Orientador: José Paulo Soares de Azevedo

Programa: Engenharia Civil

A presente tese trata dos recursos hídricos, tendo em conta as relações desenvolvidas pela sociedade brasileira com as bacias hidrográficas em termos de planejamento e gestão. Seu principal objetivo é propor um Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, segundo o novo modelo de gerenciamento estabelecido no Brasil após a aprovação da Lei 9433 de 8 de Janeiro de 1997.

O significado, as propriedades e o estado da arte de construção e emprego de indicadores, particularmente dos indicadores de recursos hídricos, são cobertos neste documento. Um inventário das experiências registradas na literatura técnica, nacional e internacional, relativa a ambos os tipos de indicadores (isto é, de sustentabilidade ambiental e de recursos hídricos) orientados para o planejamento e a gestão é apresentada.

O sistema concebido é descrito em sua estrutura lógica alicerçada nas quatro dimensões do gerenciamento dos recursos hídricos – nomeadamente a disponibilidade, os usos, a vulnerabilidade e a gestão. Os indicadores selecionados, em número de oito são apresentados e comentados com o pormenor necessário. Os resultados das aplicações conduzidas para quatro bacias brasileiras em diferentes estágios de desenvolvimento são apresentados para demonstrar as possibilidades do sistema, que se destina a apoiar os gestores a monitorarem a implementação dos planos e a gestão integrada dos recursos hídricos das bacias, bem como a compararem o desenvolvimento das bacias hidrográficas.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.).

SYSTEM OF INDICATORS FOR PLANNING AND MANAGEMENT OF WATER RESOURCES OF HYDROGRAPHIC BASINS

Ney Maranhão
July /2007

Advisor: José Paulo Soares de Azevedo

Department:: Civil Engineering

This research work deals with water as a natural resource, taking into account the relationships developed by the Brazilian society with watersheds in terms of planning and management. Its main objective is to propose a SYSTEM OF INDICATORS FOR PLANNING AND MANAGEMENT OF WATER RESOURCES OF HYDROGRAPHIC BASINS under the new management model established in Brazil after approval of Law # 9433, from January 8, 1997 - the Water Act.

Meaning, properties and the state of the art of construction and use of environmental indicators, particularly of water resource indicators are covered in this document. An extensive review of experiences found in national and international technical literature related to indicators of both kinds (that is, environmental sustainability and water resources) oriented to planning and management of water resources is presented

The system has a logic structure founded on four dimensions of water resource management – namely availability, use, vulnerability and management. Eight basic indicators were selected – two for each dimension - and discussed in detail. Results of applications of the system to four Brazilian basins in different stages of development are presented to demonstrate the possibilities of the system.

It is aimed at helping managers to monitor the implementation of integrated water resource plans and compare the development of hydrographic basins.

ÍNDICE

CAPÍTULO UM - INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO DOIS - SITUAÇÃO DO PROBLEMA.....	4
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	4
2.2. JUSTIFICATIVA.....	29
2.3. OBJETIVOS.....	32
CAPÍTULO TRÊS - INDICADORES.....	34
3.1. INTRODUÇÃO.....	34
3.2. O CONCEITO DE INDICADOR.....	37
3.3. FINALIDADE DOS INDICADORES.....	41
3.4. INDICADORES E ÍNDICES: A PIRÂMIDE DA INFORMAÇÃO.....	43
3.4.1. Das Observações às Estatísticas.....	44
3.4.2. Sistemas de Informação.....	45
3.4.3. Indicadores e Índices.....	46
3.5. ALGUNS TIPOS DE INDICADORES DE INTERESSE: INDICADORES DEMOGRÁFICOS, ECONÔMICOS, SOCIAIS, AMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE.....	52
3.5.1. Indicadores Demográficos e Econômicos.....	52
3.5.2. Indicadores Sociais.....	54
3.5.3. Indicadores Ambientais.....	58
3.5.4. Indicadores de Sustentabilidade.....	60
3.6. OS INDICADORES SEGUNDO A NORMA ISO 14.000.....	62
3.7. ESTRUTURAS CONCEITUAIS DE REFERÊNCIA PARA INDICADORES AMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE.....	63
3.7.1. Estruturas Conceituais Físicas.....	64
3.7.2. Estruturas Conceituais Temáticas.....	75
3.7.3. Estruturas Econômicas – Estrutura Conceitual Baseada em Capitais.....	78
3.7.4. Estruturas Conceituais Sociais.....	80
3.8. PROPRIEDADES E CRITÉRIOS A SEREM OBSERVADOS NA SELEÇÃO DE INDICADORES.....	80
3.8.1. Relevância.....	82
3.8.2. Base Conceitual e Validade Científica.....	82
3.8.3. Acessibilidade e Confiabilidade dos Dados.....	83
3.8.4. Tempestividade.....	84
3.8.5. Sensibilidade.....	84
3.8.6. Agregabilidade e Desagregabilidade.....	85
3.8.7. Viabilidade/Custo-Efetividade.....	85
3.8.8. Robustez.....	86
3.8.9. Abrangência Espacial e Temporal.....	86
3.8.10. Inteligibilidade/Comunicabilidade.....	86
3.8.11. Suficiência.....	87

3.8.12. Rastreabilidade.....	88
3.8.13. Outras Características Desejáveis.....	88
3.9. INICIATIVAS DE DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES.....	89
3.9.1. África do Sul.....	90
3.9.2. Austrália.....	90
3.9.3. Canadá.....	92
3.9.4. U S Environment Protection Agency (USEPA, 2003) e National Academy of Sciences (2003).....	98
3.10. AGÊNCIAS INTERNACIONAIS.....	100
3.10.1. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE.....	100
3.10.2. EEA – European Environment Agency (2003).....	103
3.10.3. Nações Unidas – United Nations Commission for Sustainable Development (UNCSD).....	103
3.10.4. World Economic Forum – Índice de Performance Ambiental (EPI).....	105
 CAPÍTULO QUATRO - INDICADORES DE RECURSOS HÍDRICOS.....	 109
4.1. INTRODUÇÃO.....	109
4.2. INICIATIVAS DE IDENTIFICAÇÃO DE CONJUNTOS DE INDICADORES DE RECURSOS HÍDRICOS.....	113
4.2.1. IQA e Variantes.....	114
4.2.2. Indicadores de Desenvolvimento.....	115
4.2.3. Índices de Disponibilidade Hídrica: Índice de Pressão Populacional e Índice de Falkenmark.....	115
4.2.4. Índice de Pobreza Hídrica.....	117
4.2.5. IWI - Índice de Indicadores de Bacias (USEPA, 2002).....	121
4.3. INICIATIVAS BRASILEIRAS.....	123
4.3.1. Os Índices de Qualidade das Águas da Cetesb.....	125
4.3.2. Bioindicadores.....	133
4.3.3. Projetos Áridas (Gondim Fo. 1995).....	138
4.3.4. Os indicadores da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (IBGE, 2002) e do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento – SNIS (Brasil, Ministério das Cidades, 2004).....	138
4.3.5. Os indicadores levantados pelo Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável/Fundação Getúlio Vargas (2000).....	143
4.3.6. Os Indicadores Priorizados pelo Painel Delphi de Magalhães Jr. et al. (2003).....	147
4.3.7. Os Indicadores Propostos para Acompanhamento do PERH-SP 2004/2007 (São Paulo, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2006).....	153
 CAPÍTULO CINCO - PROPOSTA DE UM SISTEMA DE INDICADORES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS...	 166
5.1. INTRODUÇÃO.....	166
5.2. OS ALICERCES DO SISTEMA: O MODELO DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS, SUA EVOLUÇÃO, SEUS PARADIGMAS E AS IMPLICAÇÕES METODOLÓGICAS.....	169
5.2.1. A Implementação da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil.....	172

5.2.2.A Gestão dos Recursos Hídricos de uma Bacia Hidrográfica como um Processo.....	184
5.2.3. Bacias Hidrográficas e seu Desenvolvimento.....	187
5.3. A ESTRUTURA CONCEITUAL PROPOSTA [DISPONIBILIDADE – USOS – VULNERABILIDADES – GESTÃO] E OS LIMITES DO PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	194
5.3.1. A Disponibilidade e seus Indicadores.....	200
5.3.2. A Dimensão Usos e seus Indicadores.....	205
5.3.3. A Dimensão Vulnerabilidade e seus Indicadores.....	209
5.3.4. A Dimensão Gestão e seus Indicadores.....	210
5.4.OS INDICADORES SELECIONADOS E O SISTEMA PROPOSTO: A MONTAGEM DO SINPLAGE.....	217
5.4.1. Indicadores Seleccionados para a Disponibilidade.....	222
5.4.2. Indicadores Seleccionados para a Dimensão Usos.....	233
5.4.3. Indicadores de Vulnerabilidades Seleccionados.....	242
5.4.4. Indicadores de Gestão Seleccionados.....	249
5.4.5. Fluxograma de Determinação dos Indicadores do SINPLAGE.....	255
5.5. A CONSIDERAÇÃO DA ESPACIALIDADE E DA TEMPORALIDADE NO SISTEMA DE INDICADORES.....	255
5.6. A REPRESENTAÇÃO TABULAR E GRÁFICA DO SISTEMA PROPOSTO.....	260
 CAPÍTULO SEIS – APLICAÇÕES DO SISTEMA PROPOSTO.....	 268
6.1 INTRODUÇÃO.....	268
6.2. BACIA DO RIO JUTAÍ.....	271
6.2.1. Breve descrição da bacia.....	271
6.2.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia do Rio Jacuí.....	280
6.2.3. Comentários.....	280
6.3. BACIA DO RIO TOCANTINS-ARAGUAIA.....	281
6.3.1. Breve descrição da bacia.....	282
6.3.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia do Rio Tocantins-Araguaia.....	298
6.3.3. Comentários.....	301
6.4. BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL.....	305
6.4.1. Breve descrição da bacia.....	305
6.4.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia do Rio Paraíba do Sul.....	316
6.4.3. Comentários.....	316
6.5. BACIA DO RIO TIETÊ.....	324
6.5.1. Breve descrição da bacia.....	324
6.5.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia do Rio Tietê.....	334
6.5.3. Comentários.....	336
6.5. BACIA DO RIO VERDE GRANDE.....	338
6.6.1. Breve descrição da bacia.....	338
6.6.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia do Rio Verde Grande.....	348
6.6.3. Comentários.....	348

CAPÍTULO SETE – CONCLUSÕES.....	354
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	366

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	O Rio Nilo e o território egípcio: o delta e as margens do rio são a única feição verde em todo o NE da África e Península do Sinai.....	5
Figura 2.2 -	O processo de urbanização no Brasil e seus efeitos sobre os Recursos Hídricos.....	9
Figura 2.3 -	Evolução da mancha urbana de SP.....	10
Figura 2.4 -	Perspectivas de atendimento futuro das demandas hídricas.....	13
Figura 2.5 -	Expectativa de evolução da população, recursos naturais, produção industrial, poluição e expectativa de vida humana no tempo - período de 1900-2100 (Meadows et al. 1992).....	13
Figura 3.1 -	A Pirâmide de Informação na Gestão de Recursos Naturais e a Geração do Conhecimento.....	44
Figura 3.2 -	IDH dos países que integram as Nações Unidas, 2005.....	52
Figura 3.3 -	O território dos indicadores da sustentabilidade ambiental.....	62
Figura 3.4 -	Matriz Indicadores - Metas.....	66
Figura 3.5 -	Estrutura PSR (Pressão - Estado - Resposta).....	69
Figura 3.6 -	A Estrutura PSR e articulação com temas específicos.....	69
Figura 3.7 -	Estrutura conceitual PSIR (Pressão- Estado- Impacto- Resposta)..	72
Figura 3.8 -	Estrutura DPSIR.....	74
Figura 3.9 -	Estrutura conceitual Impacto - Probabilidade.....	79
Figura 3.10 -	Propriedades dos Indicadores - Critérios de seleção.....	81
Figura 3.11 -	Estrutura conceitual de indicadores.....	96
Figura 4.1 -	Índice de Pobreza Hídrica - diagrama de quadrantes.....	119
Figura 4.2 -	Saúde das águas das bacias hidrográficas norte-americanas.....	124
Figura 4.3 -	Avaliação do Índice de Comunidade Planctônica (ICZRES).....	136
Figura 4.4 -	UGRHs do Estado de S. Paulo que possuem Plano de Recursos - Hídricos e que só possuem Relatório de Situação.....	155
Figura 4.5 -	O cronograma físico do processo de participação pública para priorização das metas do PERH/SP 2004-2007 e uma das reuniões realizadas.....	157
Figura 5.1 -	Bacias Hidrográficas - Tensões Básicas.....	186
Figura 5.2 -	Mapa de Implementação do Plano da Bacia do São Francisco.....	188
Figura 5.3 -	O Espaço de Gestão dos Recursos Hídricos.....	195
Figura 5.4 -	D1 - Disponibilidade Hídrica alocável no Rio Tietê	228
Figura 5.5 -	Bacia do Rio Iguaçu - Localização dos pontos referidos nos quadros de indicadores.....	229
Figura 5.6 -	Bacia do Rio Paraíba do Sul - Localização dos pontos referidos nos quadros de indicadores.....	229
Figura 5.7 -	Bacia do Rio das Velhas - Localização dos pontos referidos nos quadros de indicadores.....	229
Figura 5.8 -	Valores de U2 ao longo do Rio Tietê.....	242
Figura 5.9 -	Distribuição das principais classes na Amazônia obtida a partir de dados de radar do ENSCAT (NASA Scatterometer).....	244
Figura 5.10 -	Duas situações comuns envolvendo lixo e recursos hídricos: obstrução de pontes e poluição de mananciais.....	246
Figura 5.11 -	Fluxograma para determinação dos Indicadores que integram o SINPLAGE.....	256
Figura 5.12 -	Isoietas anuais na região hidrográfica Tocantins - Araguaia.....	259
Figura 5.13 -	Diagrama de teia para indicadores integrantes do SINPLAGE de uma bacia imaginária.....	262
Figura 5.14 -	Diagrama de teia de uma bacia teórica.....	264
Figura 5.15 -	Diagrama de teia - caso de uma bacia com boas condições gerais.	266
Figura 5.16 -	Diagrama de teia - caso de uma bacia com problemas.....	267

Figura 6.1 - Localização das bacias selecionadas para aplicação do SINPLAGE.....	269
Figura 6.2 - Imagem GOOGLE do trecho final da Bacia do Jutai, com a cidade de Jutai na foz.....	278
Figura 6.3 - Distribuição dos usos da água na Bacia do Jutai.....	273
Figura 6.4 - Água e esgotos em Jutai.....	277
Figura 6.5 - Mapa da Bacia do Jutai.....	279
Figura 6.6 - Mineração e geração de energia na Bacia do Tocantins-Araguaia..	283
Figura 6.7 - Mapa da Bacia do Tocantins-Araguaia.....	284
Figura 6.8 - Distribuição do Cerrado no Brasil e na Bacia do Tocantins-Araguaia.....	288
Figura 6.9 - Quadro de Indicadores e Diagramas de Teia dos Pontos Estudados - Bacia do Tocantins-Araguaia.....	299
Figura 6.10 - Erosão Chitolina, na propriedade de mesmo nome, a 15 km da nascente do Rio Araguaia.....	304
Figura 6.11 - Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul.....	306
Figura 6.12 - Bacia do Paraíba do Sul - Linha do Tempo para o Planejamento e Gestão da Bacia.....	307
Figura 6.13 - Quadro de Indicadores e Diagramas de Teia dos Pontos Estudados - Bacia do Paraíba do Sul.....	318
Figura 6.14 - Bacia Hidrográfica do Tietê.....	326
Figura 6.15 - Diagrama Esquemático do Sistema Cantareira.....	329
Figura 6.16 - Poluição do Rio Tietê - Linha do Tempo.....	331
Figura 6.17- Quadro de Indicadores e Diagramas de Teia dos Pontos Estudados - Bacia do Tietê.....	335
Figura 6.18- Bacia do Verde Grande - Isoietas anuais médias.....	341
Figura 6.19- Bacia do Verde Grande - Retiradas de água por setor usuário.....	342
Figura 6.20- Bacia Hidrográfica do Verde Grande.....	344
Figura 6.21- Quadro de Indicadores e Diagramas de Teia dos Pontos Estudados -Bacia do Verde Grande.....	351
Figura 7.1 - Padrões representativos dos diagramas de teia das bacias estudadas.....	360
Figura 7.2 - Estágios de desenvolvimento de Bacias Hidrográficas e as necessidades de Planejamento e Gestão correspondentes.....	361

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Programas da Agenda 21 - Capítulo 18.....	23
Tabela 5.1 -	Indicadores sócio-econômicos mais relevantes para informar a situação sócio-econômica de bacias hidrográficas e apoiar a determinação de indicadores de planejamento e gestão de recursos hídricos.....	200
Tabela 5.2 -	Estimativa dos RSD a partir da produção per capita da população urbana.....	248
Tabela 5.3 -	Critérios de valorização do Indicador G1 - Suíte Institucional I...	252
Tabela 6.1 -	A Bacia do Tocantins – Araguaia.....	282
Tabela 6.2 -	Bacia do Tocantins-Araguaia: vegetação nativa, UCs e áreas úmidas existentes por UPH	289
Tabela 6.3 -	Participação dos. Estados na Bacia do Paraíba do Sul.....	308

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 -	Condição em que a Água se encontra na Terra.....	5
Quadro 2.2 -	Distribuição de Água Doce na Terra.....	6
Quadro 2.3 -	Disponibilidade e Demanda de Água por Continente.....	6
Quadro 2.4 -	Taxas anuais de crescimento demográfico em diferentes Distritos do Município de São Paulo.....	10
Quadro 3.1 -	O Processo de Agregação - de indicadores a índices.....	48
Quadro 3.2 -	Exemplos de Indicadores Econômicos.....	54
Quadro 3.3 -	Exemplos de Indicadores Sociais.....	58
Quadro 3.4 -	Áreas, Temas e Sub-temas da Iniciativa da UNCSD.....	77
Quadro 3.5 -	África do Sul - Lista completa de Indicadores relativos à Águas Interiores.....	93
Quadro 3.6 -	Indicadores da TRNEE relacionados com recursos hídricos..	95
Quadro 3.7 -	Indicadores do ambiente natural, Manitoba Conservation.....	97
Quadro 3.8 -	Níveis de Indicadores do RoE 2007.....	99
Quadro 3.9 -	Indicadores Nacionais da Condição Ecológica propostos pela National Academy of Sciences - USA (2003).....	100
Quadro 3.10 -	Conjunto de Indicadores Ambientais Organizados pela OCDE(2004).....	101
Quadro 3.11 -	Estrutura de Indicadores da OCDE.....	102
Quadro 3.12 -	Esquema de agregação de indicadores para montagem do EPI (Índice de Performance Ambiental).....	108
Quadro 4.1 -	Medidas de qualidade da água que integram o IQA.....	114
Quadro 4.2 -	Classes de situações hídricas segundo o índice de Falkenmark.....	117
Quadro 4.3 -	Estrutura do índice de Pobreza Hídrica (WPI) e dados usados.....	120
Quadro 4.4 -	Classificação do Estado Trófico segundo o Índice de Carlson Modificado.....	134
Quadro 4.5 -	Categorias da qualidade da água com base no ICF - Índice de Comunidade Fitoplanctônica.....	135
Quadro 4.6 -	Índice da Comunidade Bentônica em Reservatórios.....	138
Quadro 4.7 -	Distribuição dos indicadores inventariados pelos componentes da estrutura conceitual adotada pelo CIDS.....	145
Quadro 4.8 -	Indicadores com maiores índices de aprovação.....	148
Quadro 4.9 -	Indicadores com maiores índices de rejeição.....	149
Quadro 4.10 -	Indicadores com menores índices de rejeição.....	149
Quadro 4.11 -	Indicadores priorizados por Magalhães Jr. et al. (2003).....	155
Quadro 4.12 -	Principais características das metas do PERH - 2004-2007...	158
Quadro 4.13 -	Indicadores de Conjuntura Sócio-econômica e Cultural (Background) do PERH/SP 2004-2007.....	161
Quadro 4.14 -	Indicadores Gerais do Estado e da Gestão dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.....	162
Quadro 4.15 -	Indicadores de Implementação do Plano por Meta Geral Priorizada.....	163
Quadro 5.1 -	Fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.....	179
Quadro 5.2 -	Indicadores de Disponibilidade.....	203
Quadro 5.3 -	Indicadores de Usos.....	207
Quadro 5.4 -	Indicadores de Vulnerabilidade.....	211
Quadro 5.5 -	Indicadores de Gestão.....	230
Quadro 5.6 -	Valores de D1 para algumas Bacias Hidrográficas.....	234

Quadro 5.7 -	Valores assumidos pelo Indicador D2 para alguns pontos das bacias dos Rios Paraíba do Sul e Iguaçu.....	237
Quadro 5.8 -	Valores do indicador U1 para pontos selecionados no Rio Iguaçu.....	241
Quadro 5.9 -	Valores do Indicador U2 para diferentes pontos de algumas bacias brasileiras.....	245
Quadro 5.10 -	Valores do indicador V1 para algumas UPHs da bacia do Tocantins - Araguaia.....	249
Quadro 5.11 -	Valores de V2 para pontos selecionados da bacia do Rio Verde Grande.....	249
Quadro 5.12 -	Valores do Indicador G1 - Suíte Institucional I - para diversas bacias e UPHs.....	253
Quadro 5.13 -	Bacia do Paraíba do Sul - Suíte Instrumental.....	255
Quadro 6. 1 -	Municípios com terras na Bacia do Jutaí.....	272
Quadro 6.2 -	UCs e TIs presentes na Bacia do Hidrográfica do Rio Jutaí...	273
Quadro 6.3 -	Bacia do Jutaí - Quadro de Indicadores.....	280
Quadro 6.4 -	Características das UPHs da Bacia do Tocantins-Araguaia...	286
Quadro 6.5 -	Principais Usinas em Operação na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia.....	291
Quadro 6.6 -	Quantidade de resíduos sólidos e tipos de disposição final utilizados por UPH da Bacia doTocantins-Araguaia.....	293
Quadro 6.7 -	Demandas Hídricas na Bacia Tocantins-Araguaia, por Tipo de Uso e UPH	295
Quadro 6.8 -	Comportamento de cada indicador perante cada ponto estudado da Bacia do Tocantins-Araguaia e o conjunto deles.....	302
Quadro 6.9 -	Principais afluentes do Rio Paraíba do Sul.....	309
Quadro 6.10 -	UHEs maiores que 25MW em operação na Bacia do Paraíba do Sul.....	312
Quadro 6.11 -	Comportamento de cada indicador perante cada ponto estudado da Bacia do Rio Paraíba do Sul e o conjunto deles.....	321
Quadro 6.12 -	Principais Características das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Tietê.....	327
Quadro 6.13 -	Cobertura de Saneamento da Bacia do Tietê.....	330
Quadro 6.14 -	Distribuição percentual das demandas segundo os principais tipos de usos da água na Bacia do Tietê por UGRHI.....	332
Quadro 6.15 -	Comportamento de cada indicador perante cada ponto estudado da Bacia do Rio Tietê e o conjunto deles.....	337
Quadro 6.16 -	Características das UPHs da Bacia do Verde Grande.....	345

SIGLAS E ABREVIATURAS

AA	Abastecimento de água
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANZECC	Australia and New Zealand Environment and Conservation Council
BBC	British Broadcast Corporation
CBES	Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CEEIBH	Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas
CEI	Conjunto básico de indicadores ambientais (OECD)
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CERH ou CRH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CETEC	Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIDS	Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do Vale do S. Francisco
COFEHIDRO	Conselho de Orientação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos
COMDEC	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil-Gov. Valadares
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós Graduação
COPPETEC	Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos
CORHI	Conselho de Recursos Hídricos do Estado de S.Paulo

CPR	Condição - Pressão - Resposta
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
Crem	Carga remanescente
CTGC	Câmara Técnica de Gestão de Cheias
CTH	Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DAEE/DRH	Divisão de Recursos Hídricos do Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano (inseticida)
DEAT	Department of Environmental Affairs and Tourism.
DEI	Decoupling environmental indicators
DHT	Disponibilidade Hidrica Total
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
DNAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DNOCS	Departamento Nacional de Obras contra Secas
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
DPSIR	Driving forces-Pressures-States-Impacts-Responses
DSR	Driving forces-States-Responses
DU	Drenagem urbana
DUVG	Disponibilidade-Usos-Vulnerabilidades-Gestão
DVS	Diretoria de Vigilância Sanitária
ECE	Committee on Environmental Policy
EEA	European Environment Agency
ELETRORÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
EM	Envoltória de Metas
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EPA	Environment Protection Agency
EPI	Environment Performance Index (Índice de Performance Ambiental)

EPR	Envoltória do Período Reportado
ES	Esgotamento Sanitário
EVA	Envoltória de indicadores - período anterior
EVC	Envoltória de Valores Críticos
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Estado de S. Paulo
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FIEMG	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FINATEC	Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
FUNDAP	Fundação do Desenvolvimento Administrativo
FUSP	Fundação Universidade de São Paulo
GAO	Government Accountability Office
GEF	Global Environment Fund
GMP	Global Mercury Project
GQT	Gestão pela Qualidade Total
GRH	Gerenciamento dos Recursos Hídricos
IAP	Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de abastecimento público
IB	Índice de Balneabilidade
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	Indicadores de Condições Ambientais
ICB	Índice de Comunidade Bentônica
ICF	Índice da Comunidade Fitoplanctônica
ICS	Índice de Comparação Sequencial
ICV	Índice de Custo de Vida
ICZRES	Índice de Comunidade Zooplanctônica para Reservatórios

IDDE	Indicadores de desenvolvimento sustentável e do meio ambiente (Canada)
IDG	Indicadores de Desempenho de Gestão
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDO	Indicadores de Desempenho Operacional
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente (Espírito Santo)
IET	Índice de Estado Trófico
IGAM	Instituto de Gestão das Águas de Minas Gerais
IGU	Iguaçu (bacia do Rio)
IIE	Instituto Interacional de Ecologia
INPC	índice Nacional de Preços ao Consumidor
IOCS	Inspetoria de Obras Contra Secas
IPC	Índice de Preços ao Consumidor
IPEA	Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
IPMCA	Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática
IQA	Índice de Qualidade da Água
IQR	[Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos
ISA	Índice de Salubridade Ambiental
ISIS	Institute of Systems, Informatics and Safety
ISO	International Organization for Standardization
ISTO	Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas
IVA	Índice de Proteção da Vida Aquática
IWI	Índice de Indicadores de Bacia
IWRA	International Water Resource Association
KEI	Indicadores-chave ambientais (OECD)
LABHID	Laboratório de Hidrologia da COPPE-UFRJ
LC	Limpeza urbana e coleta de lixo
MCIDADES	Ministério das Cidades
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério das Minas e Energia
MS	Ministério da Saúde

NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBR	Norma Brasileira
NSWEPA	New South Wales Environment Protection Agency
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OD	Oxigênio dissolvido
OEA	Organização dos Estados Americanos
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OGE	Órgão Gestor Estadual
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PCJ	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Piracicaba-Capivario-Jundiaí
PDA	Plano Diretor de Abastecimento de Água da PMSP
PDC	Programas de Duração Continuada (do PERH-SP)
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos ou Plano Estratégico de Recursos Hídricos
PES	Planejamento Estratégico Situacional
pH	Potencial hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PMSS	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PP	Pressão Populacional
PPA	Plano Pluri-Anual
PPT	Parque Produtor Termoelétrico
PRH	Plano de Recursos Hídricos
PSIR	Pressure-State-Impact-Response (Pressão-Estado-Impacto-Resposta)

PSR	Pressure-State-Response (Pressão-Estado-Resposta)
Qd	Índice de demanda (Projeto Áridas)
Q95increm.	Vazão incremental em trecho considerado com 95% de permanência
Qmlt	Vazão média de longo termo
Qo	Índice de oferta disponível (Projeto Áridas)
Qp	Índice de oferta potencial (Projeto Áridas)
Qreg	Vazão regularizada
RAP	Revista de Administração Pública
RHTA	Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia
RMSP	Região Metropolitana de S. Paulo
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
RSD	Resíduos Sólidos Domiciliares
SAAE	Serviço Autônomo de Águas e Esgotos
SABESP	Saneamento Básico de São Paulo
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SANEAR	Serviço Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento Ambiental
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
Fundação SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SEADE	Sistema Estadual de Análise de Dados
SEDU	Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano
SEI	Indicadores ambientais setoriais (OECD)
SEMA	Secretaria de Meio Ambiente
SERLA-RJ	Superintendência Estadual de Rios e Lagoas do Estado do Rio de Janeiro
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINPLAGE	Sistema de Indicadores para o Planejamento e a Gestão dos Recursos Hídricos
SIRH	Banco de Dados da OECD
SMA	Secretaria de Meio Ambiente

SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SO	Substâncias organolépticas
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SRHSO	Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras de São Paulo
SUVALE	Superintendência de Desenvolvimento do Vale do S. Francisco
ST	Substâncias Tóxicas
THM	Trihalometanos
TQC	Total Quality Control
TQM	Total Quality Management
TRNEE	Table Ronde Nationalde sur l'Environement et l'Economie
TVA	Tennessee Valley Authrity
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ	Unidade Federal do Rio de Janeiro
UFSCAR	Universidade Federal de S. Carlos
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UHE	Usina Hidrelétrica
UNCSD	United Nations Commisision on Sustainable Development
UNDP	United Nations Development Program
UNECE	Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa
UNESCO	United Nations Education Science and Culture Office
UNICAMP	Universidade de Canpinas
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UN POPIN	U.N. Population Information Network
UP	Unidade de Planejamento
UPH	Unidade de Planejamento Hídrico
USEPA	U.S. Environment Protection Agency
USGAO	U.S. Government Administration Office
USP S. Carlos	Universidade de S. Paulo - S. Carlos

WPI	Water Poverty Index (Índice de Pobreza Hídrica)
WQI	Water Quality Index
WSEIO	Grupo de Trabalho sobre Informação e Previsão Ambiental

CAPÍTULO UM

INTRODUÇÃO

*O Tejo desce de Espanha
E o Tejo entra no mar em Portugal
Toda a gente sabe isso.
Mas poucos sabem qual é o rio da minha aldeia
E para onde ele vai
E donde ele vem*

Fernando Pessoa

A pesquisa empreendida se concentra na água como um recurso natural, considerando a sua disponibilidade (no mundo e no Brasil) e as relações que a sociedade brasileira mantém com as bacias hidrográficas em termos de usos, vulnerabilidades e gestão. Sob a ótica do novo modelo de gestão dos recursos hídricos - adotado pelo Brasil com a entrada em vigor da lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 – desenhou-se um SISTEMA DE INDICADORES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS capaz de caracterizar a situação dessas bacias em termos de disponibilidade, usos, vulnerabilidades e gestão.

Esse sistema visa assistir os gestores da bacia na manutenção da sustentabilidade do seu desenvolvimento, permitindo a comparação com metas de planejamento estabelecidas, bem como a determinação de desvios além dos quais tornam-se necessárias medidas corretivas (para mitigação, compensação ou remediação desses afastamentos indesejados).

Após este capítulo introdutório, o Capítulo 2 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS: A SITUAÇÃO PROBLEMA expõe a situação problema, tecendo considerações de ordem geral, que partem da problemática envolvida, contextualizando-a e justificando o tema escolhido, juntamente com o seu recorte. O capítulo se encerra com o enunciado dos objetivos da pesquisa.

Os capítulos 3 e 4 – INDICADORES e INDICADORES DE RECURSOS HÍDRICOS, respectivamente, se propõem a desenhar um esboço do atual estado da arte da construção e uso de indicadores e, mais particularmente, de indicadores de

recursos hídricos, oferecendo um painel sobre o significado e o sentido dos indicadores, sua determinação e emprego. Oferecida essa perspectiva do tema, o Capítulo 4 é dedicado aos indicadores para planejamento e apoio à gestão dos recursos hídricos, inventariando e comentando as diferentes propostas encontradas na bibliografia corrente.

O Capítulo 5 - PROPOSTA DE UM SISTEMA DE INDICADORES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS – apresenta o sistema resultante da pesquisa empreendida. Inicialmente situa os princípios e paradigmas do planejamento e da gestão que serviram de referência para a proposta formulada, discute a estrutura conceitual adotada para esse sistema, reúne os indicadores empregados na bibliografia consultada, apresenta os indicadores selecionados para integrar o sistema proposto e a montagem do sistema em suas representações tabular e gráfica.

Embora parte do ciclo hidrológico, e apesar de sua importância, optou-se por não incluir a água subterrânea nessa análise, em razão da insuficiência de informações sobre os aquíferos, particularmente quanto aos seus comportamentos hidrodinâmicos, sobre as relações com os corpos hídricos superficiais e até mesmo sobre o desempenho de poços tubulares existentes. Como estratégia de abordagem do tema, preferiu-se privilegiar a pesquisa e o desenho de um sistema de indicadores para o planejamento e gestão de águas interiores superficiais de bacias hidrográficas. No futuro, depois de alcançar um melhor conhecimento das águas subterrâneas e o seu emprego no Brasil, será possível agregar os indicadores de água subterrânea como um sub-sistema do sistema principal. Também foram excluídos do recorte indicadores temáticos específicos, de utilização restrita aos setores usuários, tais como os numerosos indicadores empregados pelo setor de saneamento, de irrigação, de geração de energia, entre outros, de grande interesse para cada uma dessas áreas, mas de menor importância para o planejamento e gestão dos recursos hídricos em termos globais.

O Capítulo 6 – APLICAÇÕES reúne os resultados da aplicação do sistema proposto a cinco bacias brasileiras – Jutaí, Tocantins-Araguaia, Paraíba do Sul, Tietê e Verde Grande.

Por fim, o Capítulo 7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES apresenta as conclusões alcançadas com os trabalhos realizados e as recomendações para futuros desenvolvimentos.

CAPÍTULO DOIS

SITUAÇÃO DO PROBLEMA

*Nocturno el río de las horas fluye
Desde su manantial que es el mañana eterno...*

Miguel de Unamuno

2.1. Considerações Iniciais

O homem, desde que se entende como tal, guarda uma relação profunda com a água, recurso natural cuja disponibilidade – em termos de distribuição espacial, abundância/escassez, qualidade e acesso – está desigualmente distribuída pelo planeta e muito longe de ser homogênea ou igualmente acessível a todos os grupos humanos. A civilização maia, cujas pirâmides atestam o estágio de desenvolvimento alcançado, era fortemente dependente das chuvas e um período mais prolongado de seca foi suficiente para levá-la a um colapso de 800 a 900 D.C. (Hodelli et al., 1995). As grandes civilizações antigas se instalaram ao longo dos vales de rios: o Egito mantinha relações de sobrevivência tão diretas com o Nilo, que Heródoto (2001) o chamou de “dádiva do Nilo”¹. Sumérios, babilônios e outros povos se instalaram nas terras delimitadas pelo Eufrates e o Tigre, muito apropriadamente chamadas de Mesopotâmia. Remontando mais, alcançando a alvorada do *Homo sapiens*, constata-se que os mais velhos fósseis de hominídeos habitaram a garganta do rio Olduvai, na Tanzânia e as vizinhanças do Lago Turkana, em terras da Etiópia e Quênia, onde seus vestígios fossilizados foram encontrados (Leakey, 1965).

O Quadro 2.1. apresenta a condição em que a água se encontra no globo terrestre, enquanto o Quadro 2.2 exhibe a distribuição de água doce na Terra. Através dele é possível dar-se conta de que somente 2,66% da água existente neste planeta é doce e que, deste percentual, apenas 23,49% não se encontram na forma de gelo glacial que forma as calotas polares ou neve que capeia o cume das grandes

¹Referindo-se ao Egito, Heródoto escreveu: “..... A maior parte é uma dádiva do Nilo, como dizem os sacerdotes, e foi esta a minha impressão. Parece-me que toda aquela extensão do Egito, situada entre as montanhas e o norte de Menfis era outrora um golfo, como eram os cercanos de Tróia, de Peltrama, de Éfeso e a planície de Meandro.” (Heródoto, História – O relato clássico das guerras entre gregos e persas - Livro 2 – Euterpe. Ediouro, Coleção Clássicos Ilustrados, São Paulo, 2001, pg. 190).



Fonte: NASA

Figura 2.1 – O Rio Nilo e o território egípcio: o delta e as margens do rio são a única feição verde em todo o NE da África e Península do Sinai

montanhas. E se forem desconsiderados os estoques de água subterrânea, armazenados nos poros e fraturas das rochas que formam a crosta terrestre, não restará disponível mais do que 1,57% da água doce existente ou 0,01% de toda a água presente neste planeta Terra!

Quadro 2.1. Condição em que a Água se encontra na Terra

Condição em que a Água se encontra na Terra	Volume (km ³ x 10 ⁶)	% do Volume Total de Água na Terra
Água salgada - nos oceanos	1.347,900	97,33
Água salgada – nos, lagos e mares interiores	105.000	0,01
Água doce (geral)	36,859	2,66
Total	1.384,864	100,00

Fonte: Veltrop, 1991

Quadro 2.2 – Distribuição de Água Doce na Terra

Distribuição da Água Doce na Terra	Volume (km ³ x 10 ⁶)	% do Volume Total de Água Doce	% do Volume Total de Água na Terra
Estoque total	36,859	100,00	2,66
Gêlo Polar e Glacial	28,200	76,51	2,04
Água Subterrânea	8,450	22,92	0,61
Lagos	0,125	0,34	0,01
Solo Úmido	0,069	0,19	-
Vapor da Atmosfera	0,014	0,04	-
Rios	0,001	0,00	-

Fonte: Veltrop, 1991

O Quadro 2.3 oferece uma perspectiva da distribuição da água doce por continente (expressa em termos do escoamento superficial estável – “runoff”) e a demanda (expressa em termos de retiradas em 1980 e em projeções de retiradas para o ano 2000). Através do seu exame, constata-se, já em 1991, um elevado comprometimento na Ásia, América do Norte, Europa e dos territórios que, em 1980, constituíam a URSS. Observa-se, igualmente, a confortável situação da América do Sul, pelo menos quando o levantamento foi feito, quer em termos de disponibilidade quer em termos de comprometimento.

Quadro.2.3 - Disponibilidade e Demanda de Água por Continente

Continente	Disponibilidade Total *	Retiradas em 1980		Retiradas em 2000	
		km ³	%	km ³	%
África	1.905	136,5	7,2	223,0	11,7
Ásia, exceto URSS	2.900	1.506,0	51,9	2.030,0	70,0
Europa, exceto URSS	1.020	351,0	34,4	431,0	42,2
América do Norte	2.380	690,0	29,0	845,0	35,5
América do Sul	3.900	124,0	3,2	235,0	6,0
Australásia/Oceania	495	21,0	4,5	26,5	5,8
URSS	1.410	400,0	28,4	480,0	34,0
MUNDO	14.010	3.229	23,0	4.270,5	30,5

(*) Runoff (porção estável) em km³/ano

Fonte: Veltrop, 1991

Ainda assim é preciso recordar que esses números não refletem a indisponibilização de estoques de água doce pela poluição ambiental nem a

irregularidade desta distribuição no próprio continente: 23% do território latino-americano correspondem a terras áridas ou semi-áridas (Kelman, 2002).

O desenvolvimento tecnológico contribuiu para a redução da mortalidade infantil e aumento da expectativa de vida, o que propiciou, ao longo do Século XX, uma verdadeira explosão populacional. A população humana mundial era estimada, no ano de 2006, em 6 bilhões de almas e a população brasileira, que em 1900 era 17 milhões, chegou aos 50 milhões em 1950 e, na virada do Século XXI, atingiu 170 milhões de habitantes, um crescimento de 1000% em 100 anos.

Apesar dos progressos na redução das taxas de natalidade, China e Índia, os dois países mais populosos do mundo, são exemplos de que até taxas modestas de natalidade se transformam em números dramáticos quando a base populacional é grande: em 1998, a taxa de natalidade anual da China era de 1%, o que significava, em 2002, 12,9 milhões de habitantes a mais por ano. A Índia, com 1 bilhão de habitantes e 1,9% de taxa de natalidade anual, agrega à sua base populacional 19 milhões de habitantes por ano, ou cerca de 50% da população da Argentina em 2002 (Earth Trends, 2006). À medida que a população cresce, aumenta o número de países que enfrentam escassez de água, com as repercussões previsíveis sobre a produção de alimentos, desenvolvimento econômico-social e ecossistemas. E se o crescimento econômico exibido na última década pela China e pela Índia continuar no mesmo ritmo pelos anos vindouros, com a mesma fome por recursos naturais e produzindo uma poluição *per capita* no mesmo nível dos USA, o Worldwatch Institute prevê, em tom de alerta, que serão necessários “dois planetas Terra somente para manter aquelas economias” (Worldwatch Institute, 2006). Segundo essa instituição, a China possui apenas 8% da água doce disponível no mundo para atender às necessidades de 22% da população do planeta e na Índia prevê-se que a demanda de água urbana dobrará até 2025 e a demanda industrial deverá triplicar no mesmo período.

O extraordinário crescimento demográfico da espécie humana se deu simultaneamente com a urbanização. Spengler (1991) salienta o fato de todas as grandes culturas terem nascido em cidades e Wirth (1964) destacou o crescimento das cidades e a urbanização do mundo como dois fatos notáveis dos tempos modernos.

A segunda metade do Séc. XX confirmou a afirmação de Wirth. Aglomerados urbanos passaram a ser cidades e cidades se tornaram metrópoles ou conurbaram-se, formando regiões metropolitanas. O Brasil viu sua população urbana chegar a 80% em

2000 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2001). As cidades são, simultaneamente, unidades geográficas, ecológicas e econômicas; toda a organização das cidades se estabelece com base na divisão do trabalho. A questão social urbana tornou-se, assim, tema relevante, investigado por sociólogos, economistas, urbanistas, geógrafos e outros especialistas com diferentes abordagens (Simmel, 1902; Park, 1916; Oliveira, 1982). A intervenção humana no processo de urbanização mudou a paisagem, afetou o ambiente e concentrou impactos de grandes proporções, especialmente sobre os recursos hídricos e os de natureza sócio-econômica. A Figura 2.4 oferece, através de um diagrama, uma visão sintética do processo de urbanização no Brasil com ênfase nos principais efeitos produzidos sobre os recursos hídricos e permite compreender por que o encaminhamento das questões urbanas requer um tratamento interdisciplinar.

O Brasil conseguiu, de alguma forma, desacelerar a taxa de crescimento demográfico, mas não a urbanização, como demonstram os resultados do Censo 2000 (IBGE, 2001). As periferias e favelas das regiões metropolitanas continuam a inchar a taxas tão altas que impedem o poder público – já ineficiente - de manter uma oferta mínima de infra-estrutura física e social ou articular um desenvolvimento sustentável. Um exemplo dessa situação pode ser encontrado na Região Metropolitana de São Paulo (Consórcio Encibra-Hidroconsult, 2002), cuja expansão ao longo do último século está representada no Quadro 2.4. Esse mesmo padrão se registrou nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre ou Curitiba, para ficar apenas das regiões Sul e Sudeste do país.

Apesar da redução das taxas de crescimento populacional na RMSP como um todo, verifica-se um acentuado aumento dessas taxas nas áreas periféricas, indicando que a expansão urbana prossegue, tendo apenas mudado de localização. É o que acontece no Município de São Paulo, como se pode constatar no Quadro 2.4, onde se verifica uma redução da sua taxa global de crescimento populacional, passando de 1,16% no período 1980/1991 para 0,40% e 0,85% nos períodos 1991/1996 e 1991/2000, respectivamente. Alguns distritos, todavia, registraram taxas muito superiores à do Município, como o Distrito de Cidade Tiradentes, que exhibe taxas de 24,55% (1980/1991) e de 11,06% (1991/1996), sinalizando onde estarão os problemas da RMSP nos próximos anos.

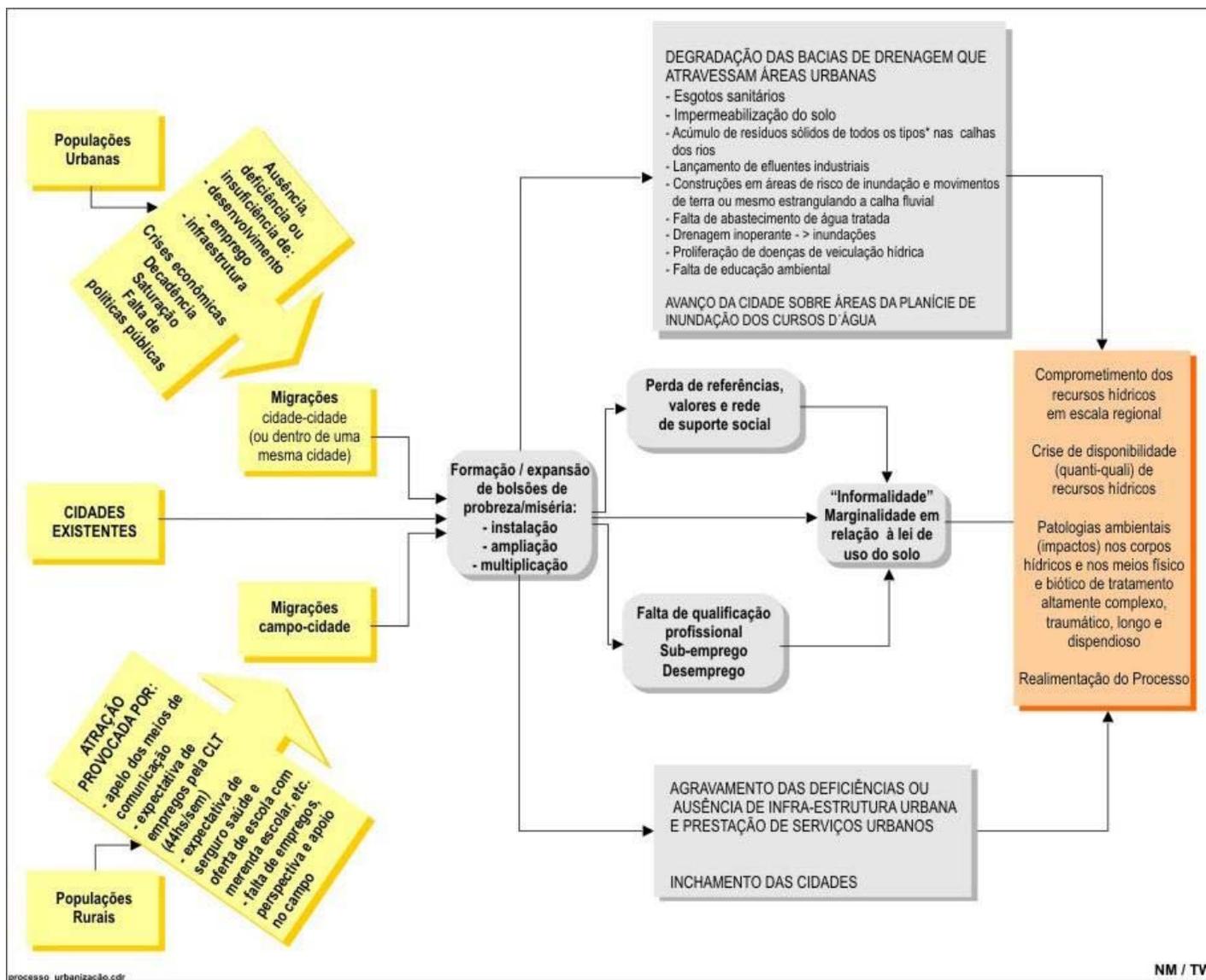


Figura 2.2 - O processo de urbanização no Brasil e seus efeitos sobre os Recursos Hídricos

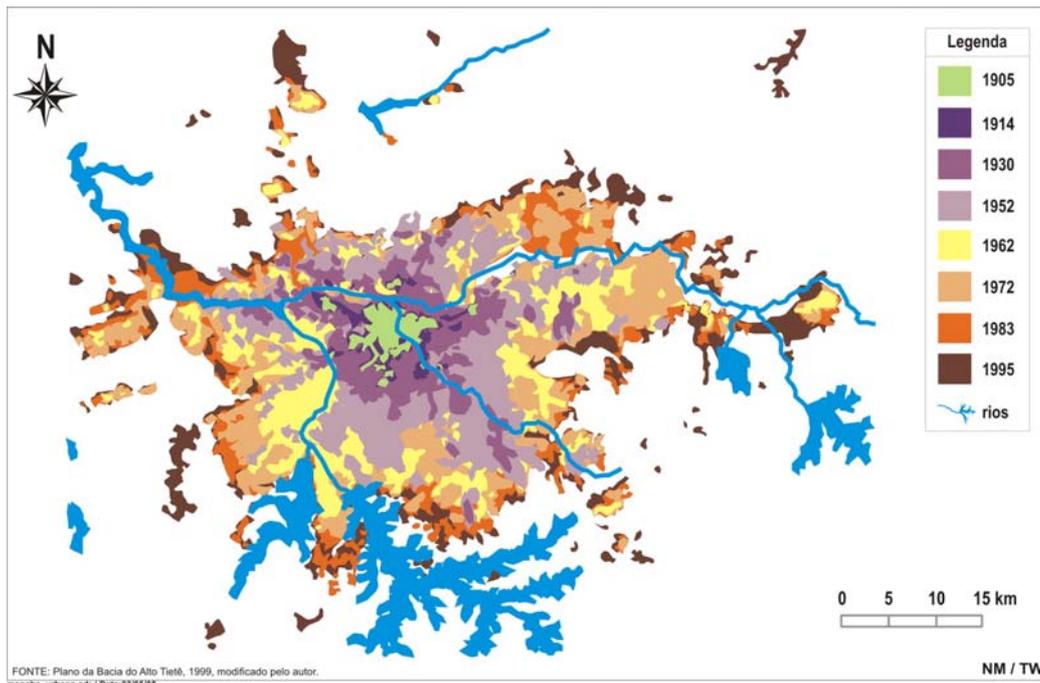


Figura 2. 3 - Evolução da mancha urbana de SP

Quadro 2.4 – Taxas anuais de crescimento demográfico em diferentes distritos do Município de São Paulo

Local	Pop. Res. em 2000 (1.000 hab.)	Taxa de Crescimento Anual (%)				
		1960/1970	1970/1980	1980/1990	1991/1999	1991/2000
Brasil	169.544	2,89	2,48	1,93	1,38	1,61
São Paulo:						
Estado	36.966	3,33	3,49	2,13	1,58	1,76
RMSP	17.833	5,44	4,46	1,88	1,46	1,61
Interior	19.133	1,85	2,60	2,39	1,67	1,91
Município de São Paulo	10.466	4,79	3,67	1,16	0,40	0,85
● Distr. Anhangüera	28,5 ⁽¹⁾			7,95	18,12	
● Distr. Brasilândia	235,3 ⁽¹⁾			1,76	3,14	
● Distr. Jardim Ângela	221,4 ⁽¹⁾			4,70	4,42	
● Distr. Cid. Tiradentes	162,6 ⁽¹⁾			24,55	11,06	
● Distr. Vila Andrade	54,1 ⁽¹⁾			5,93	4,93	

Fonte: Fundação IBGE e Secretaria Municipal de Planejamento de São Paulo, in: Consórcio Encibra-Hidroconsult, 2002 (1) População de 1996

Situação semelhante foi vivida pelo município de Hortolândia, na UGRHI Piracicaba-Capivari-Jundiaí, que passou de menos de 5.000 habitantes em 1979 para mais de 150.000 em 2000 (Carmo, 2001), um crescimento que alcançou cerca de 20%a.a. na década de 70.

Essa urbanização acelerada e precária forma cinturões ou bolsões de miséria em torno das regiões metropolitanas mais ricas, agravados pela ausência de saneamento. É como se esses bolsões fossem campos de refugiados de uma guerra não declarada, que leva muitos brasileiros à exclusão social, ao abandono, na verdadeira guerra em que se transformou a sobrevivência de cada dia.

A urbanização faz o consumo de água crescer enormemente, em parte por conta da distribuição de água encanada, em parte pelo fato de que o crescimento urbano submete os sistemas de distribuição de água potável – antigos e inadequados para atender às novas situações - a uma intensa demanda, que acarreta perdas físicas e perdas de faturamento. Tagnin (2000) destaca o avanço da urbanização sobre as áreas de mananciais, destruindo suas condições de produzir e depurar água, e a importância de se identificar o tratamento dispensado à expansão urbana e administrar os conflitos daí decorrentes.

Mais homens consumindo cada vez mais água *per capita*: com o progresso verificado neste século, o consumo de água *per capita* aumentou proporcionalmente. E desigualmente, já que ele é maior nos países desenvolvidos do que nos subdesenvolvidos. Gleick (1996) considera que, para atender às necessidades básicas de dessedentação e saneamento, são necessários de 20 a 40 l/dia; se forem incluídas as necessidades relativas a cozinha e banho chegar-se-ia a um número entre 27 e 200 l/dia *per capita*. Ele propõe que se adote 50 l/dia *per capita* como padrão para atendimento das quatro necessidades básicas (dessedentação, saneamento, cozinha e banho). Já Falkenmark e Lindh (1993) consideram que uma quota de 100 l/dia *per capita* de água doce representaria uma estimativa aproximada para manutenção de um padrão de vida minimamente aceitável nos países em desenvolvimento². E que dizer de processos industriais que requerem grandes volumes de água para refrigeração, como siderúrgicas e termoelétricas? Da água utilizada na lavagem de carros?

² Não se incluem nesta cifra, o uso de água em irrigação e nas indústrias.

Se mais gente há, mais energia é necessária e mais alimentos devem ser produzidos. E mais fertilizantes, mais agrotóxicos, mais água para irrigação, para dessedentação de animais, para criação de organismos aquáticos. A irrigação é responsável pelo maior consumo setorial de água, respondendo por cerca de 69% de todas as retiradas de água, ficando a indústria com aproximadamente 23% e o uso doméstico com 8% (Shiklomanov, 1993; 1999). Os fertilizantes, onde empregados sem maiores cuidados, contribuem para a eutrofização de corpos hídricos, particularmente de mananciais, assim como o fazem a enorme quantidade de dejetos suínos e avícolas que ingressam nos rios sem tratamento, procedentes de sítios e granjas.

O nível de desenvolvimento econômico de um país pode ser inferido pela quantidade de água que consome. Países em desenvolvimento direcionam quase toda a água utilizada para agricultura: a Índia, por exemplo, usa 90% da água em agricultura. Na África, a captação de água *per capita* para uso pessoal é de 47l/dia; nos USA é de 578l/dia, para o mesmo uso (European Schoolbooks, 1994).

Mais homens consumindo recursos naturais. A ação antrópica nesses 100 anos exauriu recursos naturais não renováveis de muitas áreas do planeta e deteriorou a qualidade dos recursos hídricos, responsabilizando-se por uma redução adicional dos volumes de água doce em condições adequadas de uso, como evidenciam as Figuras 2.4 e 2.5. A primeira, construída pelo autor desta tese, mostra esquematicamente um perigoso quadro evolutivo percebido ao longo do Século XX e se pergunta sobre como serão as relações entre homem e recursos hídricos no Século XXI a partir das tendências constatadas. A segunda, apresentada por Meadows et al. (1992), plota a evolução da produção mundial, poluição, população mundial, produção de alimentos, expectativa de vida, quantidade de recursos naturais disponíveis e produção mundial de petróleo, verificadas desde 1900, e arrisca expectativas quanto projeções para o século XXI, a partir das reservas conhecidas e dos padrões de consumo vigentes.

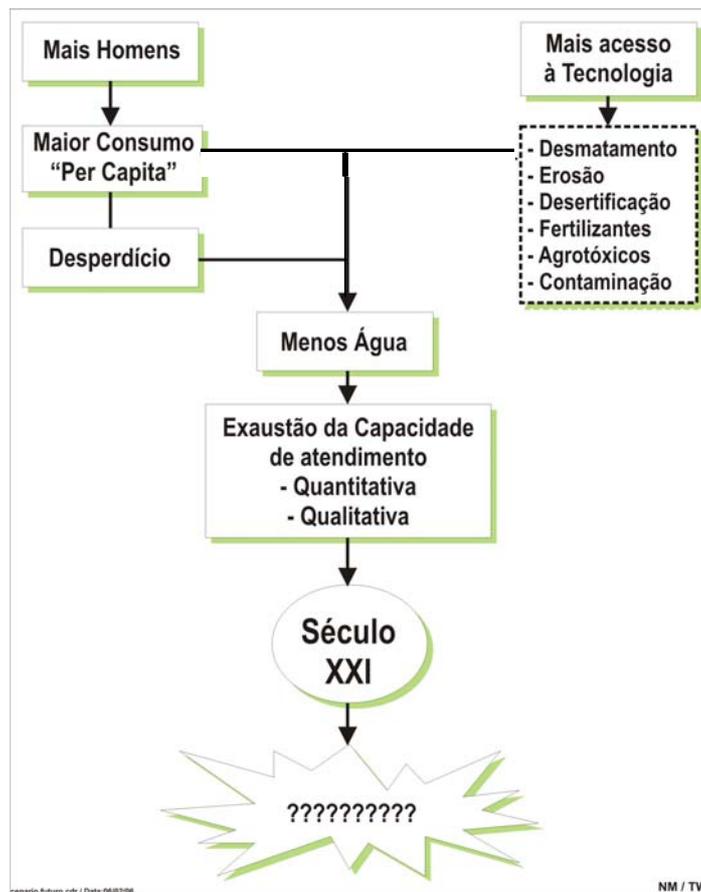


Figura 2.4 – Perspectivas de atendimento futuro das demandas hídras

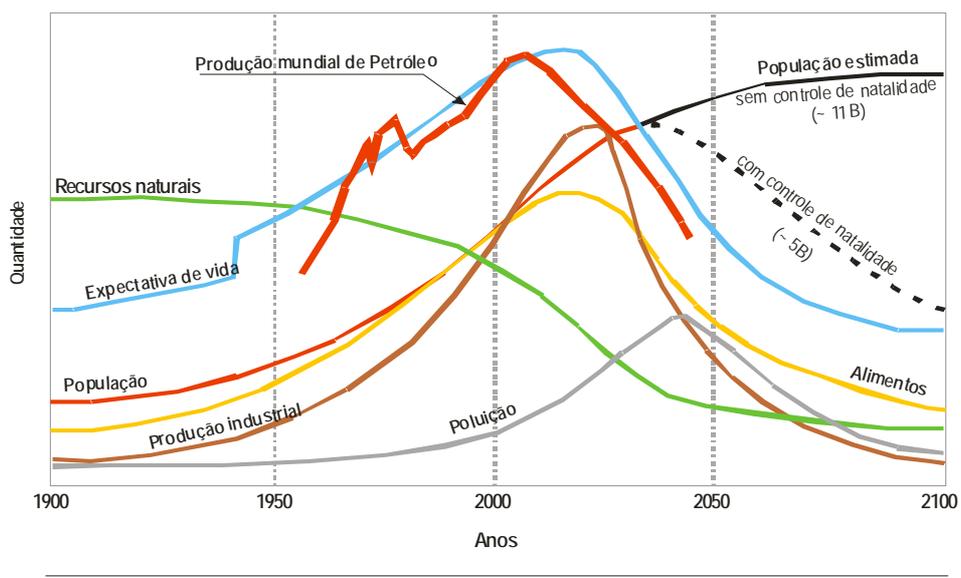


Figura 2.5 – Expectativa de evolução da população, recursos naturais, produção industrial, poluição e expectativa de vida humana no tempo - período 1900-2100 (Meadows et al., 1992)

Mesmo com os riscos inerentes a projeções dessa natureza, a Figura 2.5 alerta quanto à necessidade de uma atitude mais responsável no planejamento e gestão dos recursos naturais.

Os efeitos da ação antrópica, entretanto, não se limitam à poluição pontual decorrente do lançamento de esgotos *in-natura* ou insuficientemente tratados nas cercanias das cidades. Entre outros casos, poderiam ser lembradas as chuvas ácidas na fronteira Estados Unidos – Canadá e na Europa, o uso de pesticidas e, particularmente, o DDT (Carson, 1994), hoje banido. O episódio da água contaminada por cepas letais de algas cianofíceas, que matou numerosos pacientes de hemodiálise em Caruaru, em 1996 (Tundisi, 2003), a presença comprovada de mercúrio, agrotóxicos e lixo nos rios da Amazônia (GMP News, 2004; Agência Brasil, 2006); a produção de $19,7 \times 10^6$ m³/dia de esgotos pelas cidades brasileiras, dos quais apenas $5,1 \times 10^6$ m³/dia são tratados (ANA, 2006); o gerenciamento precário dos reservatórios, cujas complexidades exigem novas abordagens gerenciais que considerem os ecossistemas e as estruturas sócio-econômicas da bacia hidrográfica (Pereira, 2002); as interrupções da captação de água, em cidades do Estado do Rio de Janeiro às margens do rio Paraíba do Sul, a jusante da foz do rio Pomba, por vazamentos de reservatórios, em 2003 e, mais recentemente, na bacia do Rio Muriaé, com as mesmas conseqüências (O Balbi e Freitas, 2006); a disposição inadequada de 21% de todos os resíduos sólidos produzidos no Brasil, além dos 7% que sequer são coletados (ANA, 2006); e os custos crescentes de tratamento de água bruta (Consórcio Encibra-Hidroconsult, 2003) são claros sinais de que também a qualidade das águas mudou muito, e para pior.

Kennedy (1999) destaca que a engenharia de recursos hídricos foi capaz de desenvolver métodos bem sucedidos de gerenciamento de reservatórios para fins de controlar a disponibilidade de água. Lamenta, entretanto, que pouco esforço tenha sido feito para gerenciar com sucesso a qualidade das águas de lagos e reservatórios e lidar com o transporte de sedimentos, nutrientes, acidificação das águas e eutrofização. Pircher (1993), por seu turno, depois de analisar os impactos positivos e negativos das barragens e seus reservatórios, conclui que as barragens devem continuar a ser construídas, mas depois de comprovar-se que atendem aos critérios de viabilidade física, econômico-financeira, ambiental e de aceitação social e política, cujo emprego deve resultar em projetos e gestão de melhor qualidade, especialmente dos seus reservatórios.

Mais homens com acesso indiscriminado à tecnologia: mais destruição de mananciais, de aquíferos, mais contaminação química e biológica dos cursos d'água, aquíferos subterrâneos e reservatórios. Menos água com condições de consumo pela sociedade.

Mais homens dividindo (cada vez mais desigualmente) menos água aproveitável: essa perigosa inequação fez soar sinais de alerta nas nações que dispõem de agências e órgãos de pesquisa com capacitação para monitorar as questões relativas à água na Terra e as mudanças climáticas globais. Aumento da vulnerabilidade a secas, sinalização de limites de atendimento às demandas d'água por vários países em um futuro não muito distante, conflitos decorrentes das diferentes necessidades dos vários usuários, ameaças de uso da força entre grupos de interesse opostos, estados ou mesmo nações, foram alguns indícios/previsões detectados ou formulados nas décadas de 70 e 80, dos quais são exemplos a seca que se abateu sobre as Ilhas Britânicas em 1976;³ disputas e temores entre Turquia, Síria e Iraque sobre o uso das águas do Rio Eufrates³ (Kohen, 1996, Villiers, 2002) e entre o Egito e a Líbia por conta do projeto líbio de extração de água subterrânea próximo à fronteira egípcia (Villiers, 2002); a “seca endêmica” que esgota e consome os povos africanos que habitam a região conhecida como Sahel, no centro da África; as enormes perdas volumétricas no Mar de Aral e as conseqüências econômicas e sociais resultantes dos projetos soviéticos de desenvolvimento regional (desertificação, doença, miséria e disputas regionais entre as antigas repúblicas soviéticas banhadas pelos rios Amur Darya e Syr Darya), que deveriam transformar as planícies desses rios em extensas plantações irrigadas de arroz e algodão (Campos, 2005).

O crescimento populacional no mundo, que abriga hoje uma população superior a 6 bilhões de seres humanos, e que poderá chegar a 8 bilhões em 2025; o desenvolvimento tecnológico com a geração de resíduos de toda natureza e diferentes graus de toxicidade; sociedades que se preocupam em produzir e consumir, mas se esquecem de criar infra-estrutura capaz de suportar os novos padrões de consumo; o extraordinário crescimento das cidades, o esvaziamento das áreas rurais: todos esses movimentos político-econômico-sociais do Século XX fizeram a água migrar da condição “abundante e limpa” para “escassa e poluída” em muitos países.

³O Projeto Sudoeste da Anatólia, na Turquia, é um dos maiores projetos de irrigação e geração de energia do Oriente Médio. Inaugurado em 1992, quando concluído, deverá desviar aproximadamente 15 bilhões de metros cúbicos por ano de água do rio Eufrates para canais de irrigação em território turco. A Síria também planeja tomar 13 bilhões de metros cúbicos por ano, deixando bem pouca água para os agricultores iraquianos, localizados a jusante.

No Brasil, país de dimensões continentais, estão localizadas algumas das maiores bacias hidrográficas do mundo e, não por acaso, cerca de 90% de energia elétrica produzida tem origem hidráulica; essa enorme disponibilidade levou o povo brasileiro a encobrir o desperdício e o uso predatório com a capa da abundância e a justificar essa conduta introjetando a idéia de que a água era um bem invulnerável, ao qual todos podiam e poderão ter sempre acesso ilimitado. O racionamento de energia elétrica (Bardelin, 2004) imposto em 2001 a todo o país por 8 meses adverte que os tempos são outros, sublinha o caráter extremo, verdadeiramente emergencial, das medidas então adotadas pelo governo e mostra o quanto se tem menosprezado o planejamento e a gestão dos recursos naturais no Brasil.

Tomando esse último caso como emblemático, as seguintes observações podem ser extraídas do Relatório Final da Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica (Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica, 2001), constituída para explicar as razões da crise energética que obrigou o Governo a adotar o racionamento de energia em 2001:

- A probabilidade de déficit de energia para 2000 poderia ser estimada, em Novembro de 1999, em 14%⁴. Essa vulnerabilidade poderia ter deflagrado medidas preventivas, pelo MME, já em Novembro de 1999.
- “A hidrologia desfavorável precipitou uma crise que só poderia ocorrer, com a severidade que ocorreu, devido à interveniência de outros fatores. **A hidrologia adversa, por si só, não teria sido suficiente para causar a crise.**”
- “Houve desequilíbrio entre oferta e demanda na partida da implementação do novo modelo para o Setor”.
- A energia não aportada ao sistema devido à combinação do atraso da geração programada e à não implementação das novas usinas previstas para o período teria evitado o racionamento em 2001
- “O fator principal para o insucesso das iniciativas governamentais para amenizar a crise, em particular o PPT, **foi a ineficácia da gestão intragovernamental. Houve falhas na percepção da real gravidade do problema e de coordenação, comunicação e controle**

(Brasil. Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica, 2001, pg. 11)

⁴ A probabilidade aceitável, segundo o relatório citado, seria 5%.

E da escassez passa-se abruptamente ao excesso.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) tem visto, na última década, o problema das cheias tornar-se recorrente e alcançar proporções críticas, com perdas materiais, paralisação da cidade e outros transtornos (Silva et al., 2001; Comissão Especial de Estudos sobre Enchentes da Câmara Municipal de S. Paulo 1995).

As inundações que têm lugar na RMSP, sempre que chuvas mais intensas atingem, traduzem de forma dramática a sua vulnerabilidade. Elas marcam o coroamento do processo de crescimento (inchamento?) urbano, uma resposta natural aos múltiplos fatores desconsiderados ao longo dele, especialmente os ambientais. As inundações têm crescido em intensidade, frequência e, por via de consequência, em seus efeitos indesejáveis: todo o ano mais de 20 enchentes paralisam a cidade. Se a expansão da RMSP prosseguir – e tudo indica que isso acontecerá não apenas em São Paulo mas também em todas as metrópoles do País – então será preciso repensar como os governos administrarão as relações com os corpos hídricos e, particularmente, a questão da drenagem urbana, considerando todos os aspectos envolvidos, desde as causas primárias até os mecanismos indiretos de agravamento, sem deixar de passar pelas intervenções estruturais e as ações não estruturais associadas à questão.

E sem um correto equacionamento das questões ambiental e urbanística, sabe-se bem, não pode haver um correto tratamento da drenagem urbana. A este quadro somam-se as inúmeras obras de saneamento e drenagem construídas imprópriamente; o lançamento clandestino de esgotos nas galerias pluviais, que satura a capacidade das mesmas e acaba por levá-las ao extravasamento ou ao rompimento e à contaminação das ruas. Não é mais compreensível que prossiga o desmatamento e a impermeabilização da mancha urbana sem medidas mitigadoras ou compensatórias, a ocupação indiscriminada das várzeas e o lançamento de toda a sorte de detritos nas calhas dos cursos d'água. Permite-se ações que, de um lado, aumentam o escoamento superficial e, do outro, obstruem o sistema de drenagem (construído ou natural). Depois, as manifestações de surpresa quando as enchentes ocorrem e as lamentações de sempre.

O problema de inundações não é restrito à maior região metropolitana do país. A região metropolitana do Rio de Janeiro também enfrenta recorrentemente, nos meses de Dezembro a Março, problemas semelhantes provocados por chuvas

torrenciais que resultam em escorregamentos de taludes, rios que extravasam de suas calhas, toda a sorte de detritos arrastados pelas enxurradas, entupimento de galerias pluviais, planícies de inundação urbanizadas cobertas pelas águas dos rios, perdas de propriedade, transtornos de toda a sorte e até perdas de vidas humanas. Os habitantes do Rio de Janeiro, Niterói, Baixada Fluminense e região serrana do Estado do Rio ainda guardam em suas memórias as calamidades de 1967 (200 mortos; 25 mil desabrigados), 1971 (50 mortos), 1988 (300 mortos, 22 mil desabrigados), 2001 (1500 desabrigados em todo o estado), 2003, e 2006 no Rio de Janeiro; 1988 e 2004, em Petrópolis, para lembrar as ocorrências mais importantes (O Globo, 2006).

Com o objetivo de reduzir esses impactos e permitir um melhor planejamento de ocupação do espaço urbano, em harmonia com os processos naturais do ciclo hidrológico, a Associação Brasileira de Recursos Hídricos apresentou, em documento denominado Carta de Recife (Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 1995), um conjunto de recomendações de ações, exortando as cidades brasileiras a priorizarem a definição dos seus Planos de Drenagem Urbana, em consonância com o Planejamento Urbano, focados no controle de enchentes na várzea ribeirinha e no aumento da inundação devido à urbanização, além da priorização de medidas não estruturais no controle da inundação dessas várzeas ribeirinhas. Três iniciativas básicas são ali indicadas: zoneamento das áreas de risco; previsão em tempo real e seguro contra enchentes; e a observância de um conjunto de sete princípios para controle de enchentes devidas ao processo de urbanização. Entretanto, apenas muito recentemente, as recomendações da ABRH foram adotadas na administração pública. A Região Metropolitana de São Paulo, com uma área urbana de cerca de 1.500 km², que talvez apresente os mais sérios problemas de drenagem, está finalizando o seu primeiro plano de macrodrenagem, dentro dos novos conceitos propostos pela ABRH. Outros municípios da Grande São Paulo como Santo André e São Bernardo e alguns do interior, como Piracicaba, também estão iniciando seus planos de macrodrenagem, todos ainda em estágios iniciais.

Cheias não são situações exclusivas de regiões metropolitanas. A questão das cheias está entre as mais prementes da bacia do rio Doce (Maranhão, 2005) pelas proporções que têm assumido, pelo rastro de problemas sociais que deixa e pela vulnerabilidade que a bacia apresenta a esses eventos extremos recorrentes, agravados, ano após ano, pelo desmatamento, por ações antrópicas que deflagram processos erosivos e por conta da ocupação indevida do solo urbano. Não por acaso, uma das primeiras Câmaras Técnicas constituídas no âmbito do CBH Doce foi a de

Gestão de Cheias - CTGC (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – CBH Doce, 2005b).

Cheias foram registradas nessa bacia em 1979, 1981, 2003, 2004 (Maranhão, 2005) e em 2006. Em fevereiro de 1979 chuvas frontais de longa duração e forte intensidade atingiram grande parte da bacia do rio Doce, dando origem à cheia de maior magnitude registrada até a época. O Grupo de Trabalho Cheias do Rio Doce⁵ instituído pelo CBH Doce (CBH Doce, 2005a), apresentou um relatório em que encaminhou um conjunto de propostas organizadas nos seguintes grupos: medidas estruturais, medidas não estruturais; recomposição da cobertura vegetal e controle de erosão; sistema de alerta contra enchentes; ações políticas; educação ambiental; e defesa civil. Um Sistema de Alerta Contra Enchentes já se acha implantado na bacia e atende, atualmente, 16 municípios, mediante uma parceria entre a CPRM, IGAM e ANA (ANA/CPRM/IGAM, 2004)⁶.

A tendência atual, no tratamento do problema das inundações, é desenvolver e implementar uma combinação de intervenções estruturais e não estruturais, com o intento de conciliar as funções de condução e de armazenamento do sistema de drenagem com o espaço disponível e as necessidades relacionadas com a expansão urbana, por meio de ações ordenadas envolvendo as atividades de planejamento, projeto, implantação, operação e manutenção.

De novo, uma questão de planejamento e gestão...

Apesar disso – ou por isso mesmo - prefeitos e ministros se surpreendem quando chuvas caem, enchentes cobrem bairros inteiros e interrompem serviços públicos, provocam danos patrimoniais, econômicos, à saúde de seus habitantes e, às vezes, se fazem acompanhar da perda de vidas humanas. Esquecem-se de que, durante décadas, essas situações foram meticulosamente engendradas, com a destruição das várzeas e o estreitamento/assoreamento dos canais dos rios e córregos que atravessam as cidades; pela ocupação desordenada dos terrenos, ao arrepio das leis; pela instalação de obstáculos de natureza diversa em seus cursos; por lixo e detritos de toda a natureza que entulham suas calhas. Intencionalmente ou não, deixam de lembrar-se de que a ganância imobiliária impermeabiliza o solo urbano

⁵O Grupo foi constituído inicialmente pelos seguintes órgãos e entidades: IEMA, Escola Agrotécnica Federal de João Evangelista, PM de Linhares, SANEAR, SAAE de Governador Valadares, Movimento Pró-RioDoce, CBHCaratinga, IGAM, CPRM, COMDEC de Governador Valadares, EMATER e Unidade da ANA em Governador Valadares.

⁶ANA/CPRM/IGAM, Sistema de alerta contra enchentes da bacia do Rio Doce - Relatório Técnico do Período de Operação de dezembro de 2003 a março de 2004. Belo Horizonte, CPRM, 2004

com asfalto, cimento e concreto, solo que antes desempenhava a função de superfície natural de infiltração e escoamento superficial, e naturalmente atenuava os efeitos de chuvas fortes. Não se recordam de que as galerias pluviais, além de não receberem a manutenção adequada, são sobrecarregadas com ligações clandestinas dos esgotos dos prédios vizinhos que a certeza da impunidade estimula. Por desinteresse ou populismo, não são capazes de oferecer soluções efetivas e eficazes para a questão da habitação popular e permitem que as leis de uso do solo sejam ignoradas.

As duas últimas décadas encarregaram-se de impor à sociedade brasileira um rudimento de consciência ambiental. Um complexo sistema de licenciamento e controle ambiental foi montado nos níveis estadual e federal e, sem dúvida, algum progresso foi feito, embora sua eficácia esteja muito aquém do necessário. Dispõe-se de uma legislação bastante avançada, mas ainda falta muito discernimento na sua aplicação. A prova dessa contradição está no estado dos rios que cortam as metrópoles: poluídos, agonizantes, desprovidos de mata ciliar, com as várzeas ocupadas, prontos a extravasar de suas calhas a qualquer pancada de chuva.

Tantas dúvidas, tantas ameaças delineadas pelas tendências projetadas, tantos riscos. Tão pouca esperança, agravada pela poluição dos oceanos e da atmosfera (que participam do ciclo hidrológico e provocam as mudanças climáticas globais) levaram os países à I Conferência Mundial das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento em Estocolmo, em 1972 e, subsequentemente, à Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, no Rio de Janeiro, também conhecida por ECO-92, e à II Conferência Internacional sobre a Água e o Meio Ambiente, em Dublin.

Em seguimento à Conferência de Estocolmo (1972), as Nações Unidas realizaram no Rio de Janeiro a Conferência sobre o Ambiente Humano (também conhecida como ECO 92) na qual foi adotada a Agenda 21 e proclamada a Declaração do Rio de Janeiro.

A Declaração do Rio de Janeiro reafirma a de Estocolmo, propõe que sejam usados novos níveis de parceria entre estado, setores da sociedade e o povo em geral e reconhece a natureza integral e interdependente da Terra. Vinte e sete princípios foram proclamados, dos quais os seguintes se destacam pela aplicação direta à presente discussão:

Princípio 1 – seres humanos estão no centro das preocupações quanto ao desenvolvimento sustentável;

Princípio 2 – os países devem evitar causar danos ao ambiente de outros países (aplicável a aquíferos e águas transnacionais);

Princípio 7 – estados cooperarão para conservar, proteger e estabelecer a saúde e a integridade do ecossistema terrestre (rios, lagos e aquíferos fazem parte dele);

Princípio 16 – prevê o uso da abordagem poluidor-pagador;

Princípio 25 – paz, desenvolvimento e proteção ambiental são interdependentes e indivisíveis.

A Agenda 21,

“é um programa de ação, baseado num documento de 40 capítulos, que constitui a mais ousada e abrangente tentativa já realizada de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica”.

(United Nations Organization, Agenda 21. New York. United Nations, 1992,)

Nela, um “documento consensual para o qual contribuíram governos e instituições da sociedade civil de 179 países num processo preparatório que durou dois anos e culminou com a realização da Conferência” (United Nations Organization, 1992) dois capítulos inteiros são dedicados às águas: os de número 17 (Proteção dos oceanos, de todos os tipos de mares e das zonas costeiras) e 18 (Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos, aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos). No item 18.2 desse documento, é reconhecido que *a água é necessária em todos os aspectos da vida*. E esta, por sua vez, é, no dizer de Morin (2001), “*também um agente da física terrestre*” (Morin, 2001, pg. 28)

Neste capítulo 18 destacam-se os programas apresentados na Tabela 2.1.

Em 1977, na Conferência das Nações Unidas sobre Água Segura e Saneamento, patrocinada pela ONU, aprovou-se a Década Internacional do Fornecimento de Água Potável e do Saneamento, lançada em 1981. Mesmo com

metas modestas (fornecer água potável segura e saneamento para áreas urbanas e rurais mal servidas até 1990) e com o progresso econômico verificado no período, seus resultados ficaram aquém das expectativas.

A necessidade de fornecer, em base sustentável, acesso à água potável “em quantidade suficiente e saneamento para todos”, enfatizando a abordagem de algum para todos em vez de mais para alguns foi incluída na Declaração da Nova Delhi (Reunião Consultiva Mundial sobre Água e Saneamento para a Década de 1990).

Logo após a realização da ECO 92, o Banco Mundial “(1993) reconhecia que:

“Os recursos hídricos têm sido uma das mais importantes áreas de empréstimo do Banco durante as três décadas passadas. Através de seu apoio para investimentos em irrigação, abastecimento de água, saneamento, controle de cheias e hidrelétricas, o Banco tem contribuído para o desenvolvimento de vários países e ajudado a proporcionar serviços essenciais para muitas comunidades. Todavia, como apontado em relatórios do Departamento de Avaliações de Operações, os investimentos apoiados pelo Banco nessas áreas têm, freqüentemente, encontrado problemas de implementação, operacionais e sociais. Subjacente a esses problemas existe um círculo vicioso de serviços de baixa qualidade e não confiáveis que resultam em consumidores relutantes em pagar, que geram, por sua vez, fundos de operação inadequados e posterior deterioração desses serviços. Além disso, o Banco e os governos não têm levado, suficientemente em conta, aspectos ambientais na gestão do recursos hídricos.”

(World Bank, 1993, p.9)

As dificuldades encontradas nos projetos apoiados pelo Banco refletem um grande conjunto de problemas percebidos na gestão dos recursos hídricos (World Bank, 1992). A água é um recurso cuja escassez vem aumentando e requer cuidadosas gestões econômica e ambiental.

Tabela 2.1 – Programas da Agenda 21 – Capítulo 18

Programa da Agenda 21 (Art. 18)	Objetivos Gerais e Diretrizes
A. Desenvolvimento e gerenciamento integrado dos recursos hídricos	Satisfazer as demandas hídricas, em contexto de desenvolvimento sustentável. Promover a gestão integrada dos recursos hídricos como parte integrante dos ecossistemas bem social e econômico, cuja quantidade e qualidade condicionam a sua utilização.
B. Avaliação dos recursos hídricos	Avaliar e prognosticar a quantidade e qualidade dos recursos hídricos, estimar o volume desses recursos, estudar alternativas de abastecimento, determinar as condições de qualidade: prever conflitos eventuais: proporcionar base científica de dados para a sua utilização racional.
C. Proteção dos recursos hídricos da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos	Manter a integridade dos ecossistemas e protegê-los da degradação. Proteger a saúde pública, assegurar água potável livre de elementos patogênicos e combater os vetores de enfermidades no meio aquático. Desenvolver recursos humanos para controle da qualidade das águas.
D. Abastecimento de água potável e saneamento ambiental	Proteção do meio ambiente e da saúde mediante a gestão integrada dos recursos de água e dos despejos líquidos e sólidos.
E. Os recursos hídricos e o desenvolvimento ambiental	Gestão ambientalmente racional dos recursos hídricos destinados a utilização urbana com identificação e aplicação de estratégias e medidas que permitam o abastecimento de água, a um preço acessível, para as necessidades atuais e futuras, assim como reverter as tendências atuais de degradação e esgotamento desses recursos.
F. Os recursos hídricos para a produção de alimentos e para o desenvolvimento rural sustentável	A água deve ser considerada um recurso finito e com valor econômico. As comunidades locais devem participar da gestão da água, em especial as mulheres, em razão de suas atividades cotidianas. A gestão da água deve considerar políticas de: I) saúde humana; II) produção, conservação e distribuição de alimentos; III) planos de atenuação dos desastres naturais; IV) proteção do meio ambiente e conservação dos recursos naturais.
G. Repercussões das mudanças climáticas nos recursos hídricos	Aprofundamento das informações disponíveis.

Fonte: Barth, 1996

Em particular, três problemas necessitam ser mencionados (World Bank, 1992):

- Programa de investimentos públicos fragmentados e gerenciamento por setores, que têm falhado no sentido de levar em conta as interdependências entre agências, jurisdições e setores;

- Excessiva confiança das agências governamentais, que têm negligenciado a necessidade de responsabilidade financeira, de fixar preços a partir de avaliações econômicas, e de participação dos usuários bem como têm deixado de efetivamente providenciar serviços para as populações mais pobres; e
- Investimentos públicos e regulamentações que têm negligenciado a qualidade da água, a saúde e as questões ambientais.

Na Declaração dos Objetivos do Milênio, editada pelas Nações Unidas, destaca-se a meta de, até 2015, reduzir à metade o número de pessoas sem acesso a água potável. Se for levado em conta, como parece certo, de que os aumentos populacionais serão concentrados nas grandes cidades/regiões metropolitanas dos países em desenvolvimento (Calcutá, Mumbai, Jakarta, São Paulo, Rio de Janeiro, México, Santiago, etc.); um esforço formidável vai ser necessário. Segundo Michel Camdessus (2002), isso obrigará a investimentos anuais de US\$ 180 bilhões até 2015. E a comunidade mundial ainda não encontrou nem tem idéia de onde virão tais recursos!

Kelman (2002), manifestou suas preocupações com a urbanização na América Latina e seus impactos sobre as condições de saúde, segurança e saneamento. Destacou que, em qualquer caso, os investimentos deverão ser avaliados pela sua eficácia e que a gestão da demanda deverá procurar a eficiência. Hashimoto (in Maranhão e Assae, 2004), destacou as seguintes estimativas:

- Em 2025, 3,5 bilhões de pessoas não terão acesso a água potável;
- Hoje, 2,5 bilhões não têm instalações sanitárias;
- Presentemente, 5 a 10 milhões de pessoas estão morrendo por ano em decorrência de problemas relacionados com água;
- A maioria das pessoas que enfrentam dificuldades relacionadas com o acesso à água vivem em países em desenvolvimento.

A primeira conclusão a respeito do que se expôs no parágrafo precedente é de que a água deixa de ser associada à condição de bem de uso irrestrito a todos os seres humanos e que um conjunto vigoroso de ações deve ser empreendido em cada país para protegê-la, recuperando sua qualidade (onde esta se deteriorou) ou evitando que ela se degrade (onde ainda se mantém em conformidade com os padrões estabelecidos, apesar das ameaças a que se encontra exposta), adequando-a aos diferentes usos e compatibilizando as disponibilidades com as demandas.

Subjacente aos fatos apontados neste rápido percurso ao longo das preocupações que ocupam pesquisadores, cidadãos, administradores públicos, empresários e políticos, está **a urgente necessidade de uma efetiva GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**. Passados 10 anos da promulgação da lei 9.433, um avanço significativo pode ser reconhecido. Os instrumentos previstos na lei vão sendo regulamentados e aplicados, CBHs vão sendo formados e uma crescente consciência da importância de recuperar e conservar os recursos hídricos vai sendo forjada na sociedade brasileira.

Mas muito falta ainda. A gestão participativa e descentralizada ainda está longe de alcançar um ponto de equilíbrio (Johnsson e Lopes, 2003; Johnsson e Kemper, 2005). Continua a haver uma disputa, visando a ocupação de espaços institucionais, por parte dos setores de representação que fazem parte dos CBHs, CRHs e do CNRH, com invasões de competências, dispersão de esforços, concepções equivocadas dos próprios papéis e dos demais atores.

No caso do Brasil, a falta de políticas ambientais e urbanas sustentadas, com planejamento fundado na realidade, conferiram ao Estado uma incapacidade de prever e prevenir, cuja única opção remanescente consiste em responder com atraso e precariamente às situações críticas que se instalam, na maioria das vezes com custos sociais, ambientais e financeiros elevados. A inexistência de políticas públicas provoca a ausência de ações coordenadas de gestão, levando a administração pública a atuar de modo reativo em vez de proativamente; a intervir de forma remediativa (às vezes empregando remédios muito amargos) em vez de preventivamente (antecipando-se à instalação de situações críticas). A imprevidência é o lugar comum: afinal, administradores públicos ocupam seus cargos por cerca de um quadriênio, ou menos, e tomam decisões cujos eventuais efeitos perversos só serão sentidos décadas mais tarde. Planos e prioridades são trocados à menor dificuldade, resistência, incompreensão ou manifestação de voluntarismo, como o vento muda de direção e de intensidade, não permitindo, deste modo, que os efeitos esperados se produzam no devido tempo, desperdiçando recursos orçamentários, cujas escassez e/ou restrição de uso são, paradoxalmente, sempre lamentadas. E quando os prazos ou os recursos financeiros já não são suficientes, comprometendo o plano de atendimento às

demandas sempre crescentes, o racionamento se apresenta como uma inevitabilidade⁷.

Por último, o formidável “imbróglio” institucional (Campos, 2005), onde os poderes e competências dos entes federados (estados, municípios e União) estão longe de se integrarem harmoniosa e articuladamente. A Constituição Federal de 1988 (Brasil, Congresso Nacional, 1988) estabeleceu a complementaridade de competências, através da qual nenhum órgão será mais o único responsável por uma área de atividade ou setor do governo, princípio que tem produzido situações de difícil superação, que obrigam a um diálogo longo e permanente entre os participantes do processo de gestão dos recursos hídricos de uma bacia. Exemplo notável é a lei de uso do solo (de competência municipal) e suas interseções com a lei de recursos hídricos (estadual ou federal, conforme a dominialidade do rio) e o Plano de Recursos Hídricos da bacia. À União (ou ao Estado, conforme a categoria do rio) compete as águas; aos municípios, o solo. Assim, ao legislarem sobre o solo de forma unilateral, desconsiderando os reflexos sobre o ambiente, os municípios comprometem o uso das águas (estaduais ou federais). Enquanto se discute e se busca um denominador comum, favelas multiplicam-se nas várzeas e resíduos se amontoam nas margens e nos álveos, agravando o estado de saúde dos rios e das populações que vivem às suas margens.

O mundo sofreu grandes transformações ao longo do Século XX. O Brasil tenta acompanhar essas mudanças que seguem um padrão com origem exógena e possuem como Norte a Declaração de Dublin e a Agenda 21. Desde a segunda metade da década de 80, vêm sendo feitos esforços para implantação de um sistema de gestão integrada de recursos hídricos, inicialmente no Estado de São Paulo e, em seguida, em nível federal, a partir da promulgação da lei 9.433. Ainda há, porém, um longo caminho a ser percorrido até a modelagem completa e implantação plena de um sistema de gestão integrada de recursos hídricos que seja, entre outras características:

- dinâmico, capaz de evoluir à medida que for interagindo com diferentes realidades;
- participativo, porém sem ser corporativo ou fragmentado;

⁷ O racionamento pode ser uma medida de gestão, quando adequadamente elegida, planejada e operacionalizada. Na maioria dos casos, é aplicado como medida remediativa extrema, atestando a inexistência de políticas públicas ou a falta de uma gestão racional dos recursos envolvidos.

- veloz no processo de discussão, decisão, informação e intervenção;
- simples e abrangente (cobrindo todos os aspectos que realmente interferem com os recursos hídricos);
- eficiente e eficaz na aplicação dos instrumentos de gestão, moldando-os à realidade existente e às transformações desejadas/consensadas
- integrado e articulado (reconheça e trabalhe o fato de que os recursos hídricos constituem um aspecto que influencia e é influenciado por outros fatores subordinados à administração pública).

Um dos encontros internacionais voltados para a questão hídrica foi o X Congresso Mundial sobre a Água, sob a égide da International Water Resources Association (International Water Resources Association, 2000). Ele deu origem à Declaração de Melbourne, intitulada “O Desafio de Compartilhar e Cuidar da Água do Mundo”, que se constitui em um importante registro da “urgência” requerida “para equilibrar as demandas competitivas por recursos hídricos limitados em um mundo crescentemente sedento”⁸.

Está claro que não se pode esperar mais que privilégios vigorem “*ad aeternum*” em detrimento dos interesses da sociedade ou que concessões de uso possam desconhecer o interesse comum. Novas formas de administrar, compartilhar, usar e proteger os recursos hídricos precisam ser estabelecidas, sempre objetivando tirar o melhor proveito desse bem.

A declaração de Melbourne destaca que

“Durante a última década, novas tendências surgiram e se intensificaram. A “globalização” econômica e institucional já está afetando o uso das águas e as práticas gerenciais tanto em países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento. O aumento do comércio de produtos industrializados e agrícolas, a globalização de investimentos e mercados financeiros, a privatização de sistemas de abastecimento de água, e os avanços nas telecomunicações, informação e biotecnologia estão começando a alterar as formas atuais de demanda e suprimento de água. Novos sistemas de gerenciamento poderão ser necessários para lidar com esse complexo novo mundo em

⁸ No original: “urgency of balancing competing claims to limited water resources in an increasingly thirsty world.”

rápida transformação, mas esses sistemas ainda não estão mais que pobremente explorados até agora.

Neste contexto, o tema do congresso - "Compartilhar e Cuidar da Água do Mundo" – ganha um significado adicional como catalisador para a mudança de atitudes e práticas de gerenciamento e conservação de água".

(International Water Resources Association. Melbourne Declaration. Melbourne: IWRA, 2000)

Há, pois, necessidade de uma abordagem inovadora, que considere todos os fatores envolvidos e englobe todos os órgãos públicos que direta ou indiretamente mantêm relações com o problema, debaixo da coordenação de uma organização focal, dotada de forte poder de articulação. Trata-se de um enorme esforço, haja vista o escopo dos problemas arrolados e o retrospecto de enfrentamento dos problemas discutidos nos parágrafos anteriores deste capítulo.

A gestão dos recursos hídricos é, sem dúvida, a grande questão sobre a qual vêm crescentemente se debruçando a comunidade acadêmica, as ONGs, as agências governamentais e as agências internacionais e que pode ser assim sintetizada: como criar e operar um sistema de gestão de recursos hídricos dotado de (i) visão de futuro, (ii) participação social, (iii) compromisso com a sustentabilidade ambiental do desenvolvimento humano e (iv) transparência.

Neste cenário, o autor acredita que uma contribuição de interesse pode ser oferecida estudando-se o processo de desenvolvimento das bacias hidrográficas e construindo-se um sistema de indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos das mesmas. Suas observações pessoais sugerem que as bacias têm um padrão de desenvolvimento vinculado a uma vocação (dada pelo conjunto de recursos naturais de que é dotada) e pelos padrões de uso e ocupação de seu território (estabelecido pelas sociedades que nela se instalaram e vivem) e cumprem trajetórias únicas, que se manifestam de forma particular em função da interação entre forças naturais indutoras e o metabolismo sócio-econômico-cultural das sociedades que ali vivem.

Chega-se, assim, ao primeiro recorte do tema. E a questão básica associada pode ser formulada nos seguintes termos:

1. Como estabelecer um sistema de indicadores para planejamento e a gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica ?

A ela juntam-se mais três questões complementares, como a seguir se enumera:

2. Que indicadores têm sido considerados na descrição de processos que ocorrem em bacias hidrográficas e qual a sua aplicabilidade para o tema em exame?
3. Que indicadores deveriam fazer parte de um Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de uma Bacia Hidrográfica?.
4. Como deveria ser estruturado esse Sistema?

2.2. Justificativa

Escassez crescente de água, redução dos volumes disponíveis por degradação de qualidade: esse é o quadro generalizado hoje. Que mundo nos espera no Século XXI?

O quadro sombrio e cheio de ameaças antevisto relativamente à disponibilidade dos recursos hídricos, para a humanidade em geral e para a sociedade brasileira de um modo mais particular, ganha maior relevância no atual momento que o Brasil atravessa.

De 1994 a 1998, a ação do Governo sobre a administração pública foi no sentido de promover a reforma da Estado. De acordo com Costin (1999), “*a administração pública brasileira não foi feita para funcionar e o estado brasileiro não foi concebido para prestar serviço público*”. Reformular a atividade do estado seria, assim, um processo lento, por envolver o rompimento de paradigmas e alcançar toda a sociedade. Uma complexa reforma foi deflagrada, na última década, com 4 objetivos em mira:

- Econômico – diminuir o déficit público e ampliar a capacidade financeira do Estado, a ser concentrada nas áreas de intervenção direta indispensável.
- Social – aumentar a eficiência dos serviços prestados pelo Estado aos seus cidadãos.

- Político – estimular e ampliar a participação dos cidadãos na gestão da coisa pública.
- Gerencial – definir responsáveis; estabelecer metas e controlá-las através de mecanismos voltados para os resultados obtidos.

Na lista de encargos do Estado transferidos para a iniciativa privada, na década de 90, foram incluídos a geração de energia hidrelétrica; o abastecimento de água a indústrias e populações; a coleta, tratamento e lançamento de efluentes domésticos e industriais; a coleta e o lançamento de resíduos sólidos. Ou seja, atividades que envolvem ou afetam maciças quantidades de água.

Paralelamente, antes mesmo de ser promulgada a Constituição de 1988 (Brasil, Congresso Nacional, 1988), discretamente, foi sendo implantada uma complexa legislação ambiental, em alguns pontos bastante avançada, porém pouco efetiva no geral. O resultado é que ainda se convive com órgãos ambientais, encarregados de licenciar e controlar atividades ligadas à exploração de recursos naturais que escondem suas limitações atrás do uso autocrático de seus poderes e que, em vez de prevenir, orientar e educar preferem proibir, punir e negar.

Esses três vetores - a reforma administrativo-econômica do Estado, a nova legislação sobre recursos hídricos e a implantação da legislação ambiental que regulará o uso e exploração de recursos naturais - vêm mudando a paisagem institucional brasileira (em que pese muitas vezes colidirem, por conta das diretrizes antagônicas emanadas de suas próprias origens) e, somados à pressão mundial pela recuperação, preservação e uso responsável dos recursos hídricos, põem a sociedade diante de um momento de virada, onde os modelos até então aceitos terão que ser abandonados em favor de um novo ordenamento que seja correto, justo e preserve/recupere este imenso tesouro líquido com que o país foi agraciado.

A aprovação, pelo Congresso Nacional em 08JAN97 – há 10 anos, portanto, e após treze anos de discussões - da Lei 9.433 (Brasil, Congresso Nacional, 1997) mudou substancialmente o quadro da gestão dos recursos hídricos, até então regido pelo Código das Águas (Brasil, Congresso Nacional, 1934). Dispor de uma nova lei, todavia, não significa ter tudo resolvido: desde 1997 se vem trabalhando na sua regulamentação, nas medidas implementadoras, na criação e instalação da Agência Nacional de Águas, na organização de comitês de bacias, na administração dos

conflitos de uso e de competência, etc. E pode-se antever o quanto ainda resta por fazer, até que ela caia no domínio de todos os cidadãos.

Passados dez anos da aprovação da lei, constata-se que muito foi feito, mas que mais ainda resta por fazer. Um dos aspectos mais salientes nesse processo é a necessidade de dispor-se de metas em todos os níveis, devidamente articuladas entre si, e de instrumentos de avaliação do progresso no cumprimento dessas metas, bem como da situação em que se encontram os recursos hídricos em uma dada bacia hidrográfica. Isso pode ser feito através da escolha de um certo número de indicadores, funções ligadas a temas de direto interesse para os recursos hídricos, que permitam descrever suficientemente a situação de tais recursos nessa bacia.

O momento é mais que oportuno para uma pesquisa sobre o assunto. Na verdade, há urgência. Planos de recursos hídricos vêm sendo confeccionados, aprovados e implementados, todos sem sistemas de indicadores⁹ que monitorem seus resultados. Percebe-se que há uma oportunidade rara de sincronismo político (priorização do tema) e tecnológico (ferramentas utilizáveis). Pode-se afirmar que o tema tem inserção direta, vital, no planejamento e na gestão dos recursos hídricos. Não apenas é oportuno o tema, ele é também atual. Está na ordem do dia, figura privilegiadamente nas agendas das Agências Internacionais de Desenvolvimento, Bancos e associações científicas internacionais, aparece freqüentemente nas páginas dos jornais.

Diante de tudo isso, a importância da matéria é evidente, especialmente quando se considera os problemas e danos enfrentados pelas populações ribeirinhas e o fato de muitas cidades brasileiras se localizarem às margens de rios, lagoas e estuários, cujas águas têm sua qualidade deteriorada ou se encontram sob permanente ameaça pela atividade humana. A relevância do tema cresce quando se considera os bilhões de seres humanos excluídos do acesso à água pura em suas casas e da coleta e tratamento de esgotos. Ou quando se recorda o número de seres humanos que contraem doenças de veiculação hídrica, as crianças que morrem de desidratação. E ganha seu relevo final quando se reflete sobre o desafio que será atender às crescentes necessidades de água da população humana, dos demais seres vivos que co-habitam o planeta e, ao mesmo tempo, preservar os ecossistemas naturais. A estreita afinidade que o objeto desta pesquisa guarda com a questão

⁹ Uma análise empreendida pelo autor quando da elaboração do PERH 2004-2007 evidencia que os 14 planos de bacia aprovados pelas UGRHIs do Estado até 2004 não tinham metas definidas e os investimentos dos Planos não indicavam prioridades nem as fontes de recursos. (Consórcio Hidroconsult-Engecorps, 2004c)

energética e com as questões relativas à produção de alimentos, êxodo rural e urbanização amplificam sua importância, que chega ao debate político-ideológico, quando este se debruça sobre a apropriação e a gestão de um dos mais preciosos recursos naturais do planeta.

O tema alcança também o núcleo de todo o debate ambiental, o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais da Terra, pois há uma real ameaça de que a disponibilidade hídrica no mundo, em geral, e no Brasil, em particular, seja significativamente reduzida (quer pela redução da quantidade quer pela degradação da qualidade, no tempo e no espaço) ou, ainda, afetada por mudanças climáticas globais. Diante disso, como se pôde evidenciar ao longo desse capítulo, a gestão racional e efetiva dos recursos hídricos é o caminho lógico para superação de quadro tão sombrio.

Há uma lacuna de sistematização e de análise crítica, a ser trabalhada nesta pesquisa, sobre a questão dos indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos, da qual, espera-se, poderão emergir interessantes constatações e condutas a propor para a sociedade brasileira. Os indicadores que vierem a ser propostos como resultado da pesquisa poderão ter utilização direta e imediata nos Planos de Recursos Hídricos, nos relatórios anuais de situação produzidos pelas Agências ou Comitês, ou individualmente, por pesquisadores, na avaliação, controle e aperfeiçoamento da qualidade da gestão e da sustentabilidade do desenvolvimento da bacia a partir dos relatórios produzidos pelos órgãos gestores. Na verdade, a experiência do autor indica que o sistema de indicadores de uma bacia hidrográfica deve idealmente nascer com a elaboração do plano e, mais particularmente, com a definição de suas metas. Nesse sentido, dispor de um Sistema Básico de Indicadores representaria uma boa contribuição.

2.3. Objetivos

A questão central a analisar na pesquisa é como a gestão dos recursos hídricos pode tornar-se mais efetiva com o concurso de um sistema de controle formado por indicadores, sempre tomando a Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento do desenvolvimento sustentável.

Como se antevê, há muita informação sistematizada e muita informação atual. Mas a informação sistematizada não é atual e a informação atual não está

sistematizada, o que torna oportuno contribuir com ferramentas que possam promover uma síntese desse conhecimento atual não sistematizado e formatá-lo segundo uma perspectiva integrada.

Portanto, o objetivo maior do trabalho proposto é conceber um sistema de indicadores para o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica e apoio ao processo decisório dos gestores desta bacia que, com foco nos recursos hídricos, contemple os múltiplos fatores intervenientes.

Dele se irradiam os seguintes objetivos parciais:

- contribuir para o esforço de sistematização do conhecimento produzido relativamente ao planejamento e gestão dos recursos hídricos e desenvolvimento sustentável de bacias hidrográficas;
- pesquisar e propor indicadores para o planejamento e gestão de bacias hidrográficas;
- com base em tal arranjo, promover um estudo de aplicação do sistema proposto a bacias selecionadas, demonstrando a sua aplicabilidade.

Os próximos capítulos apresentam os trabalhos realizados nessa direção e a proposta desenvolvida de tal Sistema de Indicadores.

CAPÍTULO TRÊS INDICADORES

“If men define situations as real, they are real in their consequences”¹⁰

William I. Thomas

3.1. Introdução

Indicadores são, desde muito, utilizados. E estão cada vez mais presentes no mundo contemporâneo, tão marcado pelas rápidas transformações conjunturais, incertezas e multiplicidade de fatores intervenientes. Em tal ambiente, os indivíduos, as organizações - privadas ou públicas - e as sociedades se vêem diante da necessidade de construir cenários futuros para apoiar decisões a serem tomadas, estabelecer metas e cursos de ação alternativos ou preparar-se para contingências em diferentes âmbitos e horizontes de tempo. A informação, particularmente aquela de natureza estatística, é, em tal ambiência, um insumo fundamental para a formulação de políticas e estratégias de diferentes setores da economia ou de gestão dos recursos existentes no planeta: as estatísticas econômicas, financeiras, sociais e demográficas estão entre as mais essenciais para construir o “*background*” contra o qual as oportunidades de negócios e as políticas públicas são examinadas e estatuídas. São elas que orientam quanto ao planejamento de pesquisas de mercado, quanto às estimativas das taxas de crescimento e potencial do mesmo, quanto aos diagnósticos de uma dada área, região, setor da economia ou negócios, ao perfil do público-alvo de um dado projeto ou programa e às oportunidades e às motivações para investir ou não.

Há hoje grande interesse, uma busca generalizada por indicadores que sirvam de orientação para os diversos planejamentos setoriais e regionais, uma ênfase no acompanhamento da gestão de políticas públicas com o concurso de indicadores e da participação pública. Eles ganham crescente atenção, transpõem as fronteiras a que estavam originariamente confinados, invadem todos os setores do conhecimento e da atividade humana, permeiam toda a sociedade que a eles recorre nas mais diversas circunstâncias. Um exemplo dessa afirmação pode ser encontrado no discurso de

¹⁰ “Se os homens definem as situações como reais, elas são reais em suas conseqüências”

Azzédine Abdelmadjid (2002)¹¹, Vice-Presidente da Coordenação Africana de ONGs de Direitos Humanos na Conferência sobre Insegurança e Pobreza Extrema na Europa, realizada em Bruxelas, em 2002:

“Gostaria agora de recordar algumas estatísticas associadas com a pobreza, mesmo que os senhores, sem dúvida, estejam conscientes dessa situação:

- 340 milhões de pessoas, isto é, 50% da população da África, vivem com menos de US\$1.00 por dia;
 - A taxa da mortalidade de crianças com menos de 5 anos de idade é de 140 mortes para cada 1000 crianças;
 - A expectativa de vida é de apenas 54 anos;
 - 50% da população da África vive sem água potável;
 - A taxa de analfabetismo entre crianças com menos de 15 anos é 41%;
 - Para cada 1000 habitantes há apenas 18 linhas telefônicas, enquanto nos países industrializados essa relação é de 567 por 1000;
 - Há 16 médicos por 100.000 habitantes; nos países industrializados são 253.”
- (Abdelmadjid, 2002, pg.2)

Recorrendo a um pequeno número de estatísticas públicas, que emprega como indicadores, Abdelmadjid consegue traçar um perfil preciso e pungente daquele continente na alvorada deste Século, capaz de descrevê-lo em suas fragilidades e compará-lo com a situação de países industrializados, conferindo singular evidência e impacto à miséria que devasta os povos africanos.

É essa uma das mais importantes características dos indicadores: oferecer o descortínio de todo um panorama, traçado por dados de natureza variada, através de uma única ou um pequeno conjunto de grandezas ou expressões selecionadas para traduzirem o quadro ou aspecto sob exame de forma clara e eloqüente. O aumento da capacidade de quantificar fenômenos, processos e produtos (que tem na informática e na telemetria o seu apogeu nos dias de hoje), a complexidade das situações analisadas e a velocidade com que as mudanças acontecem, tudo estimula o uso de indicadores, **valores que sintetizam ou emblematizam um grande número de**

¹¹ Abdelmadjid, A. The expectations of the peoples of other continents with regard to Europe. Insecurity and Extreme Poverty in Europe - towards 2010. Study session organised by the Research and Training Institute of ATD Fourth World and the Futuribles Group. Brussels, 24-25JAN02

dados, permitem o acompanhamento de um quadro local, regional ou nacional e informam um conjunto de decisões a respeito do mesmo.

Mas essa qualidade – a concisão – também pode ser um fator de risco. Indicadores mal escolhidos podem distorcer a percepção da realidade, podem não apontar mudanças, podem induzir decisões erradas. Nesse sentido, a interpretação do significado dos valores que os indicadores assumem ou o que eles, em si mesmos, manifestam, é absolutamente vital, apesar de observar-se uma despreocupação generalizada quanto a esse aspecto por parte do grande público e de boa parcela do meio técnico. Há também uma certa dose de fantasia e ingenuidade em torno do emprego de indicadores, mais exatamente do que podem oferecer e do seu potencial de explicação da realidade: imagina-se que um indicador contem em si a capacidade de explicar o porquê de um fenômeno por ele monitorado e, quando a explicação não é satisfatória, conclui-se pela necessidade de seu aperfeiçoamento ou substituição por outro melhor.

O uso de indicadores vem tendo largo emprego e divulgação na sociedade em decisões, para sinalizar o estado de uma feição particular de interesse ou, ainda, aferir a condição de uma variável, comparando as diferenças observadas no tempo e no espaço. Podem ser utilizados para avaliar políticas públicas ou para comunicar idéias aos tomadores de decisão e ao público, em geral de forma direta e simples, e também são utilizados como abstrações simplificadas de modelos. Em síntese, os indicadores são tão variados quanto os fenômenos, processos e fatos que eles monitoram, provêm de diferentes fontes e têm três funções básicas – quantificação, simplificação da informação e comunicação – contribuindo, deste modo, para a percepção dos progressos alcançados e o despertar da consciência da população.

Os indicadores, especialmente os que abordam temas ambientais, procuram denotar o estado do meio a que se referem e as tensões nele instaladas, bem como a distância de que este se encontra de uma condição de desenvolvimento sustentável. No caso da gestão dos recursos hídricos, procura-se medir, com os indicadores, as condições dos recursos hídricos de uma determinada bacia ou unidade geopolítica e o estado da gestão dos mesmos, bem como as transformações experimentadas, tanto por esses recursos quanto pela sua gestão, assim como retratar as relações que eles guardam com o desenvolvimento sustentável.

Este capítulo tem o objetivo de oferecer uma primeira visão do estado da arte relativo à natureza, tipos e condições de emprego de indicadores. Nessa primeira aproximação, a ênfase será colocada sobre os indicadores ambientais, categoria a que se filiam os indicadores de recursos hídricos. Para tanto, pretende-se apresentar e discutir o conceito de indicador e a terminologia associada; estabelecer suas funções e finalidades; fixar as características desejadas, as propriedades e os critérios de seleção de indicadores para um determinado fim; apresentar as estruturas conceituais de indicadores propostas por agências nacionais e multilaterais, segundo as quais estes se organizam; apresentar brevemente as principais iniciativas de uso de indicadores - nacionais, regionais e de agências multilaterais – relacionados com os objetivos indicados no capítulo anterior, no ítem 2.3. Num segundo momento, que acontecerá no capítulo seguinte deste documento, o foco será centrado nos indicadores de recursos hídricos.

3.2. O Conceito de Indicador

Indicador é um termo usado com muitos sentidos.

Pesquisando-se um dicionário (Hollanda, 1974) constatar-se-á que, originalmente, o termo referia-se a um dispositivo que se destinava a mostrar a condição operacional de algum sistema, como o contador de rotações de uma dada máquina. Do ponto de vista biológico, informa o mesmo lexicógrafo, o termo indicador refere-se a uma entidade biológica qualquer, ou uma comunidade, cuja presença ou ausência, em um dado sítio atesta a existência, naquele local, de determinadas condições ambientais, favoráveis ou desfavoráveis para essa entidade; e, em química, é uma substância que exhibe uma mudança visível, geralmente da cor, na presença de um íon ou outra substância, e pode ser usada para indicar a conclusão de uma reação química.

Um pesquisador pode ser incapaz de determinar o estágio evolutivo de uma doença no organismo humano, mas o seu progresso pode ser traçado indiretamente por indicadores, como a contagem de glóbulos brancos ou o teor de determinados hormônios no sangue. Da mesma forma, o efeito de medicamentos no tratamento de uma doença pode ser avaliado por indicadores do mesmo tipo. Uma contagem de hemáceas menor que 4 milhões por decilitro de sangue pode ser indicadora de que o paciente está com anemia, mas isso nem sempre é conclusivo; só um exame clínico que leve em conta esse teste e outros sintomas (indicadores) permitirá chegar (ou

não) a um diagnóstico e orientar a conduta médica. Em medicina, um indicador também pode ser o resultado de uma reação particular.

Uma importante idéia ligada ao conceito de indicador incorpora a noção de “insight” (um súbito entendimento de todos os elementos de um dado objeto, fenômeno ou processo e das relações que esses elementos mantêm entre si, obtida a partir da observação de uma parte limitada da realidade e permitindo a compreensão da natureza interior desse objeto, fenômeno ou processo) ao se afirmar (USEPA, 1997) que indicadores são medidas que oferecem um “*insight*” sobre as condições, qualidades, interrelações ou problemas de um sistema complexo.

Referindo-se a indicadores sociais, Januzzi define-os como uma

“medida, em geral quantitativa, dotada de significado substantivo, usada para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito abstrato, de interesse teórico (para a pesquisa acadêmica) ou programático (para a formulação de políticas). É um recurso metodológico, empiricamente referido, que informa algo sobre um aspecto da realidade ou sobre mudanças que nela estão ocorrendo”.

(Januzzi, 2002, pg 55)

O trabalho de Bengoa (1973), que usou dados antropométricos - a altura de um grupo etário de um país - para avaliar o estado de nutrição e, por extensão, do bem estar desse país, é um bom exemplo da aplicação deste conceito.

Cobb e Rixford (1998) comentam que os indicadores são sempre estabelecidos com a intenção de mudar o resultado de algum processo no mundo. Bauer(1966); Hart(1999) e Rattner (1977), muito apropriadamente, assinalam que um indicador é **uma informação que permite avaliar**, com relação a um dado parâmetro de controle ou propriedade, **onde estamos e para onde vamos**, servindo também para avaliar programas de ação e seu alcance. Hart(1999) compara indicadores a bússolas que orientam quanto ao rumo e a rota que está sendo seguida.

Em um contexto mais amplo os indicadores são empregados para estabelecer o nível de progresso/desenvolvimento de um país em relação a objetivos econômicos, sociais e ambientais. É o caso do IDH – Índice de Desenvolvimento Humano, determinado e publicado anualmente pelo Programa das Nações Unidas para o

Desenvolvimento - PNUD (UNPD, 2005) que classifica as nações de acordo com a qualidade de vida de seus cidadãos e desperta tanta polêmica em cada edição¹².

Um indicador pode, então, ser conceituado como **uma ferramenta de avaliação referida a uma característica específica e observável, mensurável em escala quantitativa ou qualitativa, ou a uma mudança que pode ser avaliada em relação a um critério previamente selecionado, e que mostra a evolução de uma política ou de um ou mais programas implementados em relação a essa característica ou critério, ou o progresso relativamente ao atingimento de um resultado determinado, habilitando os tomadores de decisão a avaliar a necessidade/oportunidade de uma intervenção corretiva e/ou estimar o progresso rumo aos resultados, metas e produtos perseguidos ou, ainda, os impactos de uma determinada ação.** Ele pode ser uma função definida, mas seu significado extrapola os limites da função, traduzindo algo maior ou mais abrangente do que esta função. Um indicador contém, dessa forma, **uma informação cujo significado ultrapassa o seu sentido estrito e se projeta além desses limites,** lançando luzes sobre um quadro temático do qual é tido como representativo, especialmente sobre a sua condição geral, permitindo uma avaliação diagnóstica desse tema.

Portanto, neste documento, indicador designa grandezas qualitativas ou quantitativas, que operam como “proxies”¹³ ou estatísticas¹⁴, quantificam condições, em geral complexas, mensuráveis por métodos diretos, indiretos ou por simples estimativas, e que estão voltadas para decisões, para a aferição de mudanças (ou taxas de mudança) verificadas em intervalos de tempo e para o estabelecimento da distância que eles guardam das metas que deverão atingir ao final da implementação dos planos, programas ou projetos que monitoram.

Essa ligação entre indicador e tomada de decisão se manifesta de diversas maneiras. Eles possibilitam a transposição de um conhecimento científico de natureza física ou social para unidades de informação gerenciáveis e que facilitam as decisões;

¹² Os critérios para cálculo do IDH levam em conta a expectativa de vida, a escolaridade e a renda real ajustada.

¹³ Um *proxy* é um tipo de indicador usado quando não se pode medir a variável de interesse. É, portanto, um indicador cuja confiabilidade varia bastante, conforme o caso.

¹⁴ Por estatística entende-se uma função dos valores da amostra analisada, ou seja uma variável aleatória, pois seu resultado depende dos elementos selecionados naquela amostra. Estatísticas são utilizadas para estimar os parâmetros populacionais, o que requer conhecimento a respeito da sua distribuição de probabilidades, que via de regra, pressupõe normalidade ou amostras grandes. A média amostral, a proporção amostral e a variância amostral são exemplos de estatísticas.

ajudam a medir e calibrar a progressão feita, dando meios de avaliar o quanto já foi conseguido e os eventuais desvios; constituem um sistema de alerta antecipado para evitar a instalação de situações indesejáveis, a ocorrência de danos irreversíveis ou, simplesmente, a ultrapassagem de limites pré-estabelecidos.

Muitos autores empregam o termo indicador como um **sinônimo de medida**, usada para determinar, ao longo do tempo, o desempenho de funções, processos e produtos. Para eles, mede-se o que tem valor e valoriza-se o que é medido ou, como lembram Moore, Brown e Scarupa (2003, pg.5): “o que é medido, termina executado”¹⁵.

Banzhaf e Boyd (2004) restringem o conceito de indicador a entidades mensuráveis que servem de “**proxies**” para **constructos abstratos, não mensuráveis diretamente**. Nesse sentido, indicadores são uma medida indireta de um conceito mais amplo, que não pode ser ou não é medido diretamente. Por exemplo, o desgaste visível de um tapete na entrada de uma sala é um indicador de quantidade de pessoas que nela ingressam, desde que se saiba quando ele foi instalado. Segnestam (2002) refere que os indicadores são a primeira e mais básica ferramenta para analisar mudanças, operando como uma base para avaliação e fornecendo informações sobre condições e tendências do desenvolvimento sustentável. Um indicador, entretanto, é mais que um conjunto de vagos sinais (Hart, 1999).

Um indicador também pode ser uma **estatística** que fornece uma estimativa (i) de uma dada condição ou (ii) da direção do desempenho de um processo definido, ao longo do tempo, ou (iii) da medida da homogeneidade ou heterogeneidade dos resultados/produtos obtidos ou (iv) da obtenção de um resultado determinado. Neste contexto se inserem as estatísticas públicas, freqüentemente tomadas como indicadores, quando não concebidas diretamente para este fim.

Por isso, os indicadores **exprimem, mas não são** a própria realidade submetida a intervenções associadas ao projeto (Valarelli, 2003). Referindo-se a indicadores sociais, Januzzi declara tautologicamente “que um indicador social apenas indica” (Januzzi, 2002, pg. 55) e alerta para uma prática que vai se tornando hábito: substituir o conceito indicado “pela medida supostamente criada para operacionalizá-lo, sobretudo no caso de conceitos abstratos complexos” (Januzzi, 2002, pp. 55-56),

¹⁵ No original, em inglês: “What gets measured, gets done.”

fazendo com que os indicadores se constituam em expressão mais exata dos conceitos por eles indicados, numa perigosa inversão lógica. Além disso, como os indicadores resultam de dados coletados por diferentes instituições, usando diferentes metodologias e amostras, não é incomum apresentarem inconsistências.

Usualmente os indicadores são apresentados na forma de uma função derivada de um conjunto de dados disponíveis, o valor resultante habilitando o observador a um juízo sobre o comportamento ou desempenho do indicando em relação a outras variáveis ou durante intervalos de tempo anteriores ao atual.

Um fato, fenômeno, produto ou processo pode ser avaliado por mais de um indicador. Conjuntos de indicadores de desempenho têm se mostrado muito úteis para medir e avaliar a economia, a epidemiologia, a administração da saúde pública e a educação, onde as políticas públicas são orientadas por indicadores como taxa de inflação, taxa de desemprego, mortalidade infantil, e “scores” de testes padronizados; certamente deverão ocupar um lugar importante na gestão de recursos hídricos. Na elaboração de planos de desenvolvimento regional lida-se com diferentes tipos de indicadores, a saber: econômicos, sociais e, mais recentemente, ambientais e de sustentabilidade, adiante comentados neste capítulo. No caso particular de planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas, impõe-se, desde logo, destacar um quinto grupo: os indicadores de recursos hídricos, objeto desta tese.

3.3 Finalidade dos Indicadores

Indicadores são tradicionalmente usados para:

- i. assinalar como um sistema está funcionando em relação ao previsto ou esperado, quando ajudam a identificar problemas no horizonte e avaliar o sucesso de políticas passadas, ao menos indiretamente. Se forem estabelecidos limites críticos que não possam ser ultrapassados, os indicadores funcionarão como um sistema de alerta para os responsáveis pela gestão e para a sociedade em geral.
- ii. fixar a posição em que se encontra um processo, em que direção e com que intensidade ele está evoluindo;
- iii. aferir a que distância o processo se encontra de onde deveria estar ou o afastamento do produto em relação a um padrão pré-estabelecido

- iv. avaliar o resultado de políticas públicas de forma mais direta, no mínimo para atestar se elas melhoram ou pioram os problemas diagnosticados.
- v. apoiar com dados a construção de modelos hidrológicos, ambientais, de qualidade da água, ou de interação ecológico-social e dar suporte a testes de campo desses modelos
- vi. apoiar a construção de cenários e relações de causalidade.
- vii. apoiar a elaboração de planos diretores de desenvolvimento urbano, planos plurianuais de investimentos e planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas, entre outros;
- viii. avaliar impactos ambientais decorrentes da implantação de grandes projetos;
- ix. justificar o repasse de verbas para a implementação de programas e projetos;
- x. atender à necessidade de disponibilizar equipamentos ou serviços sociais para públicos específicos, por exigência legal ou pressões políticas da sociedade local;

As diferentes necessidades dos seus usuários orientam os usos dos indicadores. Dessa maneira, o conjunto de indicadores a ser empregado em um dado plano depende dos seus objetivos e das suas características intimamente associadas a essas necessidades. No entanto quatro categorias principais de usos são predominantes:

- medição de desempenho de políticas públicas, planos, programas e projetos (sempre que uma base de comparação for estabelecida com clareza como, por exemplo, metas).
- integração com interesses e preocupações externos a políticas setoriais
- determinação do estado do meio ambiente ou dos recursos hídricos de uma dada região como uma bacia hidrográfica, um município, um estado ou um país.
- integração do processo decisório ambiental e econômico

O emprêgo de um dado indicador pode sofrer mudanças quando “*insights*” adicionais sobre seu comportamento e processos a ele associados forem obtidos.

Rattner (1977) adverte que indicadores podem tornar-se instrumentos de justificação e legitimação de programas e projetos e que, não poucas vezes, pesquisas e levantamentos de campo foram realizados apenas para confirmar

hipóteses adrede formuladas, gerando indicadores tendenciosos. No entanto, esse autor reconhece que indicadores e sistemas de informação, que se estendem desde os aspectos demográficos até os econômicos e sociais, têm grande importância, especialmente no diagnóstico de situações e na definição de metas prioritárias. A validade dos mesmos está diretamente ligada às premissas teóricas que orientam o levantamento de dados, que devem ser dadas a conhecer, para conferir transparência às ideologias e aos interesses políticos subjacentes

3.4. Indicadores e Índices: a Pirâmide da Informação

Toda atividade relacionada com o planejamento e a gestão de qualquer recurso natural em um dado espaço territorial exige a observação dos processos que aí têm lugar. Em qualquer caso, tudo começa com a coleta de dados brutos, que são em seguida tratados e associados a outros já existentes, produzindo informações que conectam a base científica com a realidade, orientando decisões sustentáveis e gerando conhecimento - uma longa e trabalhosa jornada.

O trânsito do dado colhido em uma observação ou no monitoramento das condições existentes (ou de mudanças verificadas) até a decisão de intervir ou não percorre uma série de estágios de crescente agregação e integração dos elementos obtidos, representados na Figura 3.1 como uma pirâmide de informação e caracterizados nos próximos itens.

O processo de agregação de dados vai das observações aos dados; desses aos sistemas de informação e daí aos indicadores e, posteriormente, aos índices, formando uma pirâmide, na qual a diversidade e a quantidade de dados relativa a um local ou a um tema é gradualmente reduzida à medida que se caminha para os níveis mais elevados de agregação, como ilustrado na mencionada Figura 3.1. Nela dois blocos se destacam:

- o bloco que reúne os dados, estatísticas e sistemas de informação, onde predominam atividades de organização e tratamento dos dados coletados
- o bloco dos indicadores e índices, onde se concentram os processos de interpretação, que envolvem a construção/determinação de indicadores e índices.



*
Inclui os Indicadores de Recursos Hídricos

Figura 3.1. A Pirâmide da Informação na Gestão de Recursos Naturais e a Geração do Conhecimento

3.4.1. Das Observações às Estatísticas

Como se pode observar na Figura 3.1, os dados são os componentes básicos da pirâmide e os elementos essenciais para a produção dos indicadores. Dados resultam de observações e medições diretas ou indiretas

No mundo dos indicadores a escassez de dados ambientais (físicos, biológicos e, até mesmo, sociais) confiáveis é um problema recorrente em quase todas as iniciativas. O primeiro tipo de restrição compreende quatro classes distintas: as limitações (de recursos, pessoal e equipamentos); as dificuldades com agregação de conjuntos de dados; o gerenciamento dos dados (incluindo sistemas centralizados de compilação de dados); e a falta de relevância de determinados temas. A segunda categoria - as restrições de ordem técnica – se dividem em deficiências de cobertura (espacial e temporal) das redes de monitoramento; lacunas nos conjuntos de dados; dificuldades conceituais e técnicas; e diferenças de métodos de medição. As

limitações políticas se manifestam principalmente na perspectiva de curto prazo (os tão conhecidos imediatismo e voluntarismo) e na pouca vontade de investir no desenvolvimento sustentável. Essas restrições só não se verificam com os dados econômicos e financeiros, para os quais os governos e os mercados, premidos pelas necessidades da economia, montaram uma rede de informações abrangente e com grande velocidade de resposta. Para essas dificuldades contribuem restrições institucionais, técnicas e políticas.

A superação dessas limitações requer tempo. Enquanto isso, os aspectos relativos ao desenvolvimento sustentável devem ser monitorados e os dados já reunidos devem ser utilizados no processo de tomada de decisão da melhor e mais criativa maneira possível.

A obtenção de dados brutos básicos – que integram a base do primeiro bloco da pirâmide da Figura 3.1 - pressupõe uma rede de observação e coleta de dados bem planejada, especialmente quanto às hipóteses a testar, fenômenos a observar, amostragem espacial e resultados a serem obtidos. Os dados coletados, depois de verificados e consistidos, são submetidos a tratamentos de acordo com normas e critérios estabelecidos e aceitos, validando os valores determinados e passando ao segundo bloco da mesma figura. Os dados tratados são seguidamente agregados em estatísticas, diminuindo sensivelmente o tamanho da base de dados em cada nível ascendido – primeiro locais ou regionais (nível 3, inferior) e depois, sendo o caso, regionais ou nacionais (nível 3, superior), fechando a etapa de tratamento dos dados reunidos.

3.4.2. Sistemas de Informação

Os sistemas de informação constituem o quarto nível da pirâmide e correspondem à construção de bancos de dados que permitem a estocagem, guarda e recuperação das informações já processadas e a realização de consultas, filtragens e listagens relativas a variáveis que dele fazem parte ou locais da bacia que se deseja pesquisar ou simular situações. Modernamente recorre-se a bancos de dados relacionados e a sistemas de informação geográfica (SIGs) para este fim.

Nesse nível é possível ainda fazer interpolações e extrapolações, projeções, avaliações de comportamentos e respostas a situações submetidas a análise.

3.4.3. Indicadores e Índices

Indicadores resultam da aplicação das estatísticas e demais elementos que integram o sistema de informações ao problema ou tema que se pretende acompanhar/avaliar através deles. Representam a passagem do bloco de tratamento e sistematização de dados para o bloco interpretativo; **a transição, sem perda de cientificidade, do espaço técnico-científico dos especialistas para o campo dos tomadores de decisão**, no qual são produzidas as informações de nível gerencial que orientam as decisões ligadas à gestão, como indica a já mencionada Figura 3.1. A larga base dos dados tratados e estatísticas se estreita de forma sensível no nível dos indicadores. Primeiramente, no nível 5, acomodam-se os indicadores econômicos e sociais e, em seguida, no nível 6, situam-se os indicadores ambientais, que acolhem em seu espaço alguns dos indicadores econômicos e sociais do nível 5 e outros relativos aos meios físico e biótico, bem como aos recursos naturais. **Nesse nível encontram-se os indicadores relativos aos recursos hídricos.**

Em alguns casos, dispõe-se de um único indicador, capaz de bem informar sobre a feição ou setor a controlar. Noutros, entretanto, tem-se um certo número de indicadores sem que se possa, *a priori*, privilegiar um deles como capaz de, sozinho, descrever a multiplicidade de situações que interferem no desenlace do processo. No caso da gestão de recursos hídricos, é preciso controlar simultaneamente vários aspectos, descritos por um ou mais indicadores.

Três opções se apresentam então:

1. Manter o conjunto de indicadores com a forma de vetor, em vez de comprimi-lo em um escalar, preservando ao máximo a informação coletada e permitindo que os usuários da informação a utilizem do modo que lhes pareça mais adequado, o que pode implicar em:
 - i. “*trade-offs*” entre indicadores, por conta de julgamentos subjetivos
 - ii. mais informações do que o usuário é capaz de manejar com facilidade
2. Privilegiar um indicador eleito como representativo do conjunto.
3. Agregar vários indicadores de um mesmo aspecto em um índice

Esta última hipótese decorre de que os indicadores não representam o ápice da pirâmide da informação, o final da escala de agregação, onde os indicadores dos diversos aspectos de um dado tema ou setor são condensados em um único índice.

Acima do nível dos indicadores há um outro nível, correspondente aos índices, um espaço compartilhado entre tomadores de decisão e o público em geral, onde a informação se difunde por toda a sociedade, ainda que às expensas de perda dos detalhes.

O quadro 3.1, extraído de Segnestam (2002), complementa a Figura 3.1. exemplificando a agregação de indicadores em índices para o caso de recursos hídricos.

Índice é um número ou uma relação numérica (um valor em uma escala de medida) derivado de uma série de fatos observados. O emprego de índices representa uma tendência mais recente, defendida por alguns pesquisadores, no sentido de favorecer índices sintéticos, construídos a partir da combinação de medidas mais simples, em vez de um conjunto de indicadores. Há um bom número de índices em escala global, podendo mencionar-se o Espaço Ecológico ou Pegada Ecológica (Holmberg et al. 1999), o Barômetro da Sustentabilidade (Prescott-Allen, 1999), o Painel da Sustentabilidade (Hardi e Zdan, 2000), o Índice de Sustentabilidade Ambiental (Esty et al., 2005)¹⁶ No âmbito social, o exemplo mais notório é o IDH – Índice de Desenvolvimento Humano (UNPD, 2005) formulado por Anand e Sen (1994) cujo impacto político tem sido tão grande que vários outros assemelhados foram propostos (SEADE, 2001; Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2000).

Um índice que agrega vários indicadores pode ser descrito pela média ponderada de seus componentes, em um dado momento.

$$I = \sum_{i=1}^{n, t_0} q_i w_i \quad (3.1)$$

onde

q_i = valor do indicador i no tempo t_0 , i variando de 1 a n

w_i = peso atribuído ao indicador i no mesmo tempo t_0

n = número de indicadores que integram o índice

t_0 = tempo ao qual se referem todos os n indicadores que integram o índice

Quadro 3.1. O Processo de Agregação - de indicadores a índices

¹⁶ Esty, Daniel C., Marc A. Levy, Tanja Srebotnjak, Alexander de Sherbinin, Christine H. Kim, and Bridget Anderson. Pilot 2005 Environmental Performance Index. New Haven: Yale Center for Environmental Law & Policy, 2005.

Componente Estrutural	Classe	Indicadores	Informação Agregada
Pressão	Indicadores de Uso	Retirada anual per capita (m ³) Retirada anual por setor (%)	Índice de Vulnerabilidade Hídrica
	Indicadores de Demanda	Demanda total (m ³) Eficiência de uso (%) Potencial de reciclagem (%)	
	Indicadores de Geração Hidrelétrica	Número de barragens (n°) KW por hectare inundado (kw / ha) Produção hidrelétrica (MW)	
	Indicadores de Emissões	Emissões de N (kg) Outras emissões (kg)	
Estado	Indicadores de Disponibilidade	Reservas (m ³) Taxa de recarga (m ³ /ano) Precipitação anual (mm) Extração anual como % do total (%)	Índice de Qualidade da Água
	Indicadores de Qualidade	DBO (mg/l) DQO (mg/l) da Água IET Acidificação Colibacilos	
Impacto	Indicadores de Disponibilidade	Pessoas afetadas por diarreias (n°) População afetada por inundações (n°) Toxicidade: concentração de metais pesados	Índice de Risco Climático
	Indicadores de Qualidade	Pessoas expostas ao risco de inundações (n°) Patrimônio exposto ao risco de inundações (\$)	
Resposta	Indicadores de Efeitos	Uso do solo na bacia Áreas protegidas na bacia	Índice de Segurança Hídrica
	Indicadores de Risco	Acesso à água potável (%) Acesso a rede de coleta de esgotos Aduadoras (n°) Tratamento de esgoto (%) Preço da água (\$/m ³)	

tabela indicadores.cdr / Data:03/02/06

NM / TW

Fonte: Segnestam, 2002

Um índice pode ser referido a transformações registradas em um intervalo de tempo:

$$\Delta I = I_{t_j} - I_{t_k} \quad (3.2)$$

ou

$$\Delta I = \Delta q_i w_i \quad (3.3)$$

ou ainda

$$\Delta I = \sum_{L=1}^n q_{i,t_j} w_i - \sum_{L=1}^n q_{i,t_k} w_i \quad (3.4)$$

Onde

I_{t_j} = índice correspondente ao momento t_j

I_{t_k} = índice correspondente ao momento t_k

n = número de indicadores que entram no índice I

q_{i,t_j} = valor do indicador q_i que integra o índice I , referido ao momento j

q_{i,t_k} = valor do indicador q_i que integra o índice I , no momento k

w_i = peso atribuído ao indicador i

Essas mudanças também podem ser expressas por relações do tipo

$$R = \frac{I_{t_k}}{I_{t_j}} \quad (3.5)$$

ou

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n q_{i,t_k} w_i}{\sum_{i=1}^n q_{i,t_j} w_i} \quad (3.6)$$

- Uma questão básica é a atribuição de pesos aos indicadores, particularmente os critérios que podem ser empregados. Três abordagens são usadas:
 - usar pesos iguais;
 - usar pesos com base em variações geográficas ou medidas de correlação entre os indicadores;
 - usar pesos normativos.

Na primeira abordagem, adota-se:

$$w_i = 1 \quad \forall i \quad (3.7)$$

Banzhaf e Boyd, (2004) invocam duas razões básicas para justificar esse procedimento: (i) a escolha dos indicadores empregados em um índice já pode ter excluído fatores cujo peso se admite menor que os incluídos e (ii) na ausência de relações mais detalhadas e empiricamente demonstráveis, a hipótese de pesos iguais é tão boa quanto qualquer outra.

Pesos normativos são raramente empregados, pois baseiam-se em julgamentos subjetivos sobre a importância dos indicadores, integridade ou objetivos regulatórios.

Embora Ott (1978) afirme que os índices integrados reduzem uma grande quantidade de dados a uma forma mais simples e compacta, retendo o seu significado original, para o autor deste trabalho os índices, por representarem um nível de agregação mais elevado, têm resolução menor e introduzem uma abstração maior. Como consequência, permitem o ranqueamento, mas deixam de apontar qual(is) indicador(es), dentre os que produzem o índice, são responsáveis por um valor baixo (ou alto) para ele.

Um tipo especial de índice é o chamado índice geral de desempenho, categoria na qual se encontram o já mencionado IDH e seus similares, assim como o IGP (Índice Geral de Preços). Estão voltados para o desempenho do tema que representam e a eles se aplicam os mesmos comentários feitos para os Índices.

O IDH, já ventilado neste capítulo, resulta da combinação de indicadores mais simples mediante ponderação da esperança de vida ao nascer, do nível educacional (medido pela ponderação de alfabetização adulta e taxa combinada de escolaridade) e do nível de vida (medido pelo PIB real per capita). É publicado anualmente pelo PNUD e os resultados relativos ao ano de .2005 estão ilustrados na Figura 3.2 (Wikipedia, 2005), onde pode-se observar a distribuição de valores do IDH das diversas nações em um mapa-mundi, com destaque para a lastimável situação da África, já apontada no item 3.1 deste capítulo, destacada pelo mosaico de tons bege, vermelho e roxo que correspondem aos IDHs menores que 0,600. O IDH permite medir e classificar o progresso social e econômico das nações de um modo melhor do que o Produto Interno Bruto, na medida em que se vale de mais de um indicador; mas ele mesmo não informa qual (ou quais) o(s) componente(s) do índice responsável(is) pelo mau resultado. Seu mérito maior consiste em classificar os países quanto ao desenvolvimento alcançado, permitindo (a) uma identificação imediata daqueles que

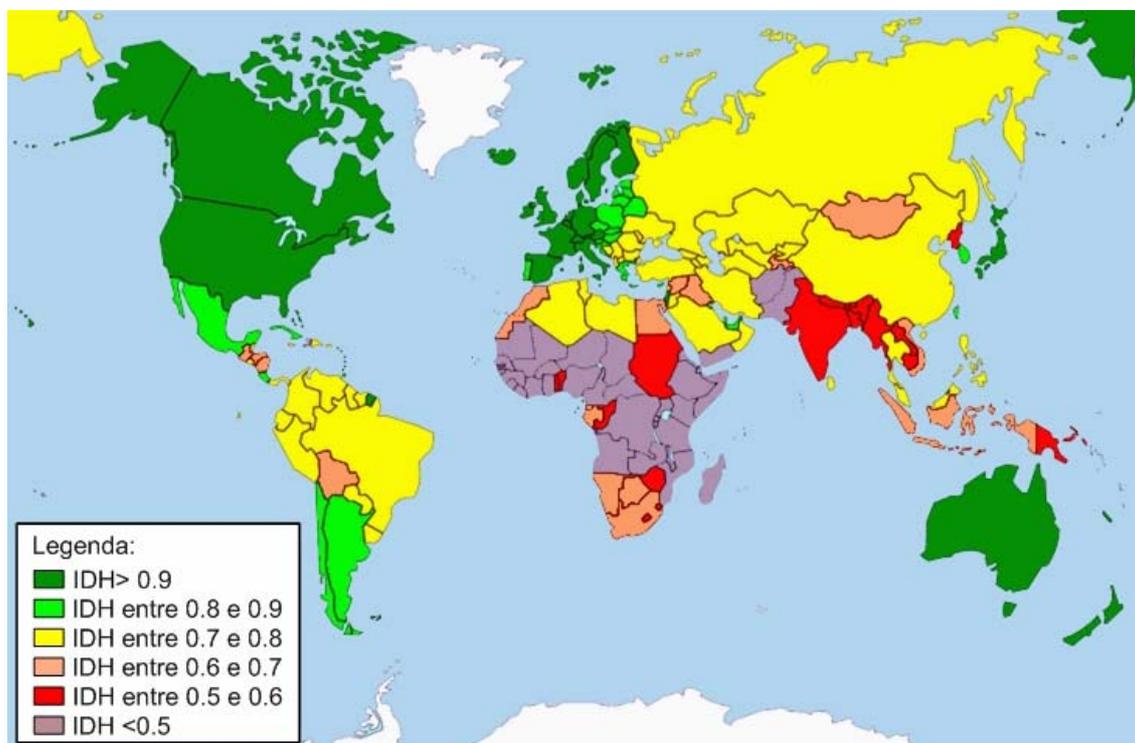
se encontram bem e daqueles que estão mal e (b) observar as transformações para melhor (ou para pior) de um ano para o outro. A vantagem de um único Índice é permitir uma medida simples, que define o desempenho de um país em relação aos outros e em torno da qual as comparações são feitas e reações se produzem. Mas só a abertura dos componentes do índice pode esclarecer onde estão os pontos fracos que precisam de atenção. Para chegar-se a isso é preciso desagregá-lo, fazer o caminho inverso, descer a pirâmide, consultar os indicadores e perder em síntese.

No que respeita ao IDH, as críticas recebidas ilustram bem os riscos inerentes aos índices. Srinivasan (1994) resumiu as fragilidades do IDH em três pontos críticos. O primeiro é que “renda nunca foi sequer a mais importante quanto mais a única medida do desenvolvimento” (Srinivasan, 1994, pg. 238) como afirmava o Primeiro Relatório de Desenvolvimento Humano (UNDP, 1990). A segunda crítica trata do alto grau de correlação existente entre a maioria dos componentes do índice, reduzindo a utilidade dos subíndices em acrescentar mais informações sobre a renda. E por último, os dados são fracos, incompletos, ultrapassados para a maioria dos países e, por isso mesmo, envolve um grande número de estimativas para preencher lacunas, o que desemboca nas reclamações e acusações que se repetem anualmente quando o índice é divulgado.

Não há índice, por mais e melhor estabelecido que esteja, que não ofereça problemas. Parte deles pode ser resolvido com revisões e atualizações periódicas para eliminar as distorções acumuladas no tempo ou para acomodar novas situações. Com a parte restante, será preciso conviver tendo sempre em mente o seu significado, extensão e implicações.

Em favor dos índices cabe reconhecer que todos representam um primeiro contato com a realidade, não uma medida precisa: uma compreensão mais profunda do que se passa na realidade que descrevem impõe a consulta a outros indicadores, qualitativos e quantitativos. Apesar de sempre poderem ser considerados imperfeitos, o propósito de um índice é sempre gerencial no seu sentido mais abrangente, ou como afirma Streeten (1994), índices são úteis para fornecer uma avaliação integrada, lançar a atenção e simplificar o problema, possuem um forte apelo político, causam um forte impacto nas mentes e promovem mobilização da opinião pública de forma mais poderosa do que a que seria conseguida com uma longa lista de indicadores.

Mas um índice, apesar de tudo isso, jamais substituirá uma avaliação detalhada do campo ou setor que representa, como, por exemplo, a gestão das águas de uma determinada bacia hidrográfica.



Fonte: Wikipedia, 2005

Figura 3.2 - IDH dos países que integram as Nações Unidas, 2005

3.5. Alguns tipos de Indicadores de Interesse: Indicadores Demográficos, Econômicos, Sociais, Ambientais e de Sustentabilidade

O planejamento e gestão de recursos naturais reconhece alguns tipos gerais de indicadores como possuidores de especial interesse. São eles os indicadores demográficos, econômicos, sociais, ambientais e de sustentabilidade.

3.5.1. Indicadores Demográficos e Econômicos

Os indicadores demográficos foram, juntamente com os econômicos, os primeiros a serem usados, remontando suas origens à Antiguidade, quando os reis precisavam saber quantos homens habitavam seus reinos, para avaliar com quantos soldados poderiam contar em seus exércitos e a arrecadação de impostos que poderiam custear as despesas. A Bíblia registra a viagem que os pais de Jesus tiveram que empreender à Galiléia por conta do censo que Herodes organizou; e a produção, os estoques de grãos e o movimento comercial eram objeto de discussão

pública nas “polis” gregas (Vernant, 1984), possivelmente dando origem a indicadores de natureza econômica, usados para decisões políticas e administrativas.

Indicadores demográficos referem-se a estatísticas resultantes do estudo de características das populações humanas, especialmente as suas dinâmicas, tais como tamanho, densidade, distribuição, fertilidade, mortalidade e migração. Exemplos desse tipo de indicador são densidade demográfica, taxa de crescimento de população, taxa de natalidade e população urbana e rural. São obtidos através de Censos periodicamente organizados, programas de amostragem ou contagens. Indicadores demográficos são muito usados em planejamento de serviços públicos e das necessidades de infra-estrutura. Nos Planos de Recursos Hídricos, eles são essenciais para a etapa de prognóstico, quando se procura fixar as necessidades futuras da bacia hidrográfica. O Brasil está adequadamente servido de dados demográficos, contando inclusive com projeções populacionais oficiais, tanto da parte do IBGE quanto de agências estatísticas estaduais (Jannuzzi e Gracioso, 2002).

Dados econômicos têm sido coletados para monitorar o estado da economia por muitos anos, acompanhando flutuações de preços, alimentos, imóveis, produto interno bruto, etc., para mostrar o estado da economia, as pressões a que está submetida e a efetividade das medidas de ajuste adotadas (elevação de taxas de juros, subsídios, linhas de crédito). Hoje produz-se uma assombrosa quantidade de dados econômicos e, claro, indicadores econômicos.

Indicadores econômicos resultam de um conjunto de dados medidos e estatísticas consideradas significativas para diagnóstico e prognóstico da economia, destinadas à divulgação pública e empregadas como ferramentas de análise das condições econômicas atuais e as projeções futuras. Revelam o quanto a economia de um país ou região está se expandindo ou contraindo, as taxas de crescimento e as várias tendências nelas manifestas, como, por exemplo, vendas no varejo e taxa de desemprego.

Um indicador econômico é qualquer estatística econômica que contribui para a compreensão do estado presente da economia e as expectativas quanto ao seu futuro. Há inúmeros indicadores econômicos em uso. Eles se multiplicaram com o crescimento da economia, consolidaram-se com a globalização e se tornaram tão populares que passaram a ocupar lugar de destaque nos jornais de grande circulação e fazem parte do cotidiano da sociedade.

Os indicadores econômicos se subdividem em três grupos: os que mudam antes que a economia mude (Índice Bovespa, por exemplo, que exprime a variação média dos negócios de uma carteira de ações de empresas selecionadas na Bolsa de Valores de São Paulo e sinaliza como os investidores imaginam que a economia se comportará no futuro); os que não apresentam mudanças de direção a não ser algum tempo depois de a economia ter mudado (por exemplo, a taxa de desemprego, que continua alta durante algum tempo depois que a economia começa a se recuperar) ou aqueles que se movem simultaneamente com as mudanças da economia (o PIB). O Quadro 3.2 exemplifica alguns indicadores econômicos usados no Brasil para informar sobre a inflação.

Quadro 3.2 – Exemplos de indicadores econômicos

Indicador	Descrição/Comentários
Índice de Preços ao Consumidor (IPC)	medido na cidade de São Paulo-SP, com o universo de pessoas que ganham de 2 a 6 salários mínimos calculado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) O universo de pesquisa é composto por pessoas que ganham de 1 a 8 salários mínimos.
Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC)	
Índice de Custo de Vida (ICV)	calculado pelo DIEESE. O universo de pesquisa são pessoas que ganham de 1 a 30 salários mínimos. O período de coleta vai do primeiro ao último dia do mês civil, a divulgação ocorre próximo ao dia 10 do mês posterior.
PIB per capita	Calculado pelo IBGE
Renda per capita	Calculada pelo IBGE e pelas agências estatísticas estaduais
Salário mínimo - Rio de Janeiro	Definido pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro

Diversas organizações no Brasil - federais, estaduais e até municipais, assim como privadas (FIESP, FIRJAN, FIEMG, Sindicatos) - respondem por uma miríade de indicadores econômicos. A questão é saber qual usar, que metodologias estão embutidas, que bases de dados e séries (corrigidas ou não) os sustentam.

3.5.2. Indicadores Sociais

Indicadores sociais são “todos os dados que nos esclarecem quanto a estruturas e processos, metas e realizações, valores e opiniões” (Zapf, 1977: pg. 236). São estatísticas de interesse normativo direto, que facilitam julgamentos concisos, abrangentes e equilibrados sobre as condições dos principais aspectos de uma sociedade, ou medidas do bem estar social, sujeitas à interpretação de que se as mudanças ocorrem na direção “correta”, o quadro social melhorará.

Para Bauer um indicador social é “uma informação que permite avaliar, com relação a nossos objetivos e valores, para onde vamos e onde estamos, servindo também para avaliar programas de ação e seu alcance” (Bauer, 1966, pp 18-19). Indicadores sociais, segundo essa visão, seriam estatísticas capazes de “medir os elementos respeitantes às condições sociais e o bem estar dos diversos segmentos que fazem parte da população, bem como a sua evolução no tempo” (UNESCO, 1975).

Dentro desta definição estão embutidas as premissas seguintes, que não são necessariamente verdadeiras em todos os casos:

- Indicadores estatísticos constituem um retrato fidedigno da realidade
- Um sistema de indicadores bem aperfeiçoado leva à implantação de uma política social mais justa e eficaz
- O processo de mudança social se dá de forma suave e gradual, com base no consenso, orientada e controlada tecnocraticamente

Indicadores, em projetos sociais, são parâmetros quantitativos ou qualitativos que, considerando um período definido de tempo e uma abrangência específica, determinam a medida de cumprimento dos objetivos desses projetos. Eles permitem, mediante medição ou observação, acompanhar a evolução, no tempo, da grandeza ou aspecto de alguma(s) feição(ões) da realidade escolhida(s) como referência ou “marca” de controle do projeto.

Os indicadores sociais prestam-se para subsidiar as atividades de planejamento público e de formulação de políticas sociais nas diferentes esferas governamentais, assim como possibilitam o monitoramento (por parte do poder público e da sociedade) das condições de vida e do bem estar dos diferentes estratos populacionais. Adicionalmente, permitem o aprofundamento da investigação acadêmica sobre as mudanças sociais e os determinantes dos diferentes fenômenos sociais.

Moore, Brown e Scarupa (2003) enumeram cinco finalidades dos indicadores sociais:

- Descrição – informar aos cidadãos e responsáveis pelas políticas públicas sobre a sociedade, acompanhar tendências e identificar áreas de interesse e resultados positivos;

- Monitoramento – rastrear produtos/resultados que podem ou não exigir alguma intervenção política ;
- Estabelecimento de metas a serem cumpridas em um dado prazo
- Aumento da responsabilização – para obter produtos/resultados positivos ou melhorá-los
- Prática reflexiva – para informar sobre práticas desenvolvidas por programas individuais ou comunidades

Uma característica própria dos projetos sociais está no fato deles se constituírem em uma aposta na possibilidade de se concretizarem como imaginados, pois, como sua resultante depende da atuação dos demais atores da sociedade em que ele se desenvolve, não é possível determinar previamente a configuração a que se chegará. Assim sendo, impõe-se o exercício de controles para verificar a convergência do rumo planejado com o percurso efetivamente trilhado, do progresso alcançado com aquele originalmente esperado e outros parâmetros escolhidos na partida do projeto.

No Programa de Recursos Hídricos Regionais dos Grandes Lagos¹⁷ os indicadores sociais são usados para avaliar as condições existentes ou a conquista de metas sociais relacionadas com a saúde humana, habitação, educação, lazer, igualdade social e temas similares. Entretanto, para os propósitos de gestão dos recursos hídricos, o Programa considera que eles são mais freqüentemente usados para medir resultados intermediários que, antecipam seus autores, conduzirão à meta de uma melhor qualidade de água. (Great Lakes Regional Water Quality Leadership Team, 2006)

Para a pesquisa acadêmica, o indicador é o elo entre os modelos explicativos da teoria social e a evidência empírica dos fenômenos sociais observados. De uma perspectiva programática o indicador social é um instrumento operacional para monitoramento da realidade social, para fins de formulação e reformulação de políticas públicas. (Carley, 1985; Miles, 1985)

O período compreendido entre o final dos anos 1960 e o início dos anos 1970 assistiu a uma rápida proliferação dos indicadores sociais. Naquele período, marcado por uma fase de prosperidade, pela primeira vez o crescimento econômico foi questionado como o principal objetivo do progresso social. As discussões públicas travadas sobre o assunto concederam atenção especial aos custos sociais do

¹⁷ Great Lakes Regional Water Program

crescimento econômico e a tradicional associação automática entre mais e melhor (“maior é melhor”) foi posta em dúvida. O conceito de qualidade de vida passou a ser uma alternativa legítima ao de sociedade rica e de abundância e logo tornou-se a nova meta do desenvolvimento social. Naquele período havia uma crença de que as estruturas e os processos sociais poderiam ser modelados e conduzidos pela política. Logicamente, políticas com tais metas necessitavam de informações que permitissem identificar problemas antecipadamente, definir prioridades, monitorar e controlar o sucesso e o impacto de ações ligadas a elas. Dessa maneira, a explosão dos indicadores sociais foi uma resposta às demandas por informação dos formuladores das políticas sociais e ao desafio de operacionalizar e quantificar seu núcleo: o conceito de qualidade de vida (Noll, 1996).

O desenvolvimento de indicadores sociais atravessou quatro fases bem diferenciadas:

(1) fase inicial – do meio da década de 1960 ao início da década de 1970 – caracterizada pelo início do movimento pelo uso de indicadores sociais, o desenvolvimento de programas e a realização de estudos de casos. A OCDE deu partida no seu programa de trabalho em indicadores sociais em 1970. Pela mesma época o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas começou a desenvolver um “Sistema de Estatísticas Demográficas e Sociais”.

(2) fase de intensa pesquisa sobre indicadores sociais – na década de 1970, marcada pela aceitação da pesquisa sobre indicadores sociais como um campo acadêmico das ciências sociais, pelo estabelecimento de relatórios anuais em muitos países e pela criação de infra-estrutura própria para a geração de dados para o monitoramento social e sua publicação na forma de relatórios anuais. O Programa de Trabalho em Indicadores Sociais da OCDE (1982) e o Sistema de Estatísticas Sociais e Demográficas das Nações Unidas (1975) foram dois marcos que influenciaram fortemente o pensamento e a produção de relatórios desta natureza.

(3) fase de estagnação – do final da década de 1970 até a metade da década de 1980, marcada por certa frustração e nítido declínio do interesse quanto aos indicadores sociais, por conta da crise econômica dos anos oitenta, das mudanças políticas decorrentes da instalação de governos conservadores (que defendiam o livre mercado como o único mecanismo eficiente de regulação) e dos problemas teóricos e metodológicos não resolvidos na pesquisa de indicadores sociais.

(4) fase de recuperação – desde a metade dos anos oitenta até o presente, uma nova onda de interesse tem se manifestado, cobrindo níveis subnacionais, nacionais e supranacionais, com novas e melhores instituições de monitoramento, bases de dados e infra-estruturas. A Comunidade Européia vem dando importância aos indicadores sociais e aos relatórios sociais em decorrência do forte matiz social do processo de integração européia e, em 1991, substituiu os “Indicadores Sociais para a Comunidade Européia” pelo “Retrato Social da Europa” (Noll, 2002).

De acordo com Noll (1996) , os indicadores sociais podem ser objetivos, quando representam fatos independentemente de avaliações pessoais, ou subjetivos, quando se baseiam nas percepções dos indivíduos e na avaliação das condições sociais. Ao primeiro grupo pertencem o índice de pobreza, e o nível de educação; ao segundo, o nível de satisfação no trabalho e a confiança no governo. O Quadro 3.3. reúne alguns desses indicadores a título de exemplo.

Quadro 3.3. Exemplos de Indicadores Sociais

Indicador Social
Taxa de pobreza
Índice de Gini
População que frequenta escola (7 a 22 anos de idade)
Nº. de empregos formais
Domicílios atendidos por rede de abastecimento de água*
Nº. de prisioneiros por 100.000 habitantes
Nº. de leitos hospitalares por 1000 habitantes

*Este indicador pode ser considerado um indicador social, ambiental, de saneamento e de gestão de recursos hídricos conforme os objetivos dos pesquisadores que dele se utilizam.

3.5.3. Indicadores Ambientais

A década de 1980 também marcou a tomada de consciência da questão ambiental, iniciada em 1972 com a I Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (em Stokholm) e a busca de indicadores que descrevessem as condições ambientais em diferentes níveis de tratamento, mas foi apenas em 1992 ,com a II Conferência, realizada do Rio de Janeiro, que o tema ganhou momento e despertou o interesse generalizado dos pesquisadores da área. Os indicadores ambientais representaram a quarta onda na história dos indicadores.

Para o National Water Quality Monitoring Council (2005), indicadores ambientais são medidas da qualidade ambiental, usadas para avaliar a situação e as tendências das condições ambientais, visando mostrar como esse sistema está funcionando. A definição destaca esse tipo de indicador como uma característica mensurável que provê evidência científica, gerencialmente útil, da qualidade ambiental de um ecossistema e/ou evidência confiável sobre as tendências de evolução de sua qualidade.

A **avaliação do estado ou qualidade de um ecossistema** é uma tarefa difícil, já que ecossistemas não são estáticos, impondo-se assim distinguir as variações devidas aos ciclos naturais daquelas provocadas pela ação humana. Um parâmetro ambiental deve, idealmente, possuir um valor limite de referência ou um objetivo a ser atingido para ser qualificado como um indicador ambiental.

Esse objetivo, critério ou soleira podem ser de natureza científica, política ou sócio-econômica. É desnecessário dizer da dificuldade que pode ser, diante do estado de conhecimento atual, definir com precisão um objetivo ou um limite para uma dada variável, particularmente de natureza biológica.

A Environmental Protection Authority de New South Wales (NSWEPA, 2003) prefere considerá-los como variáveis que descrevem a quantidade e a qualidade dos recursos naturais, as pressões a que estão submetidos pelas atividades antrópicas e as respostas dadas pela sociedade para responder aos impactos provocados por essas pressões. Quando esses indicadores são microorganismos, são designados como bioindicadores.

A definição da NWSEPA parece mais apropriada para o objeto deste trabalho, permitindo aplicá-la subsequente ao caso da gestão dos recursos hídricos, um recurso natural submetido a pressões antrópicas. Por essa definição, os indicadores a serem usados na gestão dos recursos hídricos formam um subconjunto dos indicadores ambientais.

Em qualquer caso, um indicador ambiental é um tipo de informação ou estatística selecionada que condensa e descreve os aspectos complexos relativos à qualidade do meio ambiente, cujo significado extrapola sua natureza intrínseca. Nesse sentido, em nada difere dos demais indicadores a não ser pelos temas de que trata.

Um dos primeiros indicadores ambientais empregados sistematicamente destinava-se à detecção da presença de gases tóxicos nas minas de carvão inglesas. Foram introduzidos a partir de 1911, quando dois canários passaram a acompanhar as turmas de mineiros em cada frente de escavação, para alertá-los quanto à presença de metano e monóxido de carbono (BBC, 2005). Os canários têm um metabolismo particularmente sensível a esses gases tóxicos, que podem se formar no subsolo em decorrência das atividades de mineração. Eles costumam cantar a maior parte do tempo, e qualquer sinal de desconforto do canário ou interrupção do seu canto representava uma clara indicação visual e auditiva de que as condições nas galerias eram inseguras, seja em razão de risco de explosões seja em virtude de ar envenenado, e os mineiros eram evacuados das frentes de trabalho. Apesar do primitivismo da solução, os canários constituíram um sistema muito sensível, efetivo e de fácil entendimento: se os pássaros paravam de cantar ou morriam, os mineiros deviam abandonar imediatamente a mina¹⁸.

Atualmente há uma enorme variedade de indicadores ambientais em uso pelas diferentes agências ambientais no mundo. Alguns indicadores econômicos e sociais também são vistos como indicadores ambientais, que podem ser de natureza física, biótica e sócio-econômica e cultural.

Uma relação dos indicadores ambientais mais comuns se encontra no item 3.9, quando são discutidas iniciativas de desenvolvimento de indicadores.

3.5.4 Indicadores de Sustentabilidade

Os termos *desenvolvimento sustentável* e *sustentabilidade* foram introduzidos na literatura mundial no Relatório da Comissão sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também chamada Comissão Brundtland¹⁹, denominado “Nosso Futuro Comum” (Brundtland, 1987), criada pela Resolução da Assembléia Geral das Nações Unidas A/38/161. Nele, propunha-se uma estratégia que unisse desenvolvimento e meio ambiente, o *desenvolvimento sustentável*, definido como o “desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações atenderem às suas necessidades”(Brundtland, 1987, pg. 54).

¹⁸ No final de 1986 o governo inglês decidiu desmobilizar mais de 200 canários que atuavam nas minas inglesas. Detectores eletrônicos, considerados mais baratos e mais efetivos em indicar a presença de poluentes no ar, substituíram os canários.

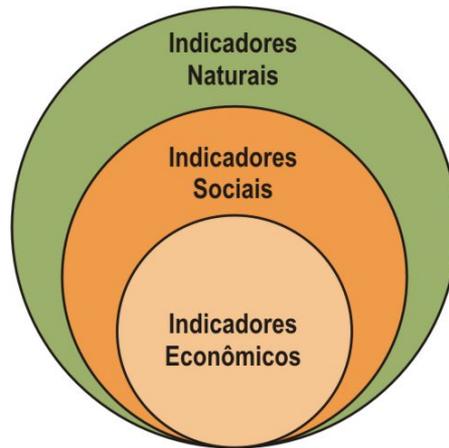
¹⁹ Nome da Presidente da Comissão, a norueguesa Go Harlem Brundtland

A sustentabilidade está ligada, portanto, à capacidade de manter, indefinidamente no tempo, a biodiversidade, as funções e processos ecológicos e a produtividade. Um processo sustentável pode ser executado continuamente sem efeitos ambientalmente negativos ou custos proibitivos para nenhuma das partes envolvidas.

A Conferência do Rio de Janeiro afirmou o papel dos indicadores para as decisões ligadas à questão do desenvolvimento sustentável. O capítulo 40 da Agenda 21 conclama países e organizações de todos os níveis identificarem e desenvolverem indicadores de desenvolvimento sustentável que possam apoiar o processo decisório.

Os indicadores de sustentabilidade representam um aprofundamento dos indicadores ambientais no sentido de integrar o território dos indicadores econômicos, sociais e ambientais. A sustentabilidade requer um tipo de visão integrada do mundo – ela requer indicadores multidimensionais que mostrem as conexões entre a economia, o ambiente e a sociedade de uma dada comunidade ou espaço geográfico. Contida na idéia de sustentabilidade estão a persistência, por um período indefinidamente longo, de um conjunto de características de pessoas, comunidades, organizações e meio ambiente; a interdependência entre pessoas e o ambiente que as rodeia; e a impossibilidade do progresso ser conseguido às custas do bem estar humano e dos ecossistemas. Os indicadores tradicionais, econômicos, demográficos, sociais e ambientais, tais como lucros de papéis financeiros, taxas de mortalidade infantil e qualidade da água, medem partes de uma comunidade como se eles fossem inteiramente independentes e, desse modo, não atendem a exigência de multidimensionalidade. O PIB de um estado pode aumentar, mas isso não reflete o que acontece com a qualidade ambiental, que pode diminuir.

Os indicadores de sustentabilidade são escolhidos segundo diferentes modelos de relações entre os componentes da “trindade” representada pelas dimensões econômica, social e ambiental, conforme a ênfase que se atribua a um deles em relação aos demais, variando desde um paradigma antropocêntrico, num extremo, até o ecocêntrico no outro. A Figura 3.3 representa uma dessas concepções de estruturação dos indicadores de sustentabilidade nos termos aqui expostos.



Fonte: CSIR et al., apud Mebratu, 1998

Figura 3.3 - O território dos indicadores da sustentabilidade ambiental

3.6. Os Indicadores Segundo a Norma ISO 14.000

Uma das mais significativas contribuições para a atividade industrial humana foi a Gestão pela Qualidade Total – GQT (Campos, 1992), logo estendida aos setores terciário e primário, bem como suas variantes, representados pelas Normas ISO série 9000 e ISO série 14000.

A Norma ISO 14031 trata especificamente da Avaliação de Desempenho Ambiental (ISO, 2004). Ela recomenda o uso do modelo PDCA²⁰, proveniente da GQT, e oferece metodologias para determinação de indicadores para avaliar o desempenho ambiental, organizados em dois grupos principais:

a) Grupo A: Indicadores de desempenho ambiental, subdivididos em:

- Indicadores de desempenho de gestão (IDG): implantação de políticas e de programas; conformidades; desempenho financeiro; relações com a comunidade.
- Indicadores de desempenho operacional (IDO): quantidade de materiais utilizados nos processos; quantidade de energia utilizada nos processos; serviços de suporte às operações da instituição; infra-estrutura e equipamentos utilizados pela instituição; fornecedores e clientes; produtos; serviços executados pela empresa; resíduos da produção; emissões.

²⁰ O Ciclo PDCA compõe-se de quatro estágios: *Plan* (planejar) – *Do* (fazer) – *Check* (controlar) – *Act* (aperfeiçoar)

b) Grupo B: Indicadores de condições ambientais - locais ou regionais (ICA); ar, água, solo; flora, fauna; seres humanos, comunidade; estética, cultura e heranças para próximas gerações.

Os indicadores integram o estágio “*Check*” (Contrôle) do ciclo PDCA e são absolutamente essenciais para a Gestão da Qualidade.

3.7. Estruturas Conceituais de Referência para Indicadores Ambientais e de Sustentabilidade

Qualquer análise comparativa de planos e políticas públicas necessita de algum tipo de agrupamento dos indicadores a eles associados segundo estruturas conceituais. Planos e políticas públicas setoriais de países são normalmente organizados segundo componentes, temas ou aspectos que servem para distingui-los, dando origem a listas que contêm de 5 a 20 itens. O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de S. Paulo, por exemplo, está organizado segundo oito Programas de Duração Continuada (PDCs) e Jesinghaus (1999) ao fazer um levantamento de índices de pressão ambiental em várias listas internacionais e nacionais encontrou uma média de 9,6 itens.

Os indicadores ambientais usados em um dado setor (energia, por exemplo) formam conjuntos que obedecem a estruturas conceituais de referência, isto é, conjuntos de idéias, regras e relações contextuais que constituem o pano de fundo contra o qual esses indicadores são selecionados, estudados ou examinados. Estruturas conceituais são importantes para organizar, apresentar a informação e definir o espectro de temas a ser considerado (ANZECC, 2000). Em qualquer projeto, uma das primeiras tarefas consiste em definir a estrutura conceitual de modo que se possa direcionar a atenção e esclarecer o que deve ser medido, o que esperar da medição ou monitoramento e que tipos de indicadores usar.

As estruturas conceituais são modelos que auxiliam na seleção e organização dos assuntos que devem ser acompanhados via monitoramento ou medições, facilitando a sua interpretação e permitindo compreender como os diferentes temas se inter-relacionam. Elas diferem entre si principalmente na maneira pela qual agrupam os temas a serem medidos e nos conceitos usados para justificar a seleção de indicadores, que muitas vezes não são explicitados pelos seus autores, deixando o analista com dificuldade para agrupar as diversas iniciativas. Várias estruturas podem

ser usadas; tudo depende dos objetivos, do nível analítico e do conhecimento científico que se tem. O importante é que a estrutura conceitual selecionada assegure que todos os aspectos relevantes envolvidos no problema que se analisa ou no tema de que se está tratando tenham sido contemplados

As estruturas conceituais dos indicadores podem ser físicas, temáticas, econômicas ou relativas à sociedade, sendo as primeiras mais utilizadas na literatura técnica.

3.7.1. Estruturas Conceituais Físicas

Hart (1999) identifica as estruturas conceituais físicas segundo as quais os indicadores ambientais de um determinado conjunto podem se alinhar, enfatizando que nenhuma delas pode ser considerada, *a priori*, melhor que as demais.

Este primeiro tipo de estrutura conceitual baseia-se na interação física entre o homem e o ambiente, assim como nos impactos produzidos por essa interação. As estruturas físicas são concebidas para assegurar que os aspectos ambientais, econômicos e sociais da sustentabilidade sejam contemplados. As estruturas conceituais mais conhecidas são a matriz indicadores – metas e a estrutura PSR, bem como suas variantes.

a. Matriz indicadores-metas

Essa estrutura relaciona os indicadores aos temas e metas do plano, programa, projeto, organização ou comunidade a que se aplicam, permitindo apreciar o tratamento dado aos vários temas, objetivos (últimos e intermediários) e metas, bem como avaliar o tratamento dado a eles (Segnestam, 2002; Jannuzzi, 2002). Esse arranjo possibilita mostrar como os indicadores que integram o conjunto estabelecido se relacionam com as metas e objetivos de um plano ou programa e que todos os objetivos estão cobertos por indicadores.

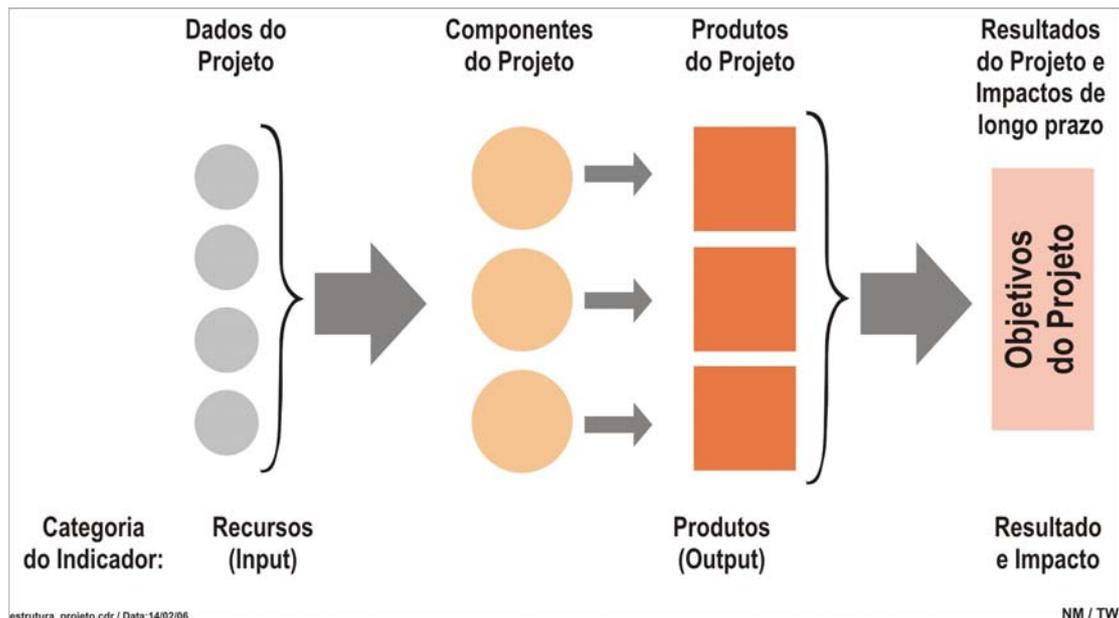
Nessa estrutura conceitual, os indicadores se classificam em indicadores de recursos, de produtos e de resultados.

Os indicadores de recursos (ou indicadores de insumo, ou, ainda, de *input*) referem-se a recursos (humanos, financeiros ou físicos) mobilizados para um projeto,

programa ou processo que afeta uma das dimensões da realidade a ser monitorada. Incluem-se nessa categoria o número de médicos por habitantes (recursos humanos), o número de leitos hospitalares por mil habitantes de um estado ou país ou o número de alunos matriculados por salas de aula da rede pública (recursos físicos) e o custo médio de formação de um engenheiro nas universidades públicas ou o custo médio de um tratamento de hepatite na rede pública (recursos financeiros).

Indicadores de produto (ou, de *output*) são aqueles que dizem mais diretamente respeito aos bens, materiais e serviços resultantes da implementação do projeto. Os indicadores de produtos dão conta do que o plano, programa ou projeto produziu: relatórios, reuniões, envolvimento de organizações, cursos e treinamentos e benfeitorias construídas, mas não afere como essas realizações contribuem para o cumprimento dos objetivos finais do plano ou para as transformações pretendidas com sua implementação.

Os **indicadores de resultado** (ou *outcome*) evidenciam os resultados efetivamente alcançados em curto e médio prazos, com a implementação de um projeto, programa, plano ou política no qual foram alocados recursos de natureza variada (registrados pelos indicadores de recursos para avaliação de sua eficácia) e que produz benefícios para os destinatários finais desse projeto, programa, plano ou política, relacionando-se com as dimensões empíricas da realidade, referidas a variáveis resultantes de processos complexos. Os indicadores de resultados são a expressão de uma das grandes riquezas do conceito de indicador: a capacidade de traduzir, por meio de uma variável ligada aos efeitos produzidos e quantificável por meios mais simples, um quadro complexo, cuja avaliação poderia requerer métodos muito dispendiosos e demorados. Indicadores de resultado, no caso de planos de recursos hídricos, costumam estar associados a metas, que são a expressão quantitativa dos objetivos fixados para fim de plano e procuram traduzir as mudanças, as transformações permanentes, produzidas no ambiente e na sociedade, resultantes da implementação do plano. Nesta classe se situam indicadores como a expectativa de vida ao nascer e a evasão escolar, para controlar metas ligadas, respectivamente, ao aumento da expectativa de vida (que representa a melhoria global do sistema de saúde) e à melhoria da qualidade do ensino e das condições de vida do povo.



Fonte: Segnestam, 2002

Figura 3. 4 – Matriz Indicadores-Metas

Carley (1985) divide os indicadores em três grupos: de recurso, de produto e de processo. Uma distinção conceitual particular entre indicadores de insumo e de processo costuma ser feita na avaliação de políticas sociais e diz respeito à temporalidade do processo submetido a acompanhamento ou análise: o **indicador de estoque** se refere à medida de uma determinada variável em um dado momento t_i , específico, enquanto o **indicador de desempenho** focaliza a transformação verificada nessa variável num intervalo de tempo determinado. Assim, *anos de escolaridade* pode ser visto como um indicador de estoque, enquanto *o aumento dos anos de escolaridade* conseguido por uma política educacional em um dado período de tempo é um indicador de performance.

Uma outra distinção importante, envolvendo indicadores de produto e de resultados é aquela feita mediante a consideração da relação dos meios mobilizados frente aos resultados obtidos. Por esse critério, eles podem ser:

- Indicadores de **eficiência** - quando avaliam o grau com que um produto é realizado em termos da produtividade conseguida, ou a qualidade da utilização dos recursos em termos da relação entre as atividades cumpridas e os meios aplicados. Pertencem a esta categoria indicadores que medem atividades realizadas versus recursos dispendidos; público beneficiado versus custo total do programa;

- Indicadores de **eficácia** no cumprimento de metas - quando aferem se os resultados ou objetivos colimados pelas atividades do programa ou projeto foram alcançados com os meios usados. Neste caso, a eficácia é a habilidade de produzir um efeito específico desejado e, portanto, os indicadores de eficácia medem o quanto os objetivos estabelecidos foram alcançados. São exemplos de indicadores de eficácia: o grau de aquisição de novas habilidades e conhecimentos que os participantes de um projeto atingiram em relação ao previsto e aos recursos mobilizados; o aumento no tempo de vida útil / redução de perdas de produto fabricado por uma cooperativa, decorrentes de melhorias na produção (procedimentos higiênicos, embalagens mais resistentes) introduzidas nos processos de fabricação.
- Indicadores de **efetividade** de um plano, programa ou projeto - quando examinam a permanência dos resultados do projeto, ou em que medida benefícios ou mudanças gerados foram incorporados de modo permanente ou duradouro à realidade. Por exemplo, se novos comportamentos e atitudes resultantes de ação educacional são mantidos no tempo; se o assessoramento dado a um grupo permitiu que ele se mantenha, por iniciativa e motivação própria, a partir de um dado momento.

b. Estrutura pressão-estado-resposta (OECD, 1993) e suas variantes

Essa estrutura se baseia no conceito de causalidade (OECD, 1993): ela considera que as atividades humanas exercem pressões de natureza variada sobre o meio ambiente, as quais podem induzir mudanças no estado do meio ambiente e na quantidade de recursos naturais. Em conseqüência, a sociedade responde às mudanças nas pressões ou no estado com políticas e programas (gerais e setoriais; econômicos e ambientais) orientados para prevenir, evitar, reduzir ou mitigar essas pressões ou os danos ambientais por elas provocados. Essas respostas realimentam as pressões através da atividade humana

O modelo foi desenvolvido pela OECD (1993) a partir de trabalho anterior do governo canadense (Friend e Rapport, 1979) que utilizava uma estrutura do tipo tensão-resposta. Essa estrutura conceitual tem sido amplamente empregada e defendida pela OECD e em Relatórios de Estado do Meio Ambiente preparados por vários países.

A Figura 3.5 apresenta diagramaticamente a estrutura Pressão - Estado - Resposta (PSR), exibindo seus componentes e as relações existentes entre eles, enquanto a Figura 3.6. permite visualizar como a estrutura conceitual PSR pode articular-se com os setores da economia ou com temas e subtemas e, dessa forma, ganhar em detalhe.

Em um sentido mais amplo, essas etapas fazem parte de um ciclo ambiental que inclui a percepção do problema, a formulação de políticas, o monitoramento e a avaliação de políticas temáticas ou setoriais. Não obstante, apesar de sugerir uma relação linear nas interações entre atividade humana e meio ambiente é preciso ter em conta que essas relações são bastante complexas. Por isso, a estrutura PSR não procura especificar a natureza ou a forma dessas relações.

Na estrutura PSR,

- Os indicadores de pressões ambientais, como se viu, descrevem as pressões resultantes da atividade antrópica sobre o meio ambiente, inclusive sobre a qualidade e a quantidade dos recursos naturais. São os indicadores das causas dos problemas ambientais.
- Os indicadores de estado ou de condições ambientais relacionam a qualidade do meio ambiente com a qualidade e a quantidade dos recursos naturais. Indicadores desse grupo são concebidos para dar uma visão geral do estado do meio ambiente e seu desenvolvimento no tempo. Na prática, a distinção entre condições ambientais e pressões pode ser ambígua e a medição das condições ambientais pode ser muito dispendiosa ou difícil. Portanto, as medições das pressões ambientais com frequência são empregadas como substitutas para as medidas das condições ambientais.
- Os indicadores de respostas da sociedade – que correspondem a ações tomadas pela sociedade - mostram até onde ela está respondendo às mudanças ambientais e aos estímulos daí decorrentes. As respostas ambientais referem-se a ações individuais e coletivas para mitigar, adaptar ou evitar impactos negativos induzidos pelo homem no ambiente e para

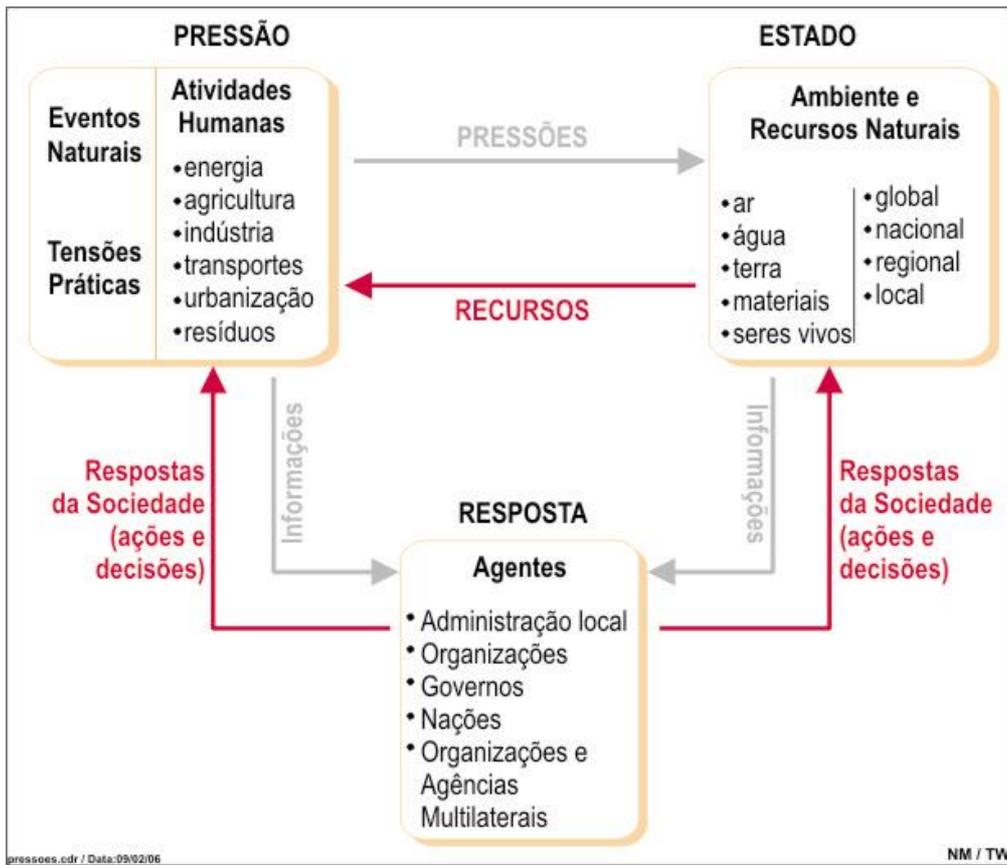
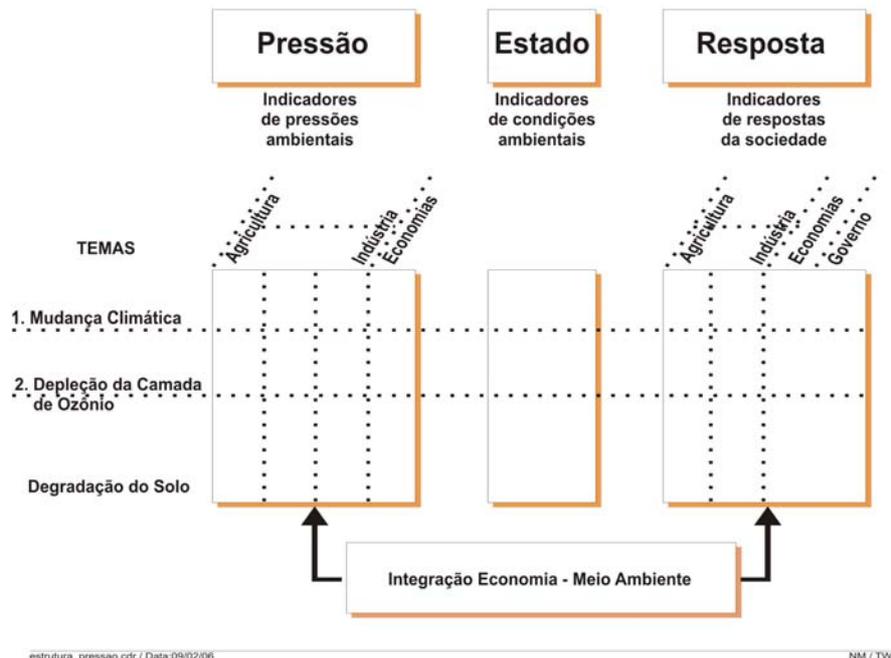


Figura 3.5. – Estrutura PSR (Pressão-Estado-Resposta)

A Estrutura Pressão - Estado - Resposta e os Setores



Fonte: OECD, 2003

Figura 3.6.- A Estrutura PSR e articulação com temas específicos

suspender ou reverter o dano ambiental já infligido, podendo ser tomadas em nível de governos, instituições privadas, organizações não governamentais ou mesmo individualmente, mas sempre fundamentadas em metas de desenvolvimento e/ou gestão ambiental (Winograd, 1995). Também incluem ações para preservar e conservar o meio ambiente e os recursos naturais. A maioria dos indicadores de resposta social ainda se encontra em fase de desenvolvimento, quer do ponto de vista conceitual quer da disponibilidade de dados.

Idealmente um indicador de resposta deve refletir os esforços da sociedade para resolver um problema ambiental. A relação causa (expressa pelos indicadores de pressão) - efeito (expressa pelos indicadores de estado) dos problemas ambientais e do desenvolvimento não são fáceis de estabelecer, suscitando muitas discussões. É sempre possível comprovar a presença de uma pressão, mas nada assegura que ela promoverá uma transformação no estado do meio ambiente.

Conjuntos de indicadores voltados para a caracterização do estado do meio ambiente podem ser montados a partir de indicadores de todos os tipos: de pressão, de estado e resposta. Do mesmo modo, um conjunto de indicadores de performance pode ser montado a partir das necessidades próprias de avaliação de desempenho de uma dada política pública; uma situação desse tipo poderia conduzir à seleção de indicadores de pressões ambientais, condições ambientais e respostas da sociedade para integrar tal conjunto. O que caracteriza tais indicadores é o seu emprego para avaliar performance, principalmente pelo fato de serem postos no contexto de metas.

Não costuma existir correspondência um a um entre indicadores distinguidos pela natureza e aqueles diferenciados pelo emprego. Para cada tipo de uso de um recurso natural, o “*background*”, as tensões, a qualidade ambiental, o recurso natural em exame e indicadores de resposta têm relevância potencial. Conceitualmente, indicadores para avaliação de performance e do estado do meio ambiente devem ser distintos de outros tipos específicos de indicadores (de condições ambientais, pressões e respostas).

Um outro aspecto a destacar é a semelhança entre os indicadores da Norma ISO 14031 e o modelo PSR: os indicadores de condições ambientais previstos na norma guardam semelhança com os indicadores de estado; os indicadores de desempenho de gestão têm muita proximidade com os indicadores de resposta e os indicadores de desempenho operacional, em certa medida, traduzem os indicadores

de pressão. Desta forma, a Norma ISO 14031, que trata de avaliações do desempenho ambiental, manteria, na sua classificação de indicadores, uma estrutura conceitual bem parecida com a do modelo PSR.

A estrutura PSR tem servido de plataforma para desenvolvimento de variantes, destacando-se as estruturas Pressão – Estado - Impacto e Resposta (PSIR) Força propulsora – Estado – Resposta (DSR) e Força propulsora – Pressão - Estado – Impacto - Resposta (DPSIR) todas ainda em desenvolvimento e revisão.

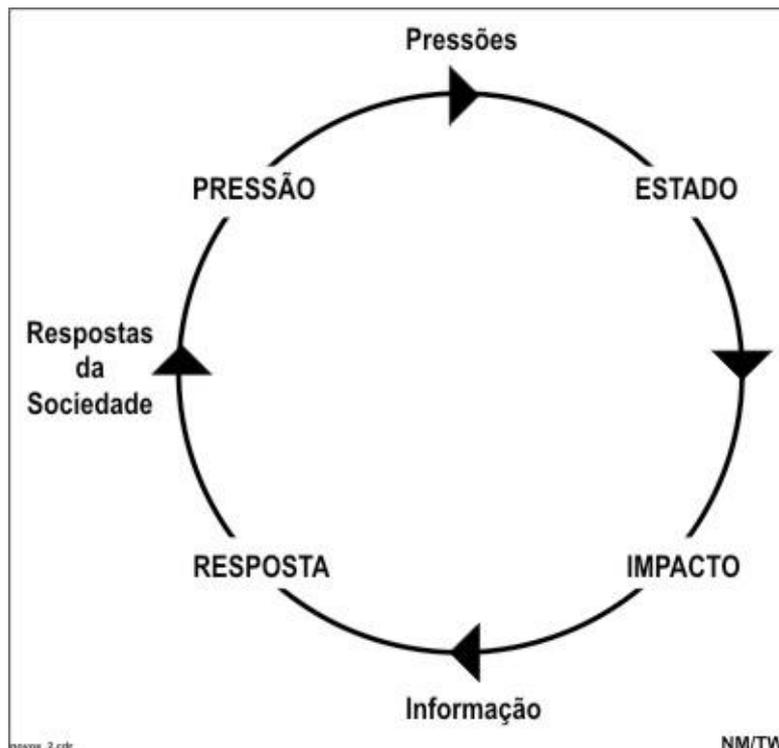
- *Estrutura conceitual Força propulsora – Estado- Resposta*

Nessa variante a “pressão” é substituída por “força propulsora” para acomodar melhor os indicadores sociais, econômicos e institucionais. Adicionalmente, a consideração de forças propulsoras permite a consideração de impactos positivos e negativos no desenvolvimento sustentável.

Nessa estrutura entende-se por força propulsora o conjunto de processos, atividades e padrões humanos que, quando combinados com as condições ambientais, reforçam as mudanças ambientais e provocam impactos positivos ou negativos no desenvolvimento sustentável. O estado refere-se ao estado de desenvolvimento sustentável e respostas são todas as opções de políticas e outras adaptações/reações a mudanças no desenvolvimento sustentável. A estrutura DSR é, na verdade, uma matriz que incorpora os três tipos de indicadores(força propulsora, estado, resposta) e as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável (social, econômico, ambiental e institucional).

- *Estrutura conceitual Pressão – Estado – Impacto – Resposta (PSIR)*

Trata-se de uma variante da estrutura PSR, na qual foi acrescentado o componente Impacto, conforme mostrado na Figura 3.7. Indicadores de impacto devem descrever os efeitos finais das mudanças de estado.



Fonte: Segnestam, 2002

Figura 3.7. – Estrutura conceitual PSIR (Pressão-Estado-Impacto-Resposta)

- *Estrutura Força Propulsora - Pressão – Estado – Impacto – Resposta (DPSIR)*

A estrutura DPSIR oferece um mecanismo mais detalhado para avaliar os problemas envolvendo meio ambiente e recursos naturais ao adicionar dois novos eixos de análise à estrutura PSR original: as forças propulsoras (diferenciadas das pressões, como já esclarecido) e os impactos.

Nessa estrutura o desenvolvimento industrial de uma bacia pode representar uma força propulsora que impõe pressões sobre o meio ambiente (por exemplo, lançamento de efluentes de uma indústria em um rio cujas águas apresentavam excelente qualidade) e degradam o estado do meio ambiente ou do recurso analisado. Como consequência direta, impacta a saúde do ecossistema e mobiliza a sociedade a tomar iniciativas destinadas a reverter o quadro (regulamentação, taxas, informação). Essa resposta pode ser orientada para atuar sobre as pressões, o estado, os impactos ou as forças propulsoras.

A Figura 3.8. apresenta graficamente a estrutura DPSIR e os seus componentes.

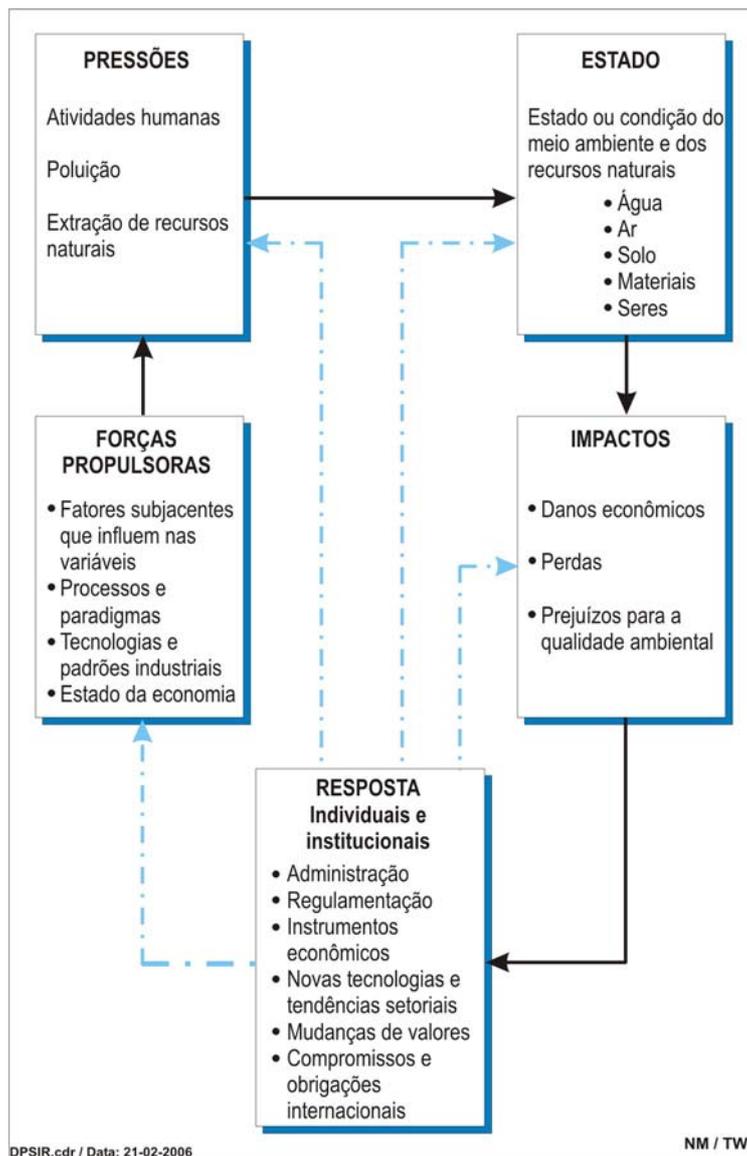
As forças propulsoras, já conceituadas, retratam os fatores subjacentes que influenciam variáveis relevantes na consideração ambiental. A Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas – (UNCSD (1996) estabelece que elas representam atividades humanas, processos e padrões que instalam pressões no ambiente. As forças propulsoras primárias são o crescimento demográfico e as necessidades/atividades dos indivíduos. Os indicadores das forças propulsoras devem concentrar-se, por via de consequência nos aspectos demográficos e econômicos das sociedades, assim como nas mudanças que eles sofrem, especialmente quanto ao nível de consumo e de padrões de produção. As forças propulsoras não são muito elásticas: suas tendências não se modificam velozmente²¹. Mas são úteis para derivar indicadores de pressão e ajudar os tomadores de decisão a planejar em longo prazo.

A pressão é constituída pelas variáveis que causam (ou podem causar) diretamente mudanças de estado. Os indicadores de pressão apontam diretamente para as causas dos problemas. Eles devem ser sensíveis, acusando mudanças em seus valores sempre que forem empreendidas ações corretivas para aplacar ou eliminar o problema.

Os indicadores de estado prestam-se para uma primeira avaliação da situação existente. Tornam-se assim ferramentas apropriadas para iniciar o planejamento, ações e intervenções que integrarão programas e projetos, embora se deva ter sempre presente que esses indicadores possuem uma velocidade de reação lenta, comumente só se manifestando no valor do indicador algum tempo após as mudanças correspondentes terem se instalado.

Os impactos descrevem os efeitos das pressões sobre o estado atual do meio ambiente na área interessada e a velocidade de reação dos indicadores de impacto é ainda mais lenta que a dos indicadores de estado. Quando os impactos são sentidos, já é tarde para impedi-los. Além disso, há dificuldade para estabelecer correlações estatísticas sólidas entre pressões, estado e impactos por causa dos grandes retardos e da influência de variáveis não ambientais. Por isso, a finalidade principal do uso dessa estrutura conceitual para indicadores é demonstrar os padrões

²¹Modificações rápidas de tendências das forças propulsoras constituem uma das principais causas das pressões exercidas sobre o meio ambiente, já que afetam de maneira significativa sua adaptação à(s) nova(s) situação(ões)



Fonte: Segnestam, 2002 modificado pelo autor

Figura 3.8 – Estrutura DPSIR

DPSIR, especialmente as cadeias de causa e efeito (CSIR, Mzuri Consultants, HSRC, 2001). Por essa perspectiva eles são muito mais modelos de decisão que indicadores estatísticos.

Em compensação, os indicadores de resposta são muito rápidos em registrar os efeitos produzidos pelas intervenções decididas e levadas a efeito. Prestam-se muito bem para monitorar as medidas destinadas a fazer o sistema ambiental mover-se. Todavia, não há qualquer garantia *a priori* de que uma determinada resposta será eficaz ou eficiente, daí a importância do monitoramento através de indicadores de pressão e estado.

A Eurostat concentra o seu foco em Indicadores de forças propulsoras, pressões e respostas (tendências setoriais, por exemplo) e na ligação de tais indicadores com as estatísticas socioeconômicas tradicionais. A EEA (Agência Ambiental Européia), por sua vez, se concentra no estado e no impacto dos indicadores e em uma descrição abrangente da estrutura PSR (EEA, 2003). A OECD também adota a estrutura PSR.

- *Estrutura Condição-Pressão-Resposta (CPR)*

A estrutura conceitual CPR foi adotada no Relatório de Estado do Ambiente da Austrália e difere da tradicional estrutura PSR pela inclusão da dimensão **Condição** em substituição ao **Estado**.

Os indicadores de condição informam como se encontra o ambiente no momento correspondente à coleta dos dados que permitem a determinação do indicador. Os indicadores de condição podem ser causais, isto é, mudanças por eles sofridas podem causar mudanças em outros indicadores.

Os indicadores de pressão, nessa estrutura, representam as ações instaladas que têm potencial para afetar positiva ou negativamente o ambiente, mas nem sempre são causais. São, de fato, fatores de risco; estão relacionados às atividades humanas que impactam o meio ambiente quanto a um dado tema. Outros fatores causais, porém não antrópicos, não se qualificam como indicadores de pressão nessa estrutura, e sim como de condição.

Os indicadores de resposta respeitam às ações e providências para aliviar essas pressões.

3.7.2. Estruturas Conceituais Temáticas

As estruturas conceituais temáticas de indicadores ambientais estão alicerçadas na identificação de temas considerados estratégicos para a sustentabilidade da área (estado, município, bacia hidrográfica, etc) interessada a um determinado estudo.

O princípio básico dessa estrutura é que nem todos os temas têm igual importância em um dado tempo, o que confere a essas estruturas um dinamismo e uma adaptatividade capaz de reconhecer novas prioridades sempre que novas situações se apresentem.

a. Estruturas temáticas

O sistema classificatório mais comum aplicado a indicadores é aquele que se vale da área temática a que se referem. As estruturas temáticas baseiam-se no foco principal atribuído a cada indicador e são usadas quando os indicadores se encontram em uma base de dados e os usuários consultam uma lista por tópico ou categoria. É empregada para organizar os indicadores em um relatório, pela facilidade de compreensão que proporciona ao leitor.

Os indicadores são reunidos em temas e subtemas segundo um arranjo previamente estabelecido. Por exemplo, os indicadores sociais podem ser divididos em sócio-econômicos, condições de vida, qualidade de vida, desenvolvimento humano e ambientais. Uma outra subdivisão, com maior nível de desagregação, poderia incluir indicadores de demografia, saúde, educação, trabalho, habitação, segurança pública, renda e desigualdade social. O Quadro 3.4 oferece uma visão dos temas e subtemas da classificação adotada pela UNCSD(2001), que optou por abandonar a estrutura PSR, que usava desde 1996.

c. Estrutura conceitual Impacto-probabilidade

Essa estrutura reconhece a existência de grupos de indicadores filiados a quatro tipos de temas identificados ao se promover uma análise de sustentabilidade estratégica por um duplo prisma: a probabilidade desses temas virem a se manifestar como problema(s) e da intensidade do(s) impacto(s) que esta(s) manifestação(ões) pode(m) ter. Esses quatro tipos são:

- Tema ativo - engloba temas com alta probabilidade de virem a se manifestar como um problema de alto impacto. São temas importantes, que devem fazer parte destacada da gestão, ocupando boa parcela de recursos e do tempo dispendido no gerenciamento dos problemas, pois exigem a pronta implementação de soluções orientadas para reduzir o risco e monitoramento.

Quadro – 3.4
Áreas, Temas e Sub-temas da Iniciativa da UNCSO

Áreas	Temas	Subtemas
Social	Igualdade	Pobreza Igualdade de Gênero
	Saúde	Estado de Nutrição Mortalidade Saneamento Água Potável Saúde - Serviços
	Educação	Nível Educacional Alfabetização
	Habituação	Condições de Vida
	Segurança	Crime
	População	Varição Populacional
Ambiental	Atmosfera	Mudança Climática Depleção da Camada de Ozônio Qualidade do Ar
	Terra	Agricultura Florestas Desertificação Urbanização
	Oceanos, Mares e Zonas Costeiras	Zona Costeira Pesca
	Água Doce	Quantidade da Água Qualidade da Água
	Biodiversidade	Ecossistema Espécies
Econômico	Estrutura Econômica	Desempenho Econômico Consumo Situação Financeira
	Padrões de Produção e Consumo	Consumo de Materiais Uso de Energia Geração e Gerenciamento de Resíduos Transporte
Institucional	Estrutura Institucional	Implementação Estratégica do Desenvolvimento Sustentável Cooperação Internacional
	Capacidade Institucional	Acesso à Informação Infraestrutura de Comunicação Ciência e Tecnologia Capacidade de Resposta a Desastres

FONTE: UNDSO 2001.

areas temas subtemas.cdr / Data:03/02/06

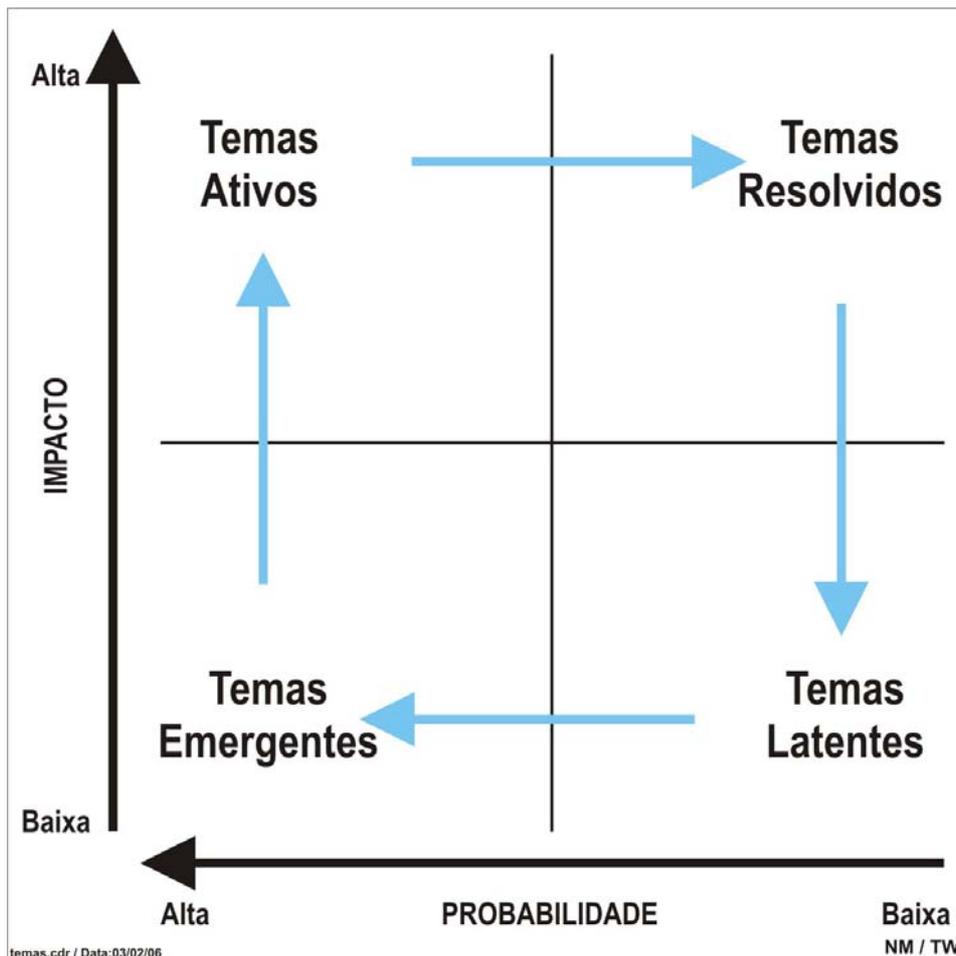
NM / TW

- Tema emergente—tema com crescente probabilidade de se transformar em um problema cujo impacto, embora baixo no momento em que a análise tem lugar, apresenta um potencial de crescimento. Esses são os temas com maior potencial de, em um curto tempo, exigir atenções especiais. Por esta razão, a gestão deve conceder-lhes um maior cuidado, dando caráter prioritário ao seu monitoramento, assim como ao exame e preparo de ações preventivas para serem acionadas no momento adequado.
- Tema latente - são temas com baixa probabilidade de manifestação como um problema de baixo impacto. Devem ser considerados como parte de uma gestão de longo termo e, como tanto a probabilidade presente de tornarem-se problemas como os impactos decorrentes são reconhecidos como baixos, devem ser objeto apenas de um monitoramento. Tema resolvido - são temas com baixa probabilidade de se manifestar como um problema de alto impacto. São os temas para os quais a gestão reduziu a probabilidade de manifestação de um (ou mais) problema(s) a níveis tidos como aceitáveis, com o concurso de intervenções selecionadas. O monitoramento deve prosseguir para garantir que as intervenções empreendidas foram bem conduzidas e o retorno do problema prossegue extremamente improvável

A figura 3.9. apresenta esquematicamente essa estrutura conceitual.

3.7.3. Estruturas Econômicas - Estrutura Conceitual baseada em Capitais

Várias estruturas conceituais econômicas têm sido propostas e todas estão lastreadas no objetivo de estabelecer um valor financeiro para os recursos naturais e patrimoniais e lidar com a ligação entre o ambiente físico-biótico e a economia. Dentre as diversas estruturas pertencentes a esta categoria, apenas a estrutura conceitual baseada no capital tem interesse para o objeto deste documento, permitindo o desenvolvimento de indicadores econômicos. As demais não se mostram apropriadas para o desenvolvimento de indicadores.



Fonte: CSIR et al., 2001, modificado pelo autor

Figura 3.9. Estrutura conceitual Impacto-Probabilidade

A estrutura conceitual baseada no capital tem por base a idéia de conservação do capital que, por sua vez, é derivada da concepção de sustentabilidade - como viver da renda derivada do estoque de riqueza ou de capital em vez de viver do próprio capital. A estrutura conceitual baseada em capitais reconhece quatro tipos de capital, que devem ser contabilizados para medir a sustentabilidade (OECD, 1995; Segnestam, 2002):

- Capital construído—corresponde ao capital físico produzido pelo homem, que não é diretamente consumido e assegura um fluxo permanente de produtos econômicos: o maquinário, as fábricas e os edifícios.
- Capital social – reúne as bases institucionais e culturais da sociedade para o trabalho (em todas as suas formas, inclusive as não remuneradas), as redes sociais, organizações e instituições.

- Capital humano – focaliza a capacidade produtiva da população, que é função da educação, saúde, bem estar, etc.
- Capital natural – compreende os estoques de recursos naturais e fluxos de energia do qual a economia extrai as matérias primas e energia de que necessita. Formam o patrimônio ambiental, representado pelos estoques de águas, terras, minérios, flora, fauna, etc.

A sustentabilidade de um sistema requer que todos esses tipos de capital sejam contados no patrimônio líquido de uma nação, estado, município ou bacia hidrográfica. Do ponto de vista da estruturação de indicadores ambientais, a consideração dos diferentes tipos de capital deve refletir as conexões existentes entre o meio ambiente e a economia.

3.7.4. Estruturas Conceituais Sociais

Como no caso das estruturas conceituais econômicas, têm sido propostas algumas estruturas conceituais sociais. A idéia central em que se baseiam afirma ser o atendimento das necessidades humanas a finalidade última da sustentabilidade e isso requer um sistema capaz de assegurar esse objetivo. Essas estruturas parecem já se afastar do objeto do presente trabalho e, assim, ter pouca utilidade para a escolha de indicadores para planejamento e gestão de recursos hídricos. Além disso, apenas duas estruturas desta categoria foram propostas, ambas pelo Grupo de Balaton: o Contínuo de Daly (Meadows, 1998) e a estrutura de orientadores (Bossel, 1999). Pela pouca aplicabilidade geral e, em particular, ao caso em exame, essas estruturas deixam de ser discutidas nesse documento.

3.8. Propriedades e Critérios a serem observados na Seleção de Indicadores

Ainda não existe uma “Teoria de Indicadores” formalizada, que permita orientar objetivamente a seleção dos mesmos para um determinado objetivo dado. No entanto, o exame da literatura técnica disponível sobre o tema (CSIR et al., 2001; National Academy of Sciences, 2003; Banzhaf e Boyd, 2004; Hart, 1999; Magalhães Jr. et al., 2003; Januzzi, 2002; e tantos outros) permite extrair um conjunto de propriedades, esquematicamente sumarizados na Figura. 3.10 e discutidas nos itens seguintes, como critérios de seleção para um indicador.

Embora desejável que um indicador atenda/satisfaça a todas essas propriedades/critérios de seleção, isso só muito raramente é conseguido, de maneira que algum compromisso ou ponto de equilíbrio tem que ser estabelecido por quem estiver selecionando indicadores para um projeto ou um plano. Em qualquer caso deve haver uma relação recíproca entre o indicando (o conceito ou propriedade que se avalia) e o(s) indicador(es) proposto(s). É preciso ter sempre em mente que um bom indicador alerta sobre um problema antes que ele se torne grave e contribui para reconhecer o que precisa ser feito para resolver o problema.

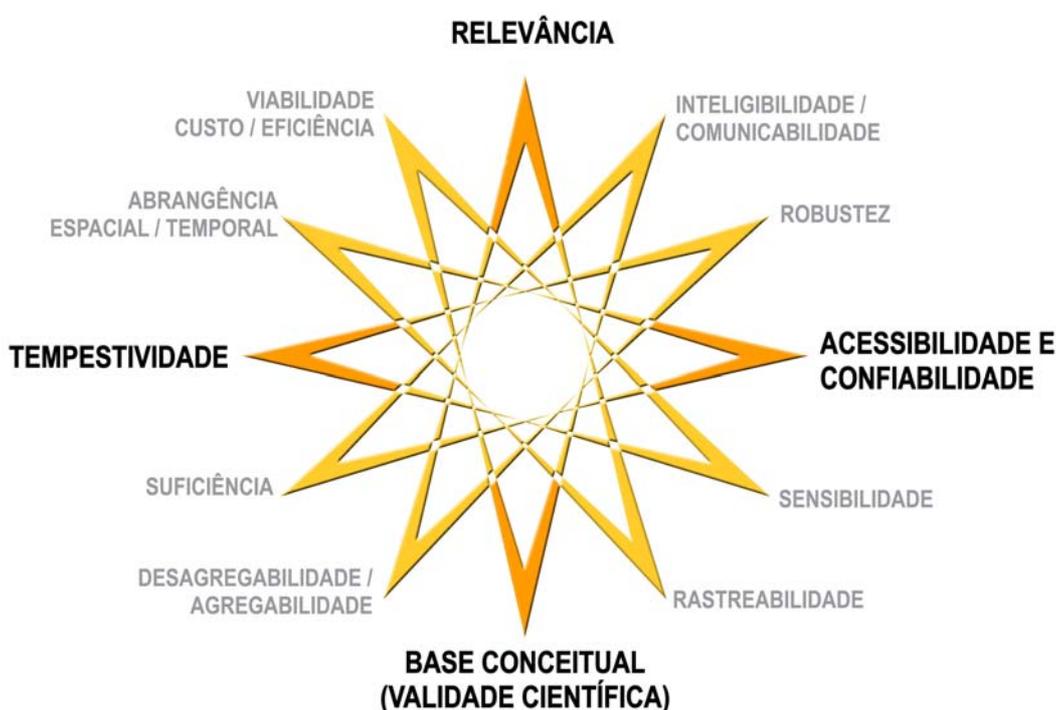


Figura 3.10. Propriedades dos Indicadores – Critérios de seleção

Na escolha/proposição de um indicador para qualquer finalidade, mesmo aceitando conviver com algum tipo de limitação, mesmo tendo que aceitar as estatísticas públicas existentes e a sua cobertura temporal, o pesquisador, planejador ou gestor envolvido nesse processo seletivo deve avaliar e expor a aderência dos indicadores possíveis ou disponíveis às propriedades relacionadas neste item, como parte da justificativa das escolhas feitas.

A literatura oferece alguns *check-lists* para diferentes tipos de indicadores que podem servir de roteiro para a verificação das propriedades/critérios de seleção dos indicadores e justificativa das escolhas feitas e compromissos assumidos

(Jannuzzi,2002; Hart, 1999). Os itens seguintes discutem as propriedades dos indicadores.

3.8.1. Relevância

É a mais importante propriedade/critério a ser considerada(o): todos os trabalhos a destacam.

Refere-se à capacidade do indicador informar sobre mudanças de aspectos, propriedades ou características significativas no objeto de estudo ou monitoramento, atendendo assim à finalidade com que foram engendrados. Em outras palavras, eles devem identificar a essência do problema que se quer controlar, ter uma interpretação normativa clara e ajustar-se à finalidade para a qual foram criados, pois eles devem informar sobre algo importante, algo a respeito do que o gestor deve tomar conhecimento.

3.8.2. Base conceitual e validade científica

O indicador deve inserir-se em algum modelo conceitual do sistema ao qual é aplicado e em métodos de determinação que sejam bem compreendidos, tenham ampla aceitação no meio científico e assegurada a sua validade. É esse modelo conceitual que dá ao indicador a sua “racionalia”²², permitindo e orientando o entendimento de suas características e o desvelamento das tendências de evolução dos processos e produtos que ele monitora.

Na base conceitual considera-se especialmente a validade do indicador na representação das dimensões ou fenômenos em estudo (Jannuzzi, 2002), a sua mensurabilidade em diferentes situações e locais e a comparabilidade dessas medidas.

Ponto crítico para um indicador é a qualidade dos dados coletados para sua determinação. Nas últimas décadas, o ingresso da eletrônica na instrumentação de campo tem introduzido expressivas transformações no processo de aquisição de dados; é fundamental, então, que se cerque de garantias para que qualquer dado da série histórica de observações seja quantitativamente comparável a dados de trechos mais

²² Refere-se ao conjunto de razões no qual se baseia uma escolha, uma decisão ou uma prática. No caso, o modelo conceitual deve oferecer a fundamentação lógica, a base científica que permite o emprego do indicador

recentes da mesma série, obtidos com técnicas e métodos diferentes. A base conceitual fixa as exigências de qualidade dos dados utilizados e tratamentos aplicados.

A fundamentação científica de um indicador deve remover qualquer possibilidade de que sejam levantadas controvérsias a respeito do que ele mede e do significado de suas medidas.

3.8.3. Acessibilidade e Confiabilidade dos Dados

Para que um indicador seja determinado é preciso que os dados dos quais deriva já existam, estejam acessíveis e sejam confiáveis.

A acessibilidade se refere à existência e à facilidade de obtenção de dados que possam ser empregados na determinação de um indicador com o mínimo de tratamento ou transformações. Estimativas confiáveis do indicador devem, preferivelmente, envolver uma quantidade limitada de informações e dados que sejam de fácil obtenção, acessíveis, que não envolvam custos elevados nem exijam alta capacitação daqueles que vão determiná-los. Isso é particularmente verdadeiro no caso de indicadores que requeiram o acesso a dados econômicos e demográficos, cuja inexistência ou falta de disponibilidade representariam aumento de despesas e tempo dispendidos na aquisição/tratamento desses dados. Hart (1999), ao tratar de indicadores ambientais, exprime sua opinião de que os melhores são aqueles para os quais ainda não se dispõe de dados e os menos aptos para medir a sustentabilidade são exatamente aqueles para os quais já existem dados.

A confiabilidade de um indicador está basicamente associada ao seu uso bem sucedido. Ela é usualmente estabelecida pelo retrospecto do seu emprego, que aconselhará sobre a continuidade ou o abandono do indicador. Sob este ângulo, os indicadores tradicionais, apresentam a vantagem de possuírem dados prontamente disponíveis, que podem ser usados para comparar diferentes áreas e ajudar a definir áreas-problemas bem como serem combinados para criar indicadores de sustentabilidade. Oferecem, entretanto, o perigo real de concentrarem a atenção nas soluções tradicionais, muitas delas insatisfatórias para as condições atuais.

No caso de novos indicadores, que têm contra si a ausência de registros históricos, há que promover-se uma análise de sua fundamentação científica e, sempre que possível, uma retro-análise, verificando-se qual teria sido o seu

comportamento na detecção de mudanças importantes em processos ou produtos de interesse para a gestão. A operacionalização de um novo indicador não prescinde da pesquisa e desenvolvimento associadas à análise de sua performance.

A confiabilidade, no caso dos indicadores, não é necessariamente sinônimo de precisão; indicadores apenas precisam dar uma idéia confiável do objeto ou sistema que estão medindo.

3.8.4. Tempestividade

Um indicador deve ser determinável prontamente e prover uma informação tempestiva, oportuna, isto é, enquanto ainda haja tempo para julgar e agir. A tempestividade também diz respeito à velocidade de transformação de dado em indicador e deste em informação, conhecimento e decisão de modo que os efeitos se produzam a tempo.

A maioria dos indicadores ambientais dependem de dados coletados através de monitoramentos de longo prazo. A questão, nesses casos, é estabelecer quais as taxas de evolução dos fenômenos e processos submetidos a acompanhamento e determinar quais, dentre as mudanças registradas, traduzem afastamentos significativos da variabilidade natural esperada. Uma vez que o indicador tenha sido selecionado, o monitoramento deve ser usado para ganhar experiência com o significado provável das mudanças nos valores do indicador.

3.8.5. Sensibilidade

Quando se tratar de estimadores estatísticos, o indicador deve apresentar sensibilidade, de modo a atender aos propósitos para os quais foi concebido. O indicador deve ser sensível para detectar as mudanças decorrentes de pressões ou respostas, mas não demasiadamente, a ponto de ser afetado pela dispersão intrínseca aos processos naturais, que deve ser bem compreendida, de modo que os valores obtidos tenham um significado claro, desprovido de ambigüidades.

Jannuzzi (2002) alerta que, no caso de indicadores sociais, é muito importante sua sensibilidade às políticas públicas implantadas. No caso da gestão de recursos hídricos essa regra também deve valer: um indicador deve ser sensível a

transformações produzidas por políticas públicas, mas não devem dar margem a manipulações.

Estudos experimentais – eles próprios precisando de monitoramento – são recomendáveis para determinar se as relações tensão/resposta sugeridas pelo monitoramento são verdadeiramente causais e, a partir daí, a sensibilidade dos indicadores escolhidos.

3.8.6. Agregabilidade e Desagregabilidade

O indicador deve ser flexível quanto à escala de observação e análise, permitindo o agrupamento ou reagrupamento dos dados que o originam segundo diferentes níveis de agregação, possibilitando o seu exame segundo diferentes perspectivas geográficas, políticas, sócio-demográficas e sócio-econômicas, conforme suscite o problema examinado. Essa propriedade está estreitamente relacionada com a rastreabilidade, a acessibilidade e confiabilidade.

3.8.7. Viabilidade/Custo-Efetividade

Os custos e benefícios envolvidos associados com a implementação de indicadores têm grande importância porque os recursos para monitoramento são sempre escassos e, por isso, devem ser usados eficientemente.

O custo-efetividade também é um importante critério e nele reside parte do conceito e importância do uso dos indicadores. Se um plano ou programa precisa controlar determinado processo ou resultado, a escolha dos indicadores deve considerar os custos envolvidos na determinação de cada alternativa, decidindo-se pela de maior custo-efetividade, caso nenhum dos outros critérios seja violado. Os indicadores não são escolhidos e determinados através de experimentações controladas trabalhosas, de alto custo e que consomem longo tempo. Ao contrário, são amostragens freqüentes, numerosas e expeditas, que fornecem elementos para decisão sobre processos em curso sobre uma ampla região.

Os custos de desenvolver e monitorar a evolução de um indicador podem ser estimados com objetividade e precisão. Já não se pode afirmar o mesmo quanto aos benefícios, isto é, o valor da informação obtida. No entanto, pode-se afirmar que

quanto maiores os benefícios que um indicador traz, maiores os custos que podem ser admitidos para seu desenvolvimento e implementação.

3.8.8. Robustez

Quando se refere a um estimador estatístico, robustez (Parsons, 1974) tem o significado de insensível a pequenos afastamentos das hipóteses (condições ideais) para as quais o estimador é otimizado. A palavra pequeno é usada com duas interpretações diferentes: (a) desvios fracionalmente pequenos para todas as medidas consideradas; (b) desvios fracionalmente grandes para um pequeno número de medições. Esses desvios podem ser devidos a contaminação dos dados obtidos por erros grosseiros, arredondamentos, erros de agrupamento ou afastamento da distribuição amostral teórica admitida.

Em um **sentido não estatístico**, robustez pode ser definida como a habilidade do indicador fornecer, produzir ou dar origem a valores confiáveis e úteis, mesmo em face de perturbações externas ou, em outras palavras, à capacidade do indicador não ser afetado por fontes esperadas de interferência, tais como mudanças nas tecnologias usadas para sua determinação. Um indicador robusto nunca dá origem a interpretações contraditórias.

3.8.9. Abrangência Espacial e Temporal

O indicador deve ter um grau adequado de cobertura da população a que se refere. A abrangência focaliza as escalas – temporal e espacial – de cobertura do indicador. Indicadores podem ter abrangência ou cobertura internacional, nacional, regional ou local. Também podem informar sobre mudanças de longo, médio ou curto termo.

Um indicador deve ter compatibilizadas as escalas temporal e espacial em que são considerados com as metodologias e periodicidade de aquisição de dados para sua determinação. Da mesma forma, quando se analisa um indicador, deve-se ter em conta as influências das escalas temporal e espacial no seu valor e nas mudanças dos processos que ele registra, no sentido de que ele possa ser regularmente atualizado e exibir as tendências do processo no tempo e no espaço.

3.8.10. Inteligibilidade/comunicabilidade

Indicadores devem ser inteligíveis, de fácil compreensão, para os atores do plano, programa ou região e para o público-alvo: é desejável que todos possam compreender o que ele está informando, mesmo quando o público não seja constituído por especialistas.

A inteligibilidade incrementa a transparência das decisões que os indicadores devem apoiar e aferir. Um quadro econômico ou social complexo ou um problema específico pode ser melhor entendido caso se conte com indicadores de fácil compreensão, que permitam comparações com os de mesma natureza, determinados para outros locais (ou situações ou grupos sociais) onde o quadro diagnosticado se revela melhor (ou pior) ou o problema já tenha sido resolvido. Neste sentido, quanto mais obscuro, hermético ou complexo um indicador escolhido para uma dada finalidade, menor a sua inteligibilidade, maior o risco de fracasso do programa, ação ou política pública que ele afere.

Há aqui, no entanto, uma negociação necessária entre a simplificação/condensação da informação e o desejo de que os indicadores traduzam a realidade da forma mais direta para os seus usuários, com o mínimo de abstrações. A experiência com temas complexos, como os ligados à economia mostra que compressão, condensação e abstração não são apenas necessários mas inevitáveis, pois ninguém, diante de uma decisão a tomar, examinaria as longas séries temporais que deram origem a um indicador como o PIB, por exemplo. No entanto, as variações do PIB são empregadas em análises como um indicador da economia porque não existem alternativas melhores para traduzir, em um só indicador, o desempenho econômico e porque todos os envolvidos nas análises e discussões sobre o assunto aceitam-no, bem como a metodologia utilizada no seu cálculo.

A inteligibilidade de um indicador requer que ele seja claro não só quanto ao valor mas também quanto ao conteúdo. No primeiro caso, ele não deve deixar dúvida no receptor da informação sobre o que é desejável e o que é indesejável. No segundo caso, deve ser veiculado em unidades facilmente compreensíveis, que façam sentido para o receptor. Além de inteligíveis, devem possuir comunicabilidade, um poder de comunicar, provocar interesse, reações e comportamentos por parte de quem dele toma conhecimento.

3.8.11. Suficiência

Um indicador deve se bastar como descritor do indicado. Deve ser capaz de, em si mesmo, encerrar e traduzir toda a gama de informações respeitantes ao tema que representa.

3.8.12. Rastreabilidade

Os dados obtidos mediante um sistema de monitoramento destinado à determinação de indicadores devem ser rastreáveis em todas as suas etapas, de modo que terceiros interessados em acessá-los possam fazê-lo. Aqui se verifica uma nova interseção entre GQT, Sistemas de Qualidade ISO 9000/ISO 14000 e indicadores. Como os indicadores resultam do tratamento de dados de campo ou laboratório é importante que estes sejam rastreáveis, permitindo a qualquer tempo a verificação dos dados primários que originaram aqueles.

Para os indicadores que são observações ou representações diretas dos dados obtidos no monitoramento, é suficiente o registro das medições e das folhas de cálculo. Noutros casos, quando envolvem ensaios, é desejável que se guarde um número mínimo de amostras que assegurem a possibilidade de recalibrar todo o conjunto de dados, se isso se tornar necessário, em razão de mudanças tecnológicas na amostragem ou nos procedimentos analíticos (situação bastante comum em qualidade da água)²³. A descrição completa dos modelos e metodologias de aquisição de dados usados e métodos de cálculo de indicadores são tão importantes como a disponibilidade dos próprios dados; caso contrário haverá o risco de futuras comparações serem prejudicadas.

Registros claros devem ser mantidos sobre a amostragem e os métodos analíticos empregados na sua determinação, pois futuramente pode ser necessária uma auditoria para avaliar o processo de aquisição de dados ligados à determinação do indicador.

3.8.13. Outras Características Desejáveis

- **Capacitação requerida para a obtenção de indicadores**

²³ Aqui é conveniente uma avaliação dos custos de preservação de amostras que permaneçam inalteradas quanto às propriedades a época da coleta versus custo de oportunidade de não ser capaz de recalibrar o conjunto de dados com o novo sistema de medição

É desejável que o indicador implique na execução de atividades simples e não necessite de uma capacitação elevada, pois isso aumentaria os custos de sua determinação. Não obstante, os dados obtidos devem atender às exigências de precisão e consistência formuladas nos respectivos padrões normatizados ou especificações. A National Academy of Sciences (2003) dos USA sugere que a informação a ser obtida tenha também valor científico, para atrair o interesse de cientistas e, assim, agregar maior capacitação técnica ao processo. Os indicadores por ela propostos (ver item 3.9.4. adiante) incorporam hipóteses sobre o funcionamento dos ecossistemas, de modo que o seu desenvolvimento e subsequente monitoramento possam gerar uma boa quantidade de informação científica.

Como a qualidade dos dados é uma responsabilidade de quem os coleta, é preciso que os encarregados das diversas etapas estejam adequadamente capacitados do ponto de vista técnico. Portanto, na definição do indicador e do conjunto de dados requeridos para sua determinação, a capacitação técnica requerida do pessoal envolvido em cada etapa de sua determinação deve ser explicitada, com indicação dos conhecimentos técnicos e a especialização necessários, desde a coleta de dados no campo até a publicação final do mesmo, com os comentários interpretativos sobre o seu significado.

- **Compatibilidade Internacional**

Um indicador deve, como se viu, ter agregabilidade. Isso significa que podem ser reunidos em níveis mais elevados de agregação (da bacia hidrográfica para o estado ou país). Por isso, sempre que possível, deve-se buscar compatibilidade com indicadores em desenvolvimento por outras nações. Nem todos os indicadores o conseguem, especialmente aqueles de abrangência local ou regional em um país. Já os indicadores nacionais, por sinalizarem mudanças mais amplas, podem transcender as fronteiras nacionais, e, nesses casos, para que uma ação internacional seja deflagrada de modo sincronizado, é preciso que os mesmos sinais sejam captados e entendidos da mesma maneira nas nações afetadas.

3.9. Iniciativas de Desenvolvimento de Indicadores

Depois de caracterizar os indicadores, estudar suas propriedades e as estruturas conceituais segundo as quais são organizados, cumpre examinar algumas iniciativas de desenvolvimento de conjuntos de indicadores ambientais ou de

sustentabilidade empreendidos por governos nacionais, agências multilaterais e organizações não governamentais, exemplos práticos do esforço de construção de conjuntos de indicadores vinculados à gestão ambiental.

3.9.1.África do Sul

A África do Sul estabeleceu um programa para desenvolver um conjunto básico de indicadores ambientais para a produção do seu Relatório de Estado do Meio Ambiente (Department of Environmental Affairs and Tourism – DEAT et al. 2002).

Utiliza a estrutura conceitual DPSIR com indicadores relativos às águas doces continentais em seu Relatório do Estado do Meio Ambiente (1999). A lista completa de indicadores selecionados para o tema Águas Continentais se encontra no Quadro 3.5. Os autores do Relatório manifestam preocupação com a aquisição de dados que possibilitam a determinação dos indicadores, registrando que muitos inexistem enquanto outros requerem retrabalho e interpretação. Admitem também que a escolha dos indicadores não é feita com base na sua adequação: na seleção dos indicadores que integram o conjunto muito pesou a disponibilidade de dados.

3.9.2.Austrália

Embora tenha dado início à confecção do seu terceiro Relatório de Estado do Meio Ambiente (State of the Environment 2006) a base vigente é a do segundo relatório, de 2001. Os indicadores nele empregados foram delineados por autores independentes que prepararam relatórios de apoio para cada um dos sete temas (atmosfera, biodiversidade, solo, águas continentais, regiões costeiras e oceanos, estabelecimentos humanos, patrimônio natural e cultural) em que se baseia o Relatório Nacional de Estado do Meio Ambiente. Os relatórios recomendaram um total de 454 indicadores para descrever as tendências e transformações do ambiente australiano. A maioria deles foi testada na produção dos relatórios temáticos empregados na produção do Relatório de Estado do Meio Ambiente de 2001, tendo sido a primeira vez que indicadores ambientais foram usados em escala nacional nesse tipo de relatório.

Um conjunto de 74 indicadores foi destacado do conjunto maior e identificado como conjunto básico de indicadores. Este conjunto, que cobre seis temas – atmosfera, biodiversidade, uso do solo, águas continentais, estuários e mares e

estabelecimentos urbanos - recebeu o endosso do Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC, 2000), segue a estrutura conceitual CPR²⁴ (Condição-Pressão-Resposta) e deve ser empregado por estados, territórios e governos locais em seus Relatórios de Estado do Meio Ambiente.

Para o caso das águas continentais foram examinados mais de 200 indicadores, dos quais 53 foram recomendados para avaliações e refinamentos adicionais, sendo 18 de pressão, 19 de condição e 16 de resposta (Fairweather e Napier, 1998), alicerçados na idéia central de saúde do ecossistema aquático, deslocando a ênfase do ponto de vista antropocêntrico para abrigar também uma ética ecocêntrica.

O conjunto central de indicadores da ANZECC (2000) acolheu 15 indicadores vinculados a recursos hídricos:

- 2 relativos a águas subterrâneas
 - Extração de água subterrânea vs. Disponibilidade (C)
 - Inconformidades verificadas no monitoramento da qualidade das águas subterrâneas (C)
- 9 relativos a águas superficiais
 - Extensão da cobertura por vegetação de raízes profundas por bacia (P)
 - Retiradas de águas superficiais vs. Disponibilidade(P)
 - Objetivos dos fluxos ambientais (R)
 - Descargas pontuais (P)
 - Salinidade das águas superficiais (C)
 - Inconformidades verificadas no monitoramento das águas superficiais (C)
 - Florações de algas de águas doces (C)
 - Águas servidas (R)
 - Reuso de águas (R)
- 4 relativos a habitats aquáticos
 - Extensão de rios protegidos com cobertura vegetal; (P)
 - Saúde dos rios (C)
 - Extensão e cobertura das áreas úmidas (C)
 - Estoque estimado de peixes nas águas doces. (C)

²⁴ O ANZECC adotou uma variante da estrutura PSR, substituindo **Estado** por **Condição**. Uma interessante discussão sobre a complexidade dessa estruturação se encontra na pg. 12 desse relatório

Fairweather e Napier (1998) entendem que a melhor regionalização para os indicadores de águas continentais é aquela representada pelas 12 divisões de drenagem usadas pela Australian Water Resource Commission e adotadas no *Australia: State of Environment 1996*; pelas 77 regiões hidrográficas usadas para fins de planejamento; pelas 61 províncias hidrogeológicas e 245 bacias hidrográficas.

3.9.3. Canadá

Em 2000 a TRNEE (Mesa Redonda Nacional sobre o Meio Ambiente e a Economia) lançou, conjuntamente com a Statistics Canada e a Environnement Canada, sua iniciativa sobre os indicadores de desenvolvimento sustentável e do meio ambiente (IDDE) um programa trienal, destinado a montar um conjunto de indicadores nacionais que fossem confiáveis, pertinentes e bem aceitos para medir a incidência das práticas econômicas atuais sobre os componentes dos ativos natural e humano, bem como determinar se a atividade econômica atual inclui a capacidade de manter, a longo prazo, uma economia sã e um ambiente saudável (TRNEE, 2003; Smith, Simard e Sharp, 2001).

A TRNEE recomendou que os indicadores de desenvolvimento sustentável fossem fundados sobre a noção de capital. O capital – produzido, humano e natural – seria uma base correta para os indicadores de desenvolvimento sustentável no plano conceitual. A TRNEE chegou à conclusão de que os sistemas de informação nacionais do Canadá não fornecem, presentemente, dados suficientes sobre o conjunto de bens de capital do país nem sobre os liames entre os fatores ambientais, sociais e econômicos. Como os demais países, o Canadá fundamenta suas decisões em matéria de desenvolvimento econômico sobre indicadores macroeconômicos e um sistema de contas nacional, os quais pouco informam sobre os capitais natural, humano ou social.

Como já discutido no item 3.7.3, o capital natural enfeixa os recursos naturais, a terra e os ecossistemas, todos essenciais para a preservação dos recursos para as gerações futuras. Os ecossistemas, por exemplo, permitem a realização de serviços

Quadro 3.5 - África do Sul - Lista Completa de Indicadores Relativos a Águas Interiores

Código	Indicador	Sub-tema	Cat*	Niv**	Frequência***
IW15	Vegetação ribeirinha	Integridade do sistema de águas doces	S	2	A cada 5 anos
IW16	Composição de macro-invertebrados aquáticos		S	2	Anualmente
IW17	Saúde da comunidade de peixes		S	2	Anualmente
IW18	Integridade de habitat aquático		S	2	A cada 5 - 10 anos
IW08	Salinidade das águas de superfície	Qualidade das águas	S	1	Anualmente
IW09	Salinidade das águas subterrâneas		S	1	Anualmente
IW10	Nutrientes das águas superficiais		S	1	Anualmente
IW11	Nutrientes das águas subterrâneas		S	1	Anualmente
IW12	Microbiologia das águas superficiais		S	2	Anualmente
IW13	Microbiologia das águas subterrâneas		S	2	Anualmente
IW14	Toxicidade das águas superficiais		I	2	Anualmente
IW01	Intensidade de uso dos recursos hídricos superficiais	Quantidade de água	P	2	A cada 5 anos
IW02	Intensidade de uso dos recursos hídricos subterrâneos		P	2	A cada 5 anos
IW03	Total de água superficial usada por setor		P	2	A cada 5 anos
IW04	Total de água subterrânea usada por setor		P	2	A cada 5 anos
IW05	Total de recursos hídricos superficiais disponíveis per capita		S	1	A cada 5 anos
IW06	Pessoas dependentes de recursos hídricos subterrâneos		S	2	A cada 5 anos
IW07	Relação entre o total de recursos hídricos superficiais disponíveis per capita e a renda per capita que pode ser usada para obter a água		R	1	Anualmente

FONTE: Department of Environmental Affairs and Tourism(DEAT) et al., 2002

NOTAS:

* Categoria do indicador em termos de estrutura conceitual: (P) Pressão; (S) Estado; (I) Impacto; (R) Resposta.

** Nível – refere-se à disponibilidade de dados para o indicador. Três níveis são reconhecidos: (1) Dados disponíveis são adequados; (2) Necessários dados adicionais; (3) Nenhum dado disponível

*** Refere-se à frequência com que relatórios são produzidos

essenciais, como a purificação do ar e das águas, a produção de um solo fértil, um clima e um habitat para a fauna.

Tal como o capital produtivo, o capital natural está sujeito à deterioração, que pode ser representada pela exaustão dos recursos naturais, uma sobrecarga de dejetos ou modificações da configuração terrestre. Diferentemente do capital produtivo, no entanto, a deterioração de alguns tipos de capital natural pode ser evitada pelo emprego de métodos adequados (sustentáveis). Nesses casos, os indicadores podem sinalizar quando as atividades humanas interferem com o funcionamento dos ecossistemas, diminuindo os serviços por eles assegurados.

Durante os trabalhos, algumas categorias de indicadores emergiram da aplicação da estrutura conceitual de capitais:

1. Indicadores de estoques de capital (quantidade) – medidos em unidades monetárias ou físicas;
2. Indicadores de qualidade dos estoques de capital – relacionados parcialmente à sustentabilidade de longo prazo dos estoques (por exemplo, medições de qualidade de água);
3. Indicadores de produtos dos serviços dos ecossistemas - relacionados com os serviços proporcionados pelo ambiente e considerados essenciais para a sustentabilidade ambiental de longo prazo da economia (por exemplo, a capacidade de um ecossistema assimilar poluentes);
4. Indicadores de saúde do ecossistema – indicadores que refletem o estado do ecossistema e sua capacidade de continuar a prover serviços;
5. Indicadores de cargas de poluentes – indicadores que dão uma idéia da demanda por serviços do ecossistema, mas nada dizem sobre a atual qualidade/quantidade do capital disponível. Presumivelmente, quando a demanda pelo capital cresce constantemente, chegar-se-á a um ponto a partir do qual a demanda pelo serviço supera a capacidade do capital prover o serviço.

A iniciativa de determinação dos IDDE se dá em três fases: determinação dos procedimentos de medição dos indicadores; elaboração dos indicadores; e submissão a testes e difusão dos indicadores propostos. Para facilitar a segunda etapa, a TRNEE organizou grupos de concertação para cada um dos seis domínios ligados ao conceito de capital.

- O capital humano
- Os recursos não renováveis
- Os recursos renováveis
- As terras e os solos
- A qualidade do ar e as condições atmosféricas
- Os recursos hidráulicos.

Os indicadores propostos para recursos hídricos nessa iniciativa foram os relacionados no Quadro 3.6, a seguir.

Quadro 3.6 – Indicadores da TRNEE relacionados com recursos hídricos (TRNEE, 2003)

Categoria (estoques de capital)	Indicador	Notas
Água	Medida da escassez de água	Baseado na Contabilidade de Água Canadense, da Statistics Canada
Qualidade da água e saúde dos peixes de água doce	Mercúrio no tecido dos peixes	
Produtos de serviços de ecossistemas		
Provisão de água limpa para humanos e ecossistemas	Qualidade da água superficial	Oferece uma perspectiva nacional sobre a qualidade da água doce pela ótica dos grandes objetivos de uso da água no Canadá
Provisão de água potável para a saúde humana	Incidência de doenças veiculadas pela água	
Provisão de água potável para a saúde humana	População servida por tratamento de esgotos	
Capital natural		
-	Extensão de áreas úmidas	

a. Canadá: A Província de Manitoba

O relatório de estado do meio ambiente da Província de Manitoba (Manitoba Conservation, 2005) monitora a sustentabilidade pelo acompanhamento e interpretação de indicadores chave em muitos setores da província.

Os indicadores são organizados em uma estrutura conceitual, esquematicamente representada na Figura 3.11, que reflete as diferentes dimensões da sustentabilidade de Manitoba – meio ambiente, economia e bem-estar social. O conceito de sustentabilidade está enraizado na interconectividade e interdependência de cada dimensão com as demais: nenhuma pode ser considerada isoladamente.



individuos.cdr / Data:03/02/06

NM / TW

Fonte: Manitoba Conservation, 2005

Figura 3.11 – Estrutura conceitual de indicadores

Dentro de cada dimensão estão as categorias que, por sua vez, possuem tendências e indicadores-chave. Esses devem ser escolhidos com cuidado para assegurar que os objetivos sejam alcançados, já que um número infindável de indicadores pode ser usado.

Os indicadores apresentados no relatório oferecem informações para um período curto relativamente à sustentabilidade de longo prazo. Na verdade, eles não

devem ser interpretados isoladamente e sim combinados com outras informações e idéias relevantes.

O Quadro 3.7 reúne os indicadores do ambiente natural considerados pela Manitoba Conservation em seu relatório de 2005.

Quadro 3.7 – Indicadores do ambiente natural, Manitoba Conservation

Categoria	Indicador	Tendência
Biodiversidade e Conservação do Habitat	Áreas protegidas e terras naturais	Positiva
	Espécies selvagens e ecossistemas em risco	Obscura
Peixes	Biodiversidade e população de espécies de peixes	Mudando
	Quantidade de peixe coletado	Variável conforme as espécies pescadas e os locais
Florestas	Tipo de florestas e classe de idade	Estável
	Renovação florestal	Estável
Ar	Índice de qualidade do ar urbano	
Água	Qualidade da água	Estável
	Consumo e alocação de água	Positivo para uso municipal. Para uso industrial e agrícola, negativo
Mudanças climáticas	Temperatura média anual e sazonal	Negativo
	Precipitação total anual e sazonal	Negativo
	Emissões de gases de efeito estufa	Estável

Fonte: Manitoba Conservation, 2005

A Manitoba Conservation usa também um índice de sustentabilidade geral, denominado **espaço ambiental**¹⁶ (Wackernagel e Rees, 1996; Chamber, Simmon e Wackernagel, 2000), medida em ha/hab. Em 2001 (Manitoba Conservation, 2005). Manitoba possuía um espaço ambiental de aproximadamente 9 milhões de hectares (o que equivale a 7,78ha/hab) e sua bioprodutividade era de 18,8 milhões de hectares.

Como se pode ver, apenas dois indicadores genéricos representam os recursos hídricos nesse conjunto básico de 12 indicadores naturais que descrevem a qualidade ambiental da Província de Manitoba.

3.9.4 USA – U S Environment Protection Agency (USEPA, 2003) e National Academy of Sciences (2003)

A EPA desenvolveu duas iniciativas respeitantes a indicadores ambientais.

A primeira é o Report on the Environment – RoE (EPA, 2003), apresentado em 2003 sob a forma de minuta (“*draft*”) e presentemente em revisão por um grupo de consultores, que originará o Report on the Environment 2007 (RoE2007). Para 2007 pretende-se montar um conjunto de indicadores distribuídos em seis níveis, como indicado no Quadro 3.8.

Os indicadores respeitantes a recursos hídricos propostos para o “*Report on the Environment 2007*” estão sob a categoria “Água e Bacias de Drenagem” onde se abrigam indicadores de águas doces e de regiões costeiras, totalizando 17 indicadores, dos quais interessam exclusivamente águas continentais os seguintes:

- Macroinvertebrados bentônicos em rios vadeáveis
- Florações de algas
- Acidez de rios e lagos

¹⁶ O espaço ambiental ou pegada ambiental (*ecological footprint*) é o território necessário para sustentar os padrões de consumo da população de um país, estado, município, bacia hidrográfica ou outro recorte geográfico que se tome. Ou, em outras palavras, a quantidade de terra produtiva necessária para produzir os insumos e assimilar os resíduos requeridos para manter a atividade econômica dessa população. Quando comparada com a bioprodutividade – a terra produtiva total disponível da área geográfica tomada – tem-se a sustentabilidade do padrão de vida daquela área.

Quadro 3.8 – Níveis de Indicadores do RoE2007

Nível	Tipo	Exemplo
1	Administrativo: regulamentos e ações governamentais	Estatutos, liderança política, regulamentos
2	Administrativo: ações e respostas de partes envolvidas	Reciclagem, prevenção e controle da poluição, mudanças de hábitos de consumo
3	Ambiental: Mudanças quantitativas nas pressões ou nos “stressores”	Habitats alterados ou destruídos, alteração hidrológica, poluentes extravasando em um meio
4	Ambiental: Condições ambientais	Concentrações de poluentes em meios e na água potável; resíduo sólido em aterros, hidrologia, habitat
5	Ambiental: Exposição, carga ou absorção	Marcadores biológicos de absorção em pessoas, plantas, animais ou microorganismos
6	Ambiental: Mudanças na saúde humana ou nas condições ecológicas	Morbidade, mortalidade, estrutura biótica e processos ecológicos

- Nitratos e pesticidas em águas subterrâneas das bacias
- Extensão de áreas úmidas, mudanças e fontes das mudanças
- Nitrato, fósforo e pesticidas em rios em bacias agrícolas
- Descargas de nitrogênio e fósforo de grandes rios
- Nitrogênio e fósforo em rios vadeáveis
- Estabilidade das margens dos rios vadeáveis
- Mudanças das vazões dos rios¹⁷

O Índice de Indicadores de Bacia – IWI (USEPA, 2005) resulta da compilação de informações sobre a saúde dos recursos aquáticos nos Estados Unidos. O índice em questão leva em conta uma variedade de indicadores que informam se rios, lagos, áreas úmidas, estuários e pequenos cursos d’água se encontram em bom estado ou não e se as atividades conduzidas nas terras adjacentes ou circundantes as afetam negativamente e em que grau.

O índice se baseia nos Indicadores de Qualidade de Água nos Estados Unidos, desenvolvidos pela EPA em parceria com Estados, agências federais, organizações particulares e tribos indígenas. O Relatório de Indicadores apresenta 18 indicadores nacionais de saúde dos recursos hídricos americanos. O IWI avalia um conjunto similar

¹⁷ Este indicador se encontra em outra categoria

de indicadores para cada uma das 2.111 bacias de 48 estados americanos. O IWI será analisado no capítulo seguinte, quando se tratar dos indicadores concebidos para a gestão dos recursos hídricos.

Uma outra experiência no sentido de propor indicadores nacionais foi a da National Academy of Sciences/National Research Council (2003) que, através de uma comissão especial recomendou o seguinte conjunto de indicadores, segundo uma visão macroambiental:

Quadro 3.9. Indicadores Nacionais da Condição Ecológica propostos pela National Academy of Sciences – USA (2003)

Categoria da Informação Ecológica	Indicadores Recomendados
• Extensão e estado dos ecossistemas do país	Cobertura e uso do solo
• Capital ecológico – material prima bruta biótica	Diversidade total de espécies Diversidade de espécies nativas
• Capital ecológico – matéria prima bruta abiótica	Escoamento superficial de nutrientes Matéria orgânica do solo
• Funcionamento ecológico (performance)	Produtividade Estado trófico dos lagos Oxigênio dos rios Matéria orgânica dos solos Eficiência no uso de nutrientes e balanço de nutrientes Uso do solo

3.10. Agências Internacionais

A última década foi marcada por um intenso esforço, conduzido por agências multilaterais, no desenvolvimento de indicadores ambientais, com destaque para o trabalho realizado pelas Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (UNCSD) e a Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD). Ambas desenvolveram conjuntos de indicadores ambientais ligados aos seus processos de monitoramento e auditoria ambiental.

3.10.1. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE (1993; 2004 a, 2004b, 2004c)

A OCDE é a agência internacional que apresenta o mais sólido e continuado trabalho no sentido de montar um sistema de indicadores ambientais, tendo desenvolvido um primeiro conjunto preliminar já em 1991 (OECD, 1993). Presentemente

vem trabalhando com um **conjunto básico de indicadores ambientais** (“*core environmental indicators set - CEI*”) usado em todos os países que fazem parte da OECD; um **conjunto mais restrito**, composto por um número menor de indicadores (10 a 15) que fazem parte do conjunto básico, denominado indicadores - chave ambientais (“*key environmental Indicators –KEI*”); conjuntos de indicadores ambientais setoriais (“*sectoral environmental indicators – SEI*”) destinados aos tomadores de decisões setoriais, envolvendo um número maior de indicadores, sendo um conjunto por setor. O Quadro 3.10 apresenta as principais características desses conjuntos.

Quadro 3.10- Conjuntos de Indicadores Ambientais Organizados pela OECD

Conjunto	Estrutura Conceitual	Finalidade	Público-Alvo	Nº. de Indicadores/Edições
CEI	PSR (pressões ambientais - condições ambientais e respostas da sociedade)	Ferramenta para auditoria e revisão da performance ambiental e temas correlatos em países - membro da OCDE.	Governos nacionais, decisores da área ambiental, comunidade internacional e público em geral	58 aprox./ 1994, 1998 e 2001
KEI	PSR (foco nas pressões ambientais e nas condições)	Visão geral; ferramenta para comunicação pública	Público Decisores de alto nível	10 a 15/2001
SEI	PSR (tendências setoriais significativas; interações com o ambiente)	Rever a performance ambiental e monitorar o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável	Governos nacionais; decisores ambientais e setoriais	Um grande número de indicadores: um conjunto por setor. <ul style="list-style-type: none"> • Transporte (desde 1993) • Agricultura (desde 1997) • Consumo doméstico (1999)
Derivados da contabilidade ambiental	Estruturas de contabilidade	Rever a performance ambiental e monitorar o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável	Governos nacionais Decisores ambientais e setoriais	Indicadores selecionados incluídos no CEI. <ul style="list-style-type: none"> • Contas de recursos naturais (1993) • Contabilidade ambiental (1995) • Contabilidade de fluxos de materiais
DEI	PSR (foco nas pressões ambientais diretas e nas forças propulsoras subjacentes)	Rever a performance ambiental e monitorar o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável	Governos nacionais Decisores ambientais e setoriais	Indicadores derivados de outros conjuntos da OECD e da contabilidade ambiental/ Separação de indicadores (2002)

Fonte OECD, 2004a

Os indicadores ambientais que integram o CEI se encontram no Quadro 3.11 (OECD, 2004 b). Eles foram montados com dados reunidos pela OECD (2004c) na base de dados SIREN, regularmente atualizada com informações fornecidas pelos países membros e harmonizadas pelo Grupo de Trabalho sobre Informação e Previsão Ambiental(WGEIO).

Quadro 3.11. Estrutura de Indicadores da OCDE

TEMAS	PRESSÃO	ESTADO	RESPOSTA
	Indicadores de Pressões Ambientais	Indicadores de Condições Ambientais	Indicadores de Respostas da Sociedade
1. Mudança climática	Emissões de CO ₂	Concentração de gases - estufa na atmosfera Temperatura média global	Intensidade de energia
2. Depleção de ozônio	Consumo aparente de CFCs	Concentração de CFCs na atmosfera	
3. Eutrofização	Consumo aparente de fertilizantes, medido em N:P	DBO, OD, N e P em rios selecionados	% da população coberta por ETEs
4. Acidificação	Emissões de SO _x e NO _x	Concentrações em precipitações ácidas (pH, SO ₄ , NO ₃)	Gastos com redução da poluição do ar
5. Contaminação tóxica	Geração de lixo tóxico	Concentração de Pb, Cr, Cu em rios selecionados	Participação da gasolina sem chumbo no mercado
6. Qualidade de desenvolvimento ambiental		Concentração de SO ₂ e NO ₂ e particulados em cidades selecionadas	
7 & 8. Paisagem e diversidade biológica	Mudanças de Uso do solo	Espécies extintas ou ameaçadas como % das espécies conhecidas	Áreas protegidas em relação à área total (%)
9. Resíduos	Geração de resíduos	não aplicável	Gastos com coleta e tratamento de resíduos Reciclagem de resíduos (papel e vidro)
10. Recursos hídricos	Intensidade de uso dos recursos hídricos		
11. Recursos florestais		Área, volume e distribuição de florestas	
12. Recursos pesqueiros	Pesca		
13. Degradação do solo (desertificação e erosão)	Mudanças de uso do solo		
14. Indicadores gerais, não atribuíveis a temas específicos	Crescimento populacional e densidade demográfica Crescimento PIB Produção industrial e agrícola Matriz energética e produção de energia Tráfego rodoviário e estoque de veículos	Não aplicável	Gastos com redução do controle da poluição Opinião pública sobre o ambiente

baicias_tensoes_basicas.cdr / Data:13/02/06

NM / TW

Fonte: OECD, 2004b

3.10.2. EEA- European Environment Agency (2003)

A Diretiva da Comunidade Européia de Recursos Hídricos (Parlement Européen, 2000; EEA, 2003) representa a inserção dos conceitos de gerenciamento de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica e de status ecológico em um protocolo legislativo. O *status* ecológico deve incluir a avaliação das comunidades biológicas, as características hidrológicas e de habitat bem como as características físico-químicas das águas. A grande inovação é que as medidas de gestão dos recursos hídricos deverão ser direcionadas para o objetivo de manter vazões e níveis d'água e, simultaneamente, manter e recuperar os habitats ribeirinhos.

Quatro temas ligados aos recursos hídricos foram incorporados ao conjunto básico de indicadores da EEA (2003) pela sua representatividade e importância: qualidade ecológica, nutrientes e poluição orgânica das águas, substâncias perigosas e quantidade de água. A EEA está desenvolvendo indicadores, segundo uma abordagem “*top-down*”, para responder a questões específicas relativas a políticas públicas. Esta abordagem, apesar dos progressos conseguidos com a implementação da “*Eurowaternet*”, nem sempre tem se viabilizado, pois tem esbarrado na falta ou imperfeições das bases de dados ou do fluxo de transferência desses dados.

Em relação aos recursos hídricos, a EEA oferece informações sobre as tendências atuais da quantidade e qualidade da água, mudanças nas pressões instaladas e a efetividade das políticas conduzidas.

3.10.3. Nações Unidas – United Nations Commission for Sustainable Development (UNCSD)

Trata-se de uma estrutura conceitual que passou por 5 anos de testes em 25 países antes de chegar ao formato atual. A UNCSD (1996) inicialmente adotou a estrutura DSR como ponto de partida para identificação e seleção de 134 indicadores, desenvolvidos como uma listagem preliminar, para serem testados em âmbito nacional. Entre 1996 e 1999, 22 países de todas as regiões do mundo participaram de um primeiro programa voluntário de testes para avaliar a propriedade da estrutura DSR e o emprego dos mesmos no processo decisório nacional, bem como sugerir

indicadores adicionais relacionados a prioridades nacionais. Os resultados desse programa de testes se encontra reportado pela UNCSO (1999), ocasião em que o Grupo de “*Experts*” que assessorava a Divisão recomendou que a estrutura de indicadores fosse reorientada para enfatizar temas relacionados a políticas públicas e ao desenvolvimento sustentável. A estrutura conceitual foi então revisada e reestruturada e, mais tarde (UNCSO, 2001), mediante abandono da estrutura DSR e adoção de uma estrutura de temas e subtemas.

Como resultado desse processo interativo e inclusivo, uma estrutura final de 15 temas, 38 subtemas e 58 indicadores foi desenvolvida para guiar o desenvolvimento de indicadores nacionais depois do ano 2001. Cabe observar que a organização de temas e subtemas dentro das quatro dimensões do desenvolvimento sustentável (social, econômico, ambiental e institucional) representa, para a UNCSO, o melhor ajustamento para orientar a seleção de indicadores, mas não significa que os temas devam ser considerados exclusivamente em uma dimensão.

O Quadro 3.4, apresentado no item 3.7.2, resume a estrutura conceitual temática adotada pela UNCSO em 2001.

Na abordagem por temas da UNCSO, a ênfase se encontra nos tópicos orientados para políticas setoriais de maneira a melhor servir às necessidades de tomada de decisão política. Além disso:

- as quatro dimensões primárias do desenvolvimento sustentável foram mantidas como áreas;
- a estrutura não é estritamente a seguida pelos capítulos da Agenda 21; porém a referência aos capítulos pertinentes é feita;
- referência direta à estrutura DSR foi descontinuada, embora ainda seja possível categorizar os indicadores individuais como força propulsora, estado ou medidas de resposta e qualquer país que desejar poderá mudar essa estrutura.

Os recursos hídricos são representados na lista da UNCSO pelos seguintes indicadores:

Área Social

- Tema: Saúde
 - Subtema: Saneamento

- Porcentagem da população com adequado serviço de tratamento de esgotos
- Subtema: Água potável
 - Porcentagem da população com acesso a água potável segura

Área Ambiental

- Tema: Água doce
 - Subtema: Quantidade de água
 - Retirada anual total de água superficial e subterrânea em termos da água total disponível
 - Subtema: Qualidade da água
 - DBO nos corpos hídricos
 - Concentração de coliformes fecais na água

Os autores desse conjunto básico de indicadores consideram ter eliminado os problemas associados à duplicação e à falta de relevância, sentido e de metodologias testadas e amplamente aceitas para determinar os indicadores. Entendem, todavia, que qualquer conjunto de indicadores requer adaptações às condições específicas de cada país e precisa de revisões periódicas para atualização e incorporação da experiência acumulada.

3.10.4. World Economic Forum - Índice de Performance Ambiental (EPI)

O Índice de Performance Ambiental (Esty et al., 2005), ou EPI²⁷, pretende medir o progresso global em direção à sustentabilidade ambiental para 142 países. É, portanto, um índice de abrangência nacional, usado para classificação dos países quanto à sustentabilidade.

O EPI é utilizado para

- Identificar temas onde a performance nacional está acima ou abaixo da expectativa;
- Estabelecer prioridades entre áreas/setores/políticas dentro de países e regiões;
- Acompanhar tendências ambientais;
- Avaliar o sucesso de políticas e programas;
- Investigar interações entre performance econômica e ambiental.

²⁷ No original, Environmental Sustainability Index

O EPI combina medições das condições correntes, pressões sobre essas condições, impactos humanos e respostas sociais, porque esses fatores, coletivamente, constituem a métrica para monitorar/medir a sustentabilidade ambiental de longo prazo, que é uma função dos dotes em recursos naturais, práticas passadas, resultados ambientais atuais e capacidade de enfrentar desafios futuros. O Quadro 3.12, a seguir, apresenta o esquema de agregação de indicadores para chegar ao EPI.

A sustentabilidade é estimada com o concurso de 20 indicadores cada um deles sendo o resultado de combinações de 2 a 8 variáveis para um total de 68 conjuntos de dados, organizados em 5 componentes básicos:

- Sistemas ambientais
- Redução de tensões
- Redução da vulnerabilidade humana
- Capacidade institucional e social
- Organização/administração global

A escolha dos indicadores e das variáveis a partir das quais eles são constituídos foi feita por uma extensa revisão da literatura ambiental, avaliação dos dados disponíveis e um amplo processo de análise e consultas. Os autores admitem algumas fraquezas metodológicas na ponderação dos indicadores que formam o Índice, deficiências na qualidade dos dados com que trabalharam, a existência de falhas substantivas atribuíveis à falta de dados comparáveis sobre um certo número de temas de alta prioridade e a falta de extensão nas séries de dados utilizados.

Os recursos hídricos são considerados em três componentes básicos: sistemas ambientais, redução de tensões e redução da vulnerabilidade humana, representando 10 indicadores, a seguir enumerados:

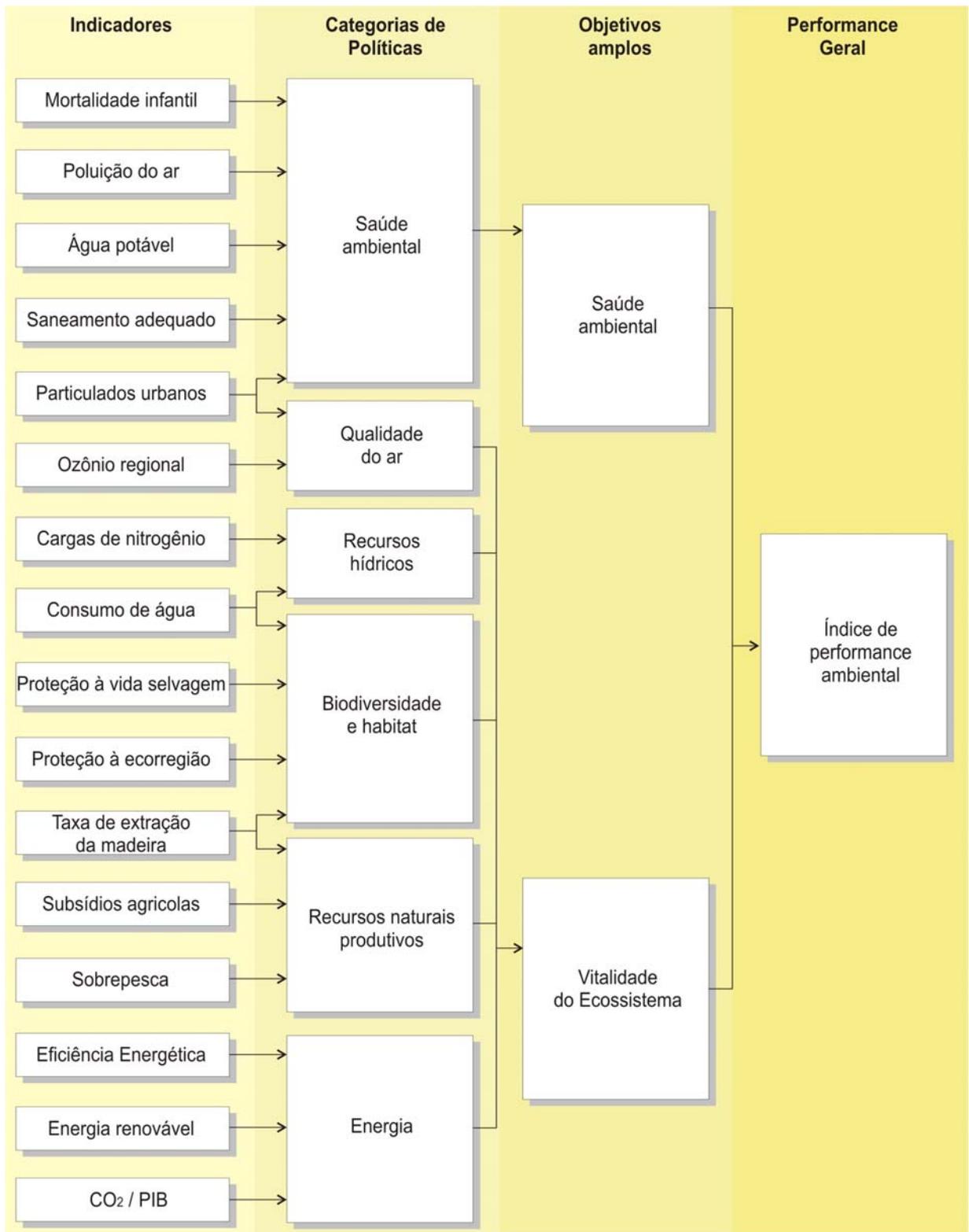
- Sistemas ambientais
 - Quantidade de água
 - Quantidade de água renovável per capita
 - Ingressos de água procedentes de outros países
 - Qualidade da água
 - Concentração de oxigênio dissolvido
 - Concentração de fósforo

- Sólidos em suspensão
- Condutividade elétrica
- Redução de tensões
 - Redução de tensões hídricas
 - Consumo de fertilizante por hectare.
 - Uso de pesticida por há de terra arável
 - Poluentes orgânicos industriais por água disponível
 - Percentagem do território do país sob severa tensão hídrica

O EPI é calculado com periodicidade anual e apresenta tabelas de classificação dos países não apenas para o Índice Global como também para os componentes. Os autores concluem que o EPI permanece um “índice em construção” e afirmam que nenhum país está acima nem abaixo da média em todos os 20 indicadores, significando que todo país tem algo a melhorar e nenhum país pode ser considerado fora do caminho da sustentabilidade.

O Índice de Performance Ambiental tem uso ainda limitado pelo alto grau de abstração envolvido e por questões metodológicas.

Quadro 3.12. Esquema de agregação de indicadores para montagem do EPI
(Índice de Performance Ambiental)



indice_performance.cdr / Data:14/02/06

NM / TW

Fonte: Esty et al. 2005

CAPÍTULO QUATRO

INDICADORES DE RECURSOS HÍDRICOS

The accepted definition of inland waters is the surface and underground water resources not associated with the seas (thus excluding estuaries and coastal lagoons). These waters are predominantly fresh, but can be more saline than seawater for natural or cultural reasons. Such water resources may be permanent or temporary. Inland waters constitute important inland ecosystems — including wetlands, rivers, lakes, streams, aquifers, ponds and floodplains. Inland waters are diverse in type, source, quality and setting within the landscape. Yet for monitoring and reporting on the condition of inland waters there has to be some acceptable baseline against which change can be measured.²⁸

Feater

4.1. Introdução

No capítulo anterior viu-se que indicadores vêm tendo maior uso e divulgação no apoio à tomada de decisões e para sinalizar o estado de um dado aspecto ou a condição de uma variável, comparando as diferenças observadas no tempo e no espaço. Foi possível concluir que os indicadores, especialmente os ambientais, procuram denotar o estado do meio ambiente e as tensões nele instaladas, bem como a distância em que este se encontra de uma condição de desenvolvimento sustentável e as respostas da sociedade a este quadro.

Os recursos hídricos integram o conjunto de recursos naturais de um país. Como tal, fazem parte do meio ambiente e, por isso, sua gestão deve ser articulada

²⁸ “ A definição aceita de águas interiores as reconhece como as águas superficiais e subterrâneas que não se encontram associadas aos mares (assim excluindo os estuários e as lagoas costeiras). Essas águas são predominantemente doces, porém podem ser mais salinas do que as águas do mar por razões naturais ou culturais. Tais recursos hídricos podem ser permanentes ou temporários. As águas interiores constituem importantes ecossistemas continentais – incluindo-se as áreas úmidas, rios, lagos, riachos, aquíferos, lagoas e planícies de inundação. Assim, para monitorar e descrever a condição das águas interiores é necessário dispor de uma linha de base aceitável, contra a qual as mudanças possam ser medidas”

com a gestão ambiental. Em muitos estados do Brasil e no governo federal, a gestão dos recursos hídricos está entregue a órgãos ambientais; em outros está confiada a um órgão específico, que mantém diálogo com a área ambiental. Em razão da importância que têm para a vida humana, dos múltiplos usos que dele se faz, do tratamento administrativo que tiveram na história da República brasileira e de suas especificidades quanto à gestão, são, de fato e de direito, uma área autônoma, individualizada. O planejamento e gestão dos recursos hídricos requer, então, o emprego de indicadores mais específicos, pois espera-se que estes descrevam as condições em que se encontram as diversas propriedades e relações dos corpos hídricos de uma determinada bacia ou unidade geopolítica de recorte, o estado da gestão dos mesmos, as transformações experimentadas, tanto por esses recursos hídricos quanto pela sua gestão, e as relações que guardam com o desenvolvimento sustentável da unidade de estudo. Não é possível, por essa ótica mais acurada de exame, restringir sua caracterização a dois ou três indicadores genéricos, como foi visto quando se percorreu as iniciativas de indicadores ambientais selecionadas para análise.

Os indicadores para planejamento e gestão de recursos hídricos devem ser selecionados pelos seus usuários de forma a atender às necessidades percebidas. O conjunto de indicadores deve ser gradualmente estabelecido de modo a satisfazer as necessidades próprias do sistema de planejamento e gestão de recursos hídricos implantado, dentre as quais se destacam:

- Monitorar a sua quantidade e qualidade e os efeitos decorrentes da implementação dos programas e projetos que são conduzidos, bem como o progresso e o cumprimento das metas fixadas;
- Sinalizar a necessidade de corrigir o curso de programas e projetos sempre que o desvio desses se tornar excessivo.
- Estabelecer normas regionais e globais;
- Determinar o impacto de ações empreendidas ou situações existentes; e
- Medir e comparar a eficácia de ações alternativas.

A literatura técnica evidencia cinco caminhos diferenciados percorridos pelos vários autores que se dedicaram à construção de listas de indicadores de planejamento e gestão dos recursos hídricos e sua sistematização.

De acordo com Rosen et al. (citado por Ball e Church, 1980), que representam a primeira abordagem, os indicadores de qualidade da água podem ser organizados em quatro grupos principais, mutuamente exclusivos e orientados para o uso.

O grupo 1 está ligado às tensões e inclui duas categorias:

- indicadores pontuais – registram as tensões relativas à qualidade da água instaladas a partir de fontes discretas;
- indicadores de fontes difusas (não pontuais) – que descrevem as tensões na qualidade das águas causadas por fontes difusas.

O Grupo 2 focaliza a capacidade de medir tensões e inclui 4 categorias:

- medições simples como indicadores – inclui os muitos atributos e componentes individuais da água que são usados como indicadores de qualidade das águas;
- indicadores baseados em critérios e baseados em padrões – correlacionam medidas de qualidade das águas com padrões que foram determinados como satisfatórios tendo em conta a preservação de qualidades da água tidas como desejáveis.
- índices multiparamétricos de avaliação – determinados pelas opiniões de especialistas em qualidade de água, individuais ou coletivas
- índices empíricos multiparamétricos – estabelecidos com o emprego das propriedades estatísticas das medições de qualidade das águas

O Grupo 3 lida com a qualidade da água de lagos, por meio de indicadores desenvolvidos especificamente para avaliação desses corpos hídricos, sendo esta sua única categoria.

O Grupo 4 trata das conseqüências da qualidade das águas e inclui três categorias:

- indicadores baseados na percepção – determinados por meio das opiniões públicas e pelos usos dos corpos hídricos.
- indicadores de vida aquática – baseados nas diferentes relações de tolerância da biota aquática a várias condições e poluentes da água;
- indicadores de uso da água – destinados a avaliar a compatibilidade das águas com os seus diversos usos (irrigação, suprimento público, etc.)

A experiência adquirida com o emprego de indicadores desde a década de 1970 e intensificada a partir da década de 1980, tornaram alguns deles praticamente consensuais nas várias listas propostas com diferentes objetivos nos anos 1990, especialmente aquelas mais notórias, como as do Banco Mundial, OECD, EEA e Nações Unidas, vistas no capítulo anterior. Um exame dessas listas revela a presença de índices, que procuram abraçar um quadro mais amplo das condições sócio-econômicas e culturais. Exemplo desta categoria é o IDH – Índice de Desenvolvimento Humano, já discutido. Outros indicadores sócio-econômicos com grande emprego são: taxa de mortalidade infantil; expectativa de vida ao nascer; população com acesso à água potável, cobertura de saneamento básico, etc.

A segunda vertente, segue essas listas, porém mais diretamente voltada para os recursos hídricos: ela reúne os parâmetros (usados como indicadores) e índices de qualidade das águas. Destacam-se aí o teor de oxigênio dissolvido, a demanda biológica de oxigênio, o teor de nitrogênio e de fósforo, além dos diferentes índices de qualidade de água, estabelecidos de acordo com os interesses dos seus proponentes.

Mantendo o foco sobre os indicadores ligados aos recursos hídricos, é possível identificar uma terceira via, voltada para a caracterização da disponibilidade hídrica da bacia. Dentre esses, destacam-se a vazão mínima $Q_{7,10}$ (vazão mínima média de sete dias consecutivos, com período de recorrência de 10 anos), a vazão Q_{95} (vazão com 95% de permanência), a vazão média e o Índice de Falkenmark (que sinaliza a escassez de água em uma bacia em termos da quantidade média de recursos hídricos renováveis per capita/ano).

Um quarto grupo de indicadores e índices, ligados aos diferentes usos feitos dos recursos hídricos também pode ser constatado nessas listas. Nessa categoria se enquadram o grau de cobertura de serviços de abastecimento de água potável, dentre outros.

O último tipo de indicador, que vem despertando grande interesse dos administradores públicos, às vezes até supervalorizados, é representado pelos indicadores de desempenho, que podem ser definidos como uma medida numérica do grau de progresso no cumprimento de uma meta perseguida, expressa por meio de porcentagem, número índice, taxa ou outra forma de comparação, monitorada segundo intervalos regulares pré-estabelecidos. Eles são então vistos como medidas

numéricas de realizações, em geral fáceis de coletar e usar. Sua utilização foi estimulada a partir da decisão de implantar um sistema de gestão orientado para resultados tomada pelo governo americano (USGAO, 1997b; Joyce, 1997; Office of Management and Budget: The Executive Office of the President, 1993).

O emprego apropriado desses indicadores de performance requer que seu significado numérico seja submetido a interpretações. Neste sentido eles devem ser vistos como “pistas” disponíveis para a compreensão do fato, processo ou feição que eles retratam. Cabe referir que esses indicadores devem estar associados a metas relevantes e requerem a existência de muita seriedade e compromisso entre os participantes do processo cujo desempenho eles traduzem, pois são susceptíveis a manipulações.

Em todos esses casos, a implantação de um indicador ou de um conjunto de indicadores pode levar um certo tempo até que a base de dados e os procedimentos metodológicos estejam satisfatoriamente definidos e calibrados.

O capítulo 3 focalizou os indicadores de um modo geral, suas possíveis estruturas conceituais e as iniciativas orientadas para a formatação de conjuntos de indicadores ambientais. Este capítulo se concentra em detalhar iniciativas voltadas para conjuntos de indicadores de recursos hídricos, de modo a oferecer uma visão do estado da arte das mesmas e permitir, no capítulo seguinte, a proposição de um sistema de indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos.

4.2. Iniciativas de Identificação de Conjuntos de Indicadores de Recursos Hídricos

As iniciativas nacionais e internacionais de formatação de conjuntos básicos de indicadores ambientais descritas no capítulo 3 deste documento incluem – todas - alguns indicadores que têm a água como objeto. Entretanto, em todos os casos eles são olhados por um viés específico da gestão ambiental, onde a visão é multifocal. Eles não têm uma contextualização própria nem são direcionados para a gestão de recursos hídricos; se usados para este fim, mostram-se insuficientes.

De fato, o uso de indicadores na gestão de recursos hídricos é mais recente e suas origens podem ser encontradas nos terrenos da gestão ambiental, dispostas segundo duas vertentes principais: (i) o enfrentamento dos problemas de poluição das

águas, que transformou a questão da qualidade dos corpos hídricos numa preocupação de toda a humanidade e (ii) a ameaça de escassez/esgotamento dos recursos hídricos por conta do aumento da demanda e da deterioração da qualidade.

Os itens seguintes percorrem esses caminhos e analisam as diferentes contribuições no sentido de mapear essa ampla paisagem e procurar reconhecer os marcos referenciais a serem utilizados posteriormente na implementação da proposta de trabalho do autor deste documento.

4.2.1. IQA e variantes

A primeira vertente floresceu na década de 1970, inicialmente na forma de índices de qualidade de água (IQAs), a partir dos trabalhos do National Sanitation Foundation (Brown et al., 1970), que forjou o IQA aditivo em peso, criado com o auxílio do método de Delphi (Dalkey e Helmer, 1963). O IQA – moldado pela reunião de nove parâmetros de qualidade, escolhidos de acordo com o uso - é um único valor que sumariza diversos parâmetros de qualidade de água. Matematicamente, o Índice é uma ponderação aritmética de medidas normalizadas de qualidade de água, conforme indicado no Quadro 4.1. Outra opção de cálculo é ponderação multiplicativa das medidas.

Quadro 4. 1 - Medidas de qualidade da água que integram o IQA

Medidas	Peso(1)
OD	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
DBO5	0,10
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

Fonte: Cetesb, 2004

NOTA: No IQA aditivo sem peso, admite-se que todos os parâmetros têm o mesmo peso: 1/9 ou 0,11.

O IQA da National Sanitation Foundation (Brown et al, 1970; Brown et al. 1973 ; Ball e Church, 1980) foi muito bem recebido no mundo inteiro, especialmente pela idéia de traduzir a qualidade de um corpo hídrico por meio de uma média ponderada

de parâmetros normalizados de qualidade de água e o subsequente enquadramento em classes, de acordo com o valor obtido. Outro ponto que sustentou o seu sucesso foi a versatilidade quanto à seleção de parâmetros e atribuição de pesos a cada um, de modo a permitir o seu emprego em situações bastante diferentes e com finalidades também diversas. Hoje, cerca de 35 anos após seus primeiros esboços, índices adaptados do IQA original têm largo emprego no mundo inteiro, inclusive na forma de variantes desse índice.

4.2.2. Indicadores de desenvolvimento

Na década de 1990, indicadores de desenvolvimento difundiram-se, misturando indicadores econômicos, sociais e de acesso a serviços básicos, notadamente de saúde e saneamento. Indicadores como “acesso ao saneamento básico nas áreas urbanas” e “intensidade de uso dos recursos hídricos” foram empregados para informar sobre o nível de desenvolvimento.

Esses indicadores, que buscam retratar a gestão dos recursos hídricos a partir da cobertura de saneamento e da incidência de problemas de saúde (mediante estatísticas de doenças de veiculação hídrica) decorrentes da falta de saneamento básico, ganharam grande aceitação, tanto em conjuntos de indicadores ambientais (cf. Capítulo 3 deste trabalho) como em conjuntos de indicadores de recursos hídricos, como adiante se verá.

4.2.3. Índices de disponibilidade hídrica: índice de pressão populacional e índice de Falkenmark

a. Índice de Pressão Populacional

As perspectivas de crescimento demográfico, a degradação da qualidade dos corpos hídricos (já monitorada desde a década de 1970) e a escassez prenunciada quanto às quantidades disponíveis despertaram a atenção de planejadores e pesquisadores, resultando na proposição de indicadores relativos à conjuntura delineada por essas feições, os quais tiveram boa acolhida na área de recursos hídricos. Assim, a United Nations Population Information Network (2001) - desenvolveu um indicador de pressão populacional para exprimir os níveis de competição por usos da água - a partir do exame de áreas onde os valores de suprimento per capita e os conflitos de uso estavam satisfatoriamente documentados - que foi utilizado para

examinar cenários de escassez hídrica em 2025. De acordo com o modelo da UN POPIN, a pressão populacional poderia ser expressa pelo número de pessoas por unidade de vazão (FU²⁹) reconhecendo-se 4 níveis diferenciados de pressão populacional sobre os recursos hídricos:

- Pressões populacionais inferiores a 600 pessoas (P) por unidade de fluxo ($PP < 600P/FU$) – pressões pouco significativas, embora problemas de qualidade de água e problemas de suprimento na estação seca possam ocorrer.
- Pressões populacionais entre 600 e 1000 pessoas por unidade de fluxo ($600P/FU < PP < 1000 P/FU$) - pressões atingem o estágio de tensão hídrica. Chances de aumentarem sensivelmente os problemas recorrentes de suprimento de água (quantitativos ou qualitativos)
- Pressões populacionais entre 1000 e 2000 pessoas por unidade de fluxo ($1000 P/FU < PP < 2000 P/FU$) - estágio de escassez hídrica, no qual os problemas de suprimento d'água e de qualidade da água se tornam comuns e afetam o desenvolvimento econômico e humano.

Pressões populacionais de 2000 P/FU são tidas como a pressão máxima que pode ser administrada no atual estágio de tecnologia e capacidade de gerenciamento. Esse valor foi denominado “barreira hídrica”.

Naturalmente esses limites carecem de uma interpretação, pois, em regiões úmidas, uma pressão populacional de 600 P/FU pode significar o início de problemas de alocação de água, enquanto que, em condições áridas, o problema pode se tornar maior por conta das significativas variações sazonais da precipitação. Por exemplo, as maiores necessidades de água para irrigação têm lugar na estação seca, quando as vazões naturais podem ser da ordem de 10% da vazão anual.

b. Índice de Falkenmark

Um segundo indicador, que vem tendo cada vez mais aceitação para descrever a situação hídrica das nações e estados é o Índice de Falkenmark (Falkenmark e Widstrand, 1992; Falkenmark e Lundqvist, 1998; Gleick, 1996) que mede a disponibilidade hídrica em termos de recursos hídricos renováveis existentes per

²⁹ FU= Flow unit, isto é, unidade de vazão, correspondente a 1 milhão de metros cúbicos de água /ano

capita por ano. Com o índice de Falkenmark pode-se reconhecer cinco classes de situação hídrica, descritas a seguir no Quadro 4.2

4.2.4. Índice de pobreza hídrica

Mais recente e complexa é a interessante proposição do Índice de Pobreza Hídrica (Lawrence et al., 2002), cuja metodologia foi desenvolvida em trabalhos realizados em países africanos e no Sri Lanka, no qual são combinadas medidas de disponibilidade hídrica e acesso à água com medidas da capacidade das populações tornarem efetivo esse acesso à água. Segundo Sullivan(2002) e Sullivan et al. (2003) há uma conexão entre “pobreza hídrica” e “pobreza de rendimentos”.

Quadro 4.2. Classes de situação hídrica segundo o Índice de Falkenmark

Classe hídrica	Descrição	Água disponível (m³/hab/ano)
Alem da “barreira hídrica”	Problemas crônicos e em grande escala de suprimento de água, que se tornam catastróficos durante as secas. Limite da capacidade de gerenciamento dos recursos hídricos.	<500
Escassez crônica de água	Problemas crônicos de suprimento de água que se tornam piores durante a estação seca; secas severas são freqüentes	500 a 1.000
Tensão hídrica	Freqüentes problemas sazonais de suprimento e de qualidade de água, acentuados por secas ocasionais	1.000 a 1.666
Problemas moderados	Alguns problemas sazonais de suprimento e de qualidade de água, com alguns efeitos adversos durante secas severas	1.666 a 10.000
Dotação adequada	Raros problemas de suprimento e qualidade de água, exceto durante condições de secas extremas	> 10.000

Fonte: Falkenmark e Widstrand, 1992, modificado pelo autor

A estrutura conceitual deste índice, desenvolvida com o concurso de especialistas em recursos hídricos e *stakeholders*³⁰, compreende (i) a disponibilidade de água, (ii) o acesso à água, (iii) a capacidade de suportar esse acesso, (iv) o uso da água e (v) os fatores ambientais que impactam a qualidade da água e os ecossistemas que a água sustenta. A disponibilidade de água significa os recursos hídricos – superficiais e subterrâneos - que podem ser extraídos por comunidades e países; acesso representa não apenas água para beber e cozinhar mas também para vários outros usos; capacidade de suportar o acesso é entendida no sentido de ter renda para pagar pelo suprimento da água e educação (que interage com a renda para administrar o suprimento de água); e uso cobre todas as utilizações que podem ser feitas da água.

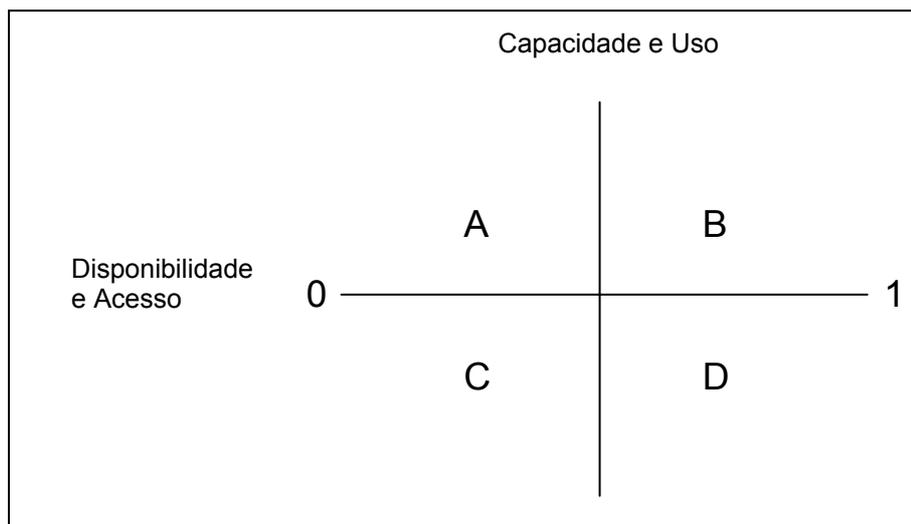
Esta estrutura conceitual é representada na Figura 4.1, um diagrama de quatro quadrantes onde capacidade e uso estão reunidos em um eixo e disponibilidade e acesso no outro. O quinto fator, o ambiental, não está representado para manter o diagrama simples. Tem-se assim:

- Quadrante A – comunidade com alta capacidade e uso, porém baixa disponibilidade e acesso
- Quadrante B – altos scores em capacidade, uso e disponibilidade e acesso
- Quadrante C – baixa capacidade e uso; baixa disponibilidade e acesso
- Quadrante D - altos scores em disponibilidade e acesso; baixos scores em capacidade e uso

O Índice de Pobreza Hídrica é construído a partir de 5 componentes principais, cada um com vários subcomponentes, conforme a estrutura conceitual comentada nos parágrafos anteriores e como a seguir se relaciona:

- Recursos (R)
- Acesso (A)
- Capacidade de suportar o acesso (C)
- Uso (U)
- Ambiente (E)

³⁰ Entende-se por *stakeholder* qualquer indivíduo, organização ou agente público que tem interesse nos processos de planejamento e gestão dos recursos hídricos ocorrendo em uma bacia e, por isso, desempenha, como um ator, um papel ativo nas discussões e decisões.



Fonte: Lawrence et al., 2003

Figura 4.1. Índice de Pobreza Hídrica – diagrama de quadrantes

O cálculo básico consiste em determinar a média ponderada dos cinco componentes a partir.

$$WPI = \frac{\sum_{i=1}^N w_i X_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (4.1)$$

$$WPI = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_e E}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_e} \quad (4.2)$$

onde:

WPI = índice de pobreza hídrica

W_i = peso aplicado a cada componente

X_i = valor normalizado do componente i da estrutura do WPI (R, A, C, U ou E)

Cada um dos cinco componentes principais é formado por um número de subcomponentes e um ponderador pode ser aplicado a cada subcomponente para indicar a importância de cada variável. Os componentes são normalizados para situarem-se na faixa de 0 a 100, dando um valor final para o WPI entre 0 (pior situação) e 100 (melhor situação).

O WPI permite uma avaliação das relações existentes entre a disponibilidade física de água, a facilidade de extração do corpo hídrico para uso e o nível de bem-

estar social. Com ele tem-se um mecanismo de hierarquização das necessidades de intervenções em uma bacia hidrográfica para melhorar a situação de comunidades que enfrentam dotações precárias de água e restrita capacidade de adaptação, como é o caso de pelo menos 25% da humanidade, e um indicador do progresso no setor hídrico.

O Quadro 4.3 apresenta os subcomponentes considerados no cálculo do WPI.

Quadro 4.3. Estrutura do Índice de Pobreza Hídrica (WPI) e dados usados .

Componente do WPI	Dado Usado
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo interno de água potável • Transferências de águas de fora da bacia (transposições para a bacia) • População
Acesso	<ul style="list-style-type: none"> • % da população com acesso a água limpa • % da população com acesso a saneamento • % da população com acesso a irrigação ajustada aos recursos de água per capita
Capacidade	<ul style="list-style-type: none"> • Paridade do poder de compra em renda per capita • Taxa de mortalidade abaixo de cinco anos • Taxa de matrícula na rede escolar • Índice de Gini
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Uso doméstico da água em litros por dia • Percentual do uso da água por indústrias e na agricultura ajustadas ao percentual do setor no PIB
Meio Ambiente	<p>Índices de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qualidade da água • Stress hídrico • Regulamentação e administração do meio ambiente • Capacidade de acesso à informação • Biodiversidade baseada nas espécies ameaçadas

Fonte: Lawrence et al., 2003

4.2.5. IWI³¹ – Índice de indicadores de bacias (USEPA, 2002)

O Índice de Indicadores de Bacia (IWI), de acordo com a EPA, é uma tentativa de caracterizar a condição e a vulnerabilidade de sistemas aquáticos nas bacias hidrográficas dos 50 estados americanos. O índice se baseia nos Indicadores de Qualidade das Águas nos USA, desenvolvido pela EPA em parceria com os estados, agências federais e outras organizações americanas que emprega, na construção dos diferentes indicadores, dados coletados entre 1990 e 1999. O índice pretende ser uma compilação da informação relativa à saúde dos recursos hídricos nos USA,

Examinando os indicadores da condição existente dos rios e demais corpos hídricos e as atividades existentes nas terras circundantes que podem afetar as águas, particularmente aquelas que as expõem a riscos.

Sua primeira versão, de 1997, usava 15 indicadores, selecionados em razão de sua suposta adequação para os objetivos do IWI, sua disponibilidade relativamente uniforme no país e a capacidade de representá-los em escala. Sete dos indicadores estão relacionados com as condições dos recursos aquáticos e oito com a vulnerabilidade – condições ou atividades que podem introduzir tensões nos recursos hídricos, mas não a ponto de inibir suas funções.

Os indicadores considerados no IWI são:

-Indicadores de condição (mostram a qualidade da água existente)

- Rios avaliados que atendem aos usos designados estabelecidos pelos Padrões de Qualidade da Água
- Indicadores de Qualidade da Água para Sistemas de Abastecimento Doméstico
- Recomendações para Consumo de Peixes e Caça
- Sedimentos contaminados
- Dados de Qualidade de Água Ambiente – quatro poluentes tóxicos (Cu, Cr, Ni, Zn)
- Idem – quatro poluentes convencionais (OD, pH, DBO, P)
- Índice de perda de áreas úmidas

³¹ IWI = Index of Watershed Indicators

-Indicadores de vulnerabilidade (indicam onde lançamentos de poluentes e outras atividades colocam pressão sobre a bacia)

- o Espécies aquáticas/de áreas úmidas em risco
- o Cargas de poluentes despejadas acima dos limites permitidos – poluentes tóxicos
- o Cargas de poluentes despejadas acima dos limites permitidos - poluentes convencionais
- o Escoamento superficial urbano potencial
- o Índice de Escoamento Superficial Rural Potencial
- o Mudanças populacionais
- o Modificação hidrológica – Barragens
- o Índice de Susceptibilidade de Poluição Estuarina

O IWI faz uso de dados coletados por agências reguladoras e científicas ao longo do país em locais específicos do país, o que acarreta numa heterogeneidade das bacias quanto à disponibilidade e à qualidade dos dados empregados. Numa tentativa de contornar o problema, a EPA fixou quantidades mínimas de indicadores necessários para classificar as bacias: para avaliação da condição, é preciso dispor de pelo menos quatro dos sete indicadores e para avaliação da vulnerabilidade são necessários pelo menos seis dos oito indicadores. Bacias onde o número de indicadores se situa muito perto desses limites, são classificadas como “sem dados disponíveis”, embora esta classificação não signifique inexistência absoluta de dados disponíveis sobre a bacia.

Para cada bacia, o índice avalia a sua condição (expressa pela qualidade da água), vulnerabilidade e suficiência de dados. Para cada indicador de condição, são selecionados valores que, no julgamento da EPA, representam uma base satisfatória para enquadrar os recursos hídricos da bacia em três classes quanto à qualidade da água: boa qualidade, poucos problemas ou grandes problemas. De forma semelhante, para cada indicador de vulnerabilidade a EPA escolheu valores que acredita serem convenientes para diferenciar a vulnerabilidade em duas grandes classes: alta ou baixa vulnerabilidade. Para a maioria dos indicadores, a EPA estabeleceu um número mínimo de observações necessárias para que um valor seja atribuído. Na agregação dos 15 indicadores em um índice global, o indicador número 1 (“Rios avaliados que atendem aos usos estabelecidos pelos Padrões de Qualidade da Água”) recebe um peso maior que os demais por conta de já ser uma avaliação abrangente e pelo fato de a EPA entender que esse processo deve merecer maior peso. Todos os outros indicadores

recebem o mesmo peso. Onde os dados são insuficientes para determinar um indicador particular, isso é informado em um mapa e apresentado no respectivo perfil da bacia.

Pelo IWI – Índice de Indicadores de Bacias Hidrográficas.

- 15% das bacias americanas possuem água de qualidade relativamente boa
- 36% têm problemas moderados
- 22% têm problemas de qualidade relativamente graves
- 27% carece de informação suficiente para caracterização de suas águas

Uma grande quantidade de julgamento profissional é envolvida na integração dos indicadores de qualidade de água e indicadores de vulnerabilidade das bacias e o Painel de Consultores da EPA (Scorecard, 2005) advertiu que os dados disponíveis para a construção do IWI não fornecem boas medidas da saúde ambiental da bacia e que diferenças nos scores do IWI podem não corresponder a diferenças significativas na qualidade ambiental das bacias. Examinando os procedimentos de determinação do IWI, a Junta de Consultores apontou graves lacunas e limitações no IWI, a saber:

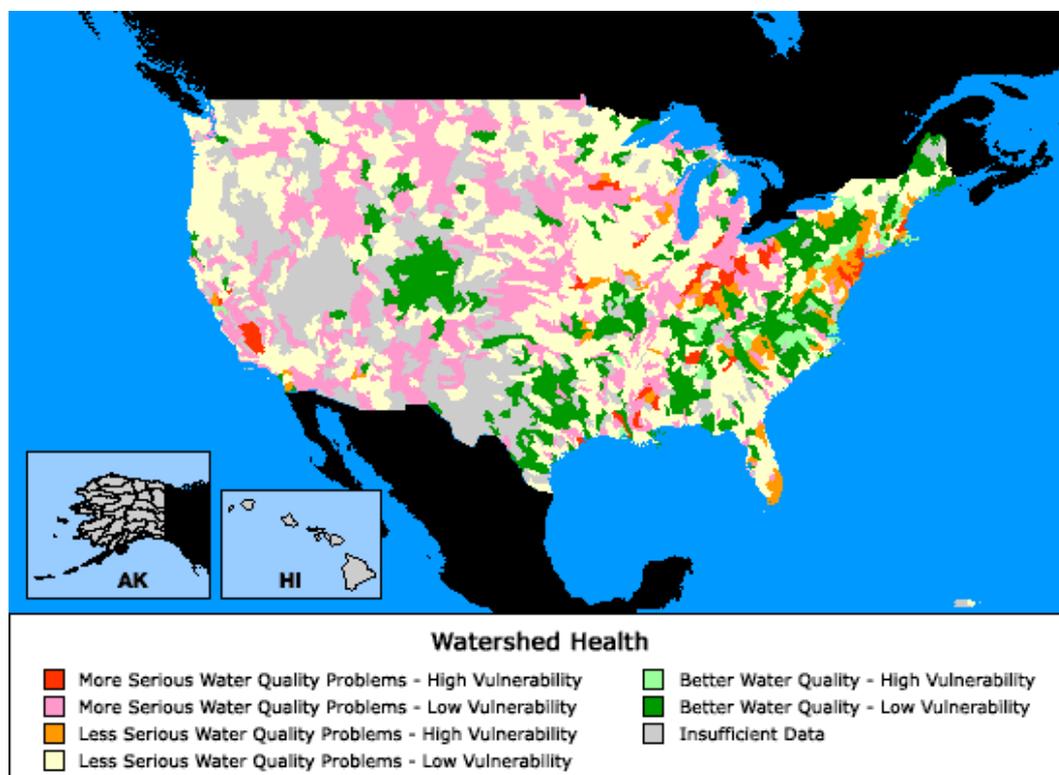
- 1) nem todos os corpos hídricos estão incluídos nessas determinações;
- 2) os critérios para incluir corpos hídricos não são uniformes, por isso comparações entre estados podem ser enganosas;
- 3) os critérios para determinação da existência de problemas não são uniformes, de modo que aquilo que um estado considera uma bacia em más condições pode ter uma classificação diferente em outro estado;
- 4) o IWI não leva em conta alguns indicadores importantes de má qualidade da água, é fraco em indicadores biológicos e de ecossistemas e não caracteriza nem as condições da bacia nem a sua vulnerabilidade.

A Figura 4.2 apresenta um mapa das bacias americanas com as respectivas classificações no que diz respeito à “saúde das águas” dessas bacias, elaboradas com base nos valores do IWI, atribuídos pela EPA a partir da compilação de diversas bases de dados federais e estaduais.

4.3. Iniciativas Brasileiras

O Brasil acompanhou as tendências internacionais relativas aos indicadores de recursos hídricos, principalmente com os esforços da Secretaria Especial de Meio Ambiente, então ligada à Presidência da República e embrião do Ministério do Meio

Ambiente, dos órgãos gestores de meio ambiente e recursos hídricos do Estado de S. Paulo, em razão das graves proporções assumidas pela poluição dos corpos hídricos daquele estado, das quais os rios Tietê e Piracicaba se apresentavam como ícones, e do clamor da opinião pública daquele estado.



Fonte: Scorecard , 2005

Figura 4.2. – Saúde das águas das bacias hidrográficas norte-americanas

As iniciativas relatadas no Capítulo 3 incluíam os recursos hídricos entre os vários temas considerados, buscavam indicadores para os aspectos observados, mas sempre como parte do meio ambiente, sem considerar a gestão dos recursos hídricos. Os indicadores especificamente destinados à avaliação dos recursos hídricos se alinharam, em iniciativas isoladas, segundo os dois eixos dominantes no Século XX, já referidos: os índices de qualidade de água e os índices de disponibilidade hídrica .

A primeira vertente teve seu início no Plano Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água (Johnson, 1971 in Magalhães Jr. et al., 2003), culminou com a adoção do IQA e a Resolução Conama 20 (Conama, 1986), que recentemente deu lugar à Resolução 357(Conama 2005), e perpassa várias outras com diferentes objetivos,

como o interesse do SEDU³² no desempenho das empresas concessionárias de serviços de água e esgoto, na qualidade dos serviços prestados por elas e do estado geral do setor de saneamento (que levou ao Programa de Modernização do Setor Saneamento e seus indicadores); a preocupação dos órgãos ambientais com o estado dos corpos hídricos, as interrupções de sua qualidade e as inconformidades com o enquadramento estabelecido³³; a qualidade da água como um produto para o consumo humano, objeto do olhar do Ministério da Saúde, através da Portaria MS 518 (Brasil, Ministério da Saúde, 2004), que substituiu a Portaria MS 1469 (Brasil, Ministério da Saúde, 2000), para verificar se a água fornecida por concessionárias ou serviços autônomos municipais se mostra adequada para este uso.

A segunda vertente se afirmou à medida que Planos de Recursos Hídricos eram concluídos e iniciavam suas trajetórias de implementação, CBHs eram instalados e buscavam estabelecer suas agendas, outorgas começavam a ser concedidas, Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos tinham suas arquiteturas desenhadas e suas estruturas estabelecidas e, mais adiante, quando o enquadramento passou a ser tratado como meta a ser perseguida pela Resolução 357.

Dentre as principais contribuições para estabelecimento de conjuntos de indicadores para planejamento e gestão de recursos hídricos devem ser realçados o desenvolvimento do IQA, e demais índices de qualidade de água, pela Cetesb (2004c); os indicadores de saneamento da PNSB (IBGE, 2002) e do SNIS (Brasil, Ministério das Cidades, 2004); o levantamento de indicadores de sustentabilidade de gestão dos recursos hídricos (Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável - CIDS / FGV, 2000), a síntese de resultados de um painel *Delphi* sobre indicadores de recursos hídricos (Magalhães Jr. et al., 2003) e os indicadores recomendados para acompanhar a implementação do PERH – SP 2004/2007 (São Paulo, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2006), todas comentadas nos itens seguintes.

4. 3.1. Os índices de qualidade das águas da Cetesb (2004c)

A avaliação da qualidade das águas pela Cetesb é estruturada, em seus relatórios de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo (Cetesb, 2004c),

³² SEDU = Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, então ligada à Presidência da República

³³ Convém lembrar que a resolução Conama 20, hoje substituída pela Conama 357 recomendava que os rios que não tivessem um enquadramento aprovado, fossem considerados como enquadrados na Classe 2.

segundo as UGRHIs³⁴ em que o Estado de S. Paulo foi dividido para fins da gestão dos recursos hídricos e também por três usos preponderantes dos recursos hídricos (abastecimento público, balneabilidade e proteção da vida aquática). Assim, para cada um desses usos, além das variáveis específicas de qualidade de água e sedimento, são também utilizados os seguintes índices de qualidade:

- Para fins de abastecimento público
IAP – Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de Abastecimento Público.

- Para fins de proteção da vida aquática
IVA – Índice de Proteção da Vida Aquática;
ICF – Índice da Comunidade Fitoplanctônica;
ICZRES – Índice da Comunidade Zooplanctônica para Reservatórios e
ICB – Índice da Comunidade Bentônica.

- Para fins de Balneabilidade
IB – Índice de Balneabilidade.

É preciso destacar que vários outros órgãos têm contribuído para o debate sobre indicadores e índices de qualidade das águas no país e, dentre esses, não se pode deixar de lembrar a USP–São Carlos, a UFSCAR, a UFMG e o IGAM com seus relatórios anuais de monitoramento da qualidade das águas (IGAM, 2004; ANA/IGAM, 2003). No entanto, por ter promovido um aprofundamento e desdobramento bastante interessante do IQA, este trabalho se concentrará nos desenvolvimentos efetuados pela Cetesb.

- **Índice de Qualidade das Águas – IQA (Cetesb, 2004c)**

A Cetesb adaptou e desenvolveu o IQA a partir dos estudos da National Sanitation Foundation, utilizando-o, de 1975 a 2001, como informação básica relativa à qualidade das águas para o público em geral e tendo como determinante principal sua utilização para abastecimento público, bem como para o gerenciamento da qualidade das águas das 22 UGRHIs do Estado de S. Paulo.

³⁴ UGRHI significa unidade de gerenciamento de recursos hídricos e representa cada uma das divisões administrativas do Estado para gestão dos recursos hídricos. Uma bacia hidrográfica pode conter uma ou mais UGRHIs.

O índice incorpora 9 parâmetros reconhecidos como relevantes para a avaliação da qualidade das águas, que assinalam principalmente a contaminação dos corpos hídricos

O IQA é calculado, para um determinado ponto de amostragem, pelo produtório ponderado dos valores correspondentes aos seguintes parâmetros de qualidade das águas: temperatura da amostra, pH, OD, DBO (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez, segundo a fórmula

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (4.3.)$$

onde:

IQA : Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida e

w_i : peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (4.4)$$

onde

n : número de parâmetros que entram no cálculo do IQA (ver item 4.2.1, Quadro 4.1)

Caso o valor de algum dos 9 parâmetros não esteja disponível para um determinado local, o cálculo do IQA é inviabilizado.

O IQA oferece como vantagens a facilidade de comunicação com o público não técnico, um maior grau de agregação do que os parâmetros individuais e a capacidade de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em um única grandeza. Sua principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre as

mesmas. Mas possui outras limitações, como a de considerar um único uso da água - o abastecimento público - e não contemplar outros parâmetros de qualidade também importantes para o abastecimento humano, tais como as substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, o potencial de formação de trihalometanos, compostos orgânicos com potencial mutagênico e metais pesados.

- **IAP e IVA**

Para superar estas últimas limitações, foram criados (São Paulo, Secretaria de Meio Ambiente, 1998a), o Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP) e o Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA).

Os dois novos índices propostos - IAP e IVA - passaram por um longo processo de validação, iniciado com sua aplicação aos dados da Rede de Monitoramento de 1999, completados por discussões dentro do Sistema Ambiental, com organizações governamentais, ONGs e universidades; avaliação técnica de publicações por especialistas, recebimento e incorporação de novas contribuições; divulgação dos índices e seus resultados em revistas científicas e em diversos encontros técnicos. Finalmente, em 2002, esses índices foram oficializados pela Cetesb.

O IAP, comparado com o IQA, é um índice mais confiável da qualidade da água bruta que será distribuída para a população após tratamento. O IVA, semelhantemente, foi considerado um indicador mais adequado da qualidade da água visando a proteção da vida aquática, na medida em que incorpora parâmetros mais representativos, especialmente a toxicidade e a eutrofização, com ponderação mais significativa.

Índices desta natureza estão em permanente processo de aperfeiçoamento, com a introdução periódica de mudanças nos parâmetros (supressão ou inclusão) e nas ponderações, a partir dos resultados obtidos com sua aplicação.

- **IAP – Índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público (Cetesb, 2004c)**

O IAP é composto por três grupos de parâmetros:

- os que participam do IQA;
- os que indicam a presença de substâncias tóxicas (teste de mutagenicidade, potencial de formação de trihalometanos, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel)
- os que afetam a qualidade organoléptica (fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco)

É calculado pela fórmula

$$IAP = IQA \times ISTO \quad (4.5)$$

onde

ISTO = índice de substâncias tóxicas e organolépticas, calculado por .

$$ISTO = ST \times SO \quad (4.6)$$

A ponderação do grupo de substâncias tóxicas (ST) é obtida através da multiplicação dos dois valores mínimos mais críticos do grupo de parâmetros que indicam a presença dessas substâncias na água:

$$ST = \text{Mín}_1 (qTA; qTHMFP; qCd; qCr; qPb; qNi; qHg) \times \text{Mín}_2 (qTA; qTHMFP; qCd; qCr; qPb; qNi; qHg) \quad (4.7)$$

A ponderação do grupo de substâncias organolépticas (SO) é obtida através da média aritmética das qualidades padronizadas dos parâmetros pertencentes a este grupo:

$$SO = \text{Média Aritmética} (qfenóis; qAl; qCu; qZn; qFe; qMn) \quad (4.8)$$

Em função do IAP, as águas são classificadas em cinco categorias:

Ótima	79 < IAP < 100
Boa	51 < IAP < 79
Regular	36 < IAP < 51
Ruim	19 < IAP < 36
Péssima	IAP < 19

O IAP completo é aquele que inclui o teste de Ames e o potencial de formação de THM³⁵. Ele é determinado em todos os pontos da rede de monitoramento que são utilizados para abastecimento público. Nos demais pontos da rede operada pela Cetesb, o IAP é calculado sem esses parâmetros.

o **IVA – Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática (Cetesb, 2004c)**

O IVA está voltado para a avaliação das águas para fins de proteção da fauna e flora aquáticas. Por isso, leva em conta a presença e concentração de:

- (i) contaminantes químicos tóxicos,
- (ii) efeitos desses contaminantes sobre os organismos aquáticos (toxicidade);
- (iii) o pH e o OD, dois dos parâmetros considerados essenciais para a biota;
- (iv) o Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson, modificado por Toledo Jr. (1990)³⁶;

O IVA é aplicado para ambientes aquáticos enquadrados nas classes 1, 2 e 3, em razão da proteção das comunidades aquáticas no Estado de S. Paulo prevista nas legislações estadual (Regulamento da Lei 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual 8468/76) e federal (Resoluções CONAMA 020 e 357). Para os corpos d'água enquadrados na classe 4 não se aplica o IVA.

O IVA é calculado segundo a expressão:

$$IVA = (IPMCA \times 1,2) + IET \quad (4.9)$$

onde

IET = Índice de estado trófico

IPMCA= Índice de parâmetros mínimos para a preservação da vida aquática, integrado por:

- um grupo de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis). Neste grupo estão incluídos os parâmetros que são atualmente avaliados pela Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São

³⁵ THM =Trihalometano

³⁶ Toledo Jr., A. P.- Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais –São Paulo: CETESB, 1990.

Paulo e que identificam o nível de contaminação por substâncias potencialmente danosas às comunidades aquáticas.

- um grupo de parâmetros essenciais (OD, pH e toxicidade).

O IPMCA é determinado da seguinte forma:

$$\text{IPMCA} = \text{PE} \times \text{ST}_m \quad (4.10)$$

onde:

- PE: Valor da maior ponderação do grupo de parâmetros essenciais e
- ST_m : Valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas.

O valor do IPMCA pode variar de 1 a 9, reconhecendo-se quatro faixas de qualidade para a proteção da vida aquática:

IPMCA	Qualidade da água
1	Boa
2	Regular
3 e 4	Ruim
>6	Péssima

Já o IVA admite cinco classes de qualidade:

Ótima	$\text{IVA} < 2,2$
Boa	$\text{IVA} < 3,2$
Regular	$3,4 < \text{IVA} \leq 4,4$
Ruim	$4,6 < \text{IVA} < 6,8$
Péssima	$\text{IVA} > 7,6$

Na ausência do valor do IET, para efeito dos cálculos, o mesmo deverá ser igualado à unidade. A ausência de resultados do grupo de Substâncias Tóxicas (ST_m) do IPMCA não implica na inviabilidade do cálculo do IVA.

○ **IET – Índice do Estado Trófico**

O Índice do Estado Trófico classifica a qualidade da água dos corpos hídricos quanto aos nutrientes e seu efeito no crescimento excessivo das algas ou o potencial para o crescimento de macrófitas aquáticas, isto é o seu grau de trofia.

O Índice do Estado Trófico adotado pela Cetesb é o índice clássico, introduzido por Carlson e modificado por Toledo Jr. et al. (1983) e Toledo Jr. (1990) que, através de regressão linear, alterou as expressões originais para adequá-las a ambientes subtropicais. Este índice utiliza três avaliações de estado trófico em função dos valores obtidos para as variáveis: transparência (disco de Secchi), clorofila-a e fósforo total. A Cetesb desconsidera os valores de turbidez por considerar que materiais minerais em suspensão podem conferir elevada turbidez.

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET (P) devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo, e a avaliação correspondente à clorofila-a, IET (CL) deve ser considerada como resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando o nível de crescimento de algas nas águas monitoradas. Num corpo hídrico em que o processo de eutrofização tenha alcançado a estabilidade, o estado trófico determinado por um dos indicadores coincide com a determinação do outro. O mesmo não se sucede com corpos hídricos onde o processo de eutrofização se encontre limitado, situação em que a clorofila-a indicará um estado trófico inferior ao determinado pelo fósforo.

O IET pode ser determinado pelas equações:

$$\text{IET(P)} = 10 \{ 6 - [\ln (80,32 / P) / \ln 2] \} \quad (4.11)$$

$$\text{IET(CL)} = 10 \{ 6 - [(2,04 - 0,695 \ln CL) / \ln 2] \} \quad (4.12)$$

onde:

- P = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.l}^{-1}$
- CL = concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.l}^{-1}$
- ln = logaritmo natural

A sazonalidade dos processos ambientais tem influência sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico; o processo pode apresentar variações ao longo do ano, com períodos mais intensos e outros menos. Por conta disso, o grau de eutrofização médio anual de um corpo hídrico pode não representar de forma explícita

as variações que ocorreram ao longo do ano o que torna recomendável a apresentação dos resultados mensais de cada ponto de amostragem.

Com base no Índice de Carlson modificado, a Cetesb classifica o estado trófico dos corpos hídricos de acordo com o sistema apresentado no Quadro 4. 4

4.3.2. Bioindicadores

Em 2003, a Cetesb incluiu em seu relatório anual de qualidade das águas interiores, os índices de comunidades biológicas e a contagem de células de cianofíceas na análise das comunidades fitoplanctônicas.

O índice de comunidade zooplanctônica foi aplicado nas bacias dos Reservatórios Billings e Guarapiranga. O índice de comunidade fitoplanctônica foi calculado bimestralmente para os Reservatórios Billings e Guarapiranga e para os Rios Atibaia, Piracicaba e Corumbataí. Nos demais corpos d'água, o índice foi aplicado em duas épocas do ano: período de chuva e período de seca. O índice de comunidade bentônica foi aplicado na amostragem anual dos pontos da rede de sedimento de água doce.

A inserção da contagem de células de cianofíceas na análise das comunidades fitoplanctônicas, teve particular interesse para a interpretação dos resultados do IAP para as UGRHs 2 (Paraíba do Sul), 5 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí), 6 (Alto Tietê), 10 (Sorocaba/Médio Tietê), 15 (Turvo/Grande), 20 (Aguapeí) e 21 (Peixe).

- **O Índice de Comunidade Fitoplanctônica – ICF**

A ocorrência de determinadas espécies em grandes concentrações pode prejudicar a qualidade das águas e acarretar restrições ao seu tratamento e distribuição, como é o caso do grupo das Cianofíceas, que possui espécies potencialmente tóxicas.

Esse índice é usado como indicador da qualidade da água, principalmente a de reservatórios, por que a comunidade fitoplanctônica responde rapidamente a alterações ambientais provocadas por intervenções antrópicas ou naturais. Ele indica

Quadro 4.4. Classificação do Estado Trófico segundo o Índice de Carlson Modificado

Estado trófico	Critério	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
<p>Oligotrófico</p> <p>Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água.</p>	IET = 44	S = 1,6	P = 26,5	CL = 33,8
<p>Mesotrófico</p> <p>Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.</p>	44 < IET = 54	1,6 > S = 0,8	26,5 < P = 53,0	3,8 < C = 10,3
<p>Eutrófico</p> <p>Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus múltiplos usos.</p>	54 < IET = 74	0,8 > S = 0,2	53,0 < P = 211,9	10,3 < CL = 76,1
<p>Hipereutrófico</p> <p>Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, podendo inclusive estarem associados a episódios florações de algas e de mortandade de peixes e causar conseqüências indesejáveis sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.</p>	IET > 74	0,2 > S	211,90 < P	76,1 < CL

Fonte: Cetesb, 2004c

o estado trófico, mas pode ser também empregado como indicador de poluição por pesticidas ou metais pesados em mananciais. (Cetesb, 1990a; 1990b ;1996).

O ICF separa a qualidade da água em categorias com base na proporção (i) dos grandes grupos que compõem o fitoplâncton, (ii) da densidade dos organismos e (iii) do IET – Índice de Estado Trófico segundo os critérios indicados no Quadro 4.5.

Quadro 4.5. Categorias da qualidade da água com base no ICF – Índice de Comunidade Fitoplanctônica

Ponderação	Níveis	Categoria da qualidade da água
1	Não há dominância entre os grupos de fitoplâncton Densidade total < 1000 org/ml IET < 44	Ótima
2	Dominância de clorófitas (desmidiáceas) ou diatomáceas Densidade total entre 1000 e 5000 org/ml IET entre 44 e 54	Boa
3	Dominância de clorófitas (chlorococcales). Densidade total entre 5000 org/ml e 10.000 org/ml IET entre 54 e 74	Regular
4	Dominância de cianófitas ou euglenófitas. Densidade total >10000 org/ml IET >74	Ruim

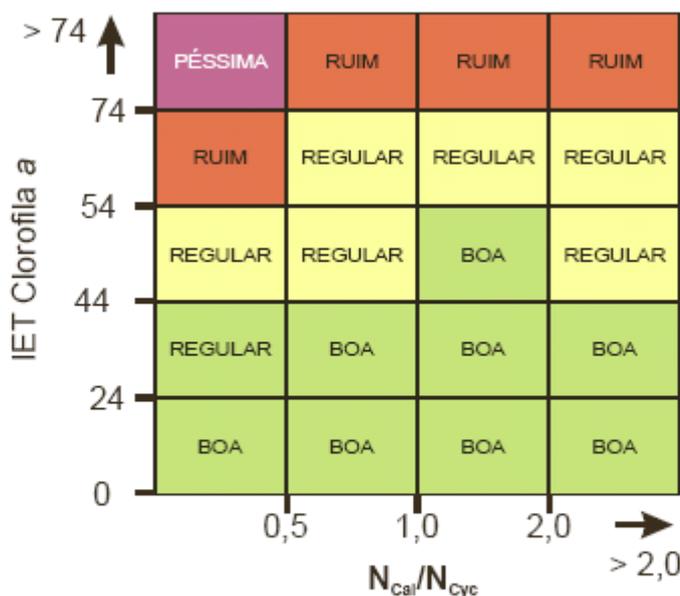
Fonte: Cetesb, 2004

- **Índice da Comunidade Zooplânctônica**

O zooplâncton vem sendo avaliado como indicador da qualidade da água de lagos e reservatórios em diversos países e, apesar de existirem algumas propostas de índices para esta comunidade, a maioria deles não é diretamente aplicável nos ambientes aquáticos tropicais, onde as espécies exibem diferentes sensibilidade e ocorrência.

O ICZ_{RES}, adotado pela Cetesb, leva em consideração a presença ou ausência dos grupos principais e relaciona a razão entre o número total de calanóides – indicador de melhor qualidade da água (Matsumura-Tundisi, in Cetesb, 2004c) – e o número total de ciclopóides – indicador de ambientes altamente eutróficos – com o respectivo Índice de Estado Trófico (IET), calculado com os dados de clorofila *a*. Estes dois resultados (razão NCal/NCyc e IET) encontram-se associados com categorias Boa, Regular, Ruim e Péssima, definidas na Figura 4.3.

Índice da Comunidade Zooplantônica (ICZ_{RES})



Para a utilização direta da matriz ICZ_{RES}, há necessidade da presença dos 3 principais grupos zooplantônicos (Rotíferos, Copépodes e Cladóceros). Na ausência de Calanóides, empregar N_{Cal}/N_{Cyc} < 0,5; na ausência de Rotíferos ou Cladóceros, atribuir RUIM e, na ausência de Ciclopóides, atribuir PÉSSIMA.

Fonte: Cetesb, 2004c

Figura 4.3 – Avaliação do Índice de Comunidade Planctônica (ICZ_{RES})

- **Índices de Comunidade Zoobentônica (Cetesb, 2003, 2004c)**

A comunidade bentônica corresponde ao conjunto de organismos que vivem todo ou parte de seu ciclo de vida no substrato de fundo de ambientes aquáticos. Os macroinvertebrados (invertebrados selecionados em rede de 0,5mm) que compõem essa comunidade têm sido sistematicamente utilizados em redes de biomonitoramento em vários países, porque ocorrem em todos os tipos de ecossistemas aquáticos, exibem ampla variedade de tolerâncias a vários graus e tipos de poluição, têm baixa motilidade e estão continuamente sujeitos às alterações de qualidade do ambiente aquático, inserindo o componente temporal ao diagnóstico e, como monitores contínuos, possibilitam a avaliação a longo prazo dos efeitos de descargas regulares, intermitentes e difusas, de concentrações variáveis de poluentes, de poluição simples ou múltipla e de efeitos sinérgicos e antagônicos de contaminantes.

Nos reservatórios, são consideradas as comunidades de duas zonas de estudo, a sublitoral e a profunda. A primeira é mais sensível à degradação recente, ou

seja, a contaminantes presentes na coluna d'água, e a segunda ao histórico de degradação local, associada a contaminantes acumulados nos sedimentos.

Pelo grande interesse que têm despertado, diversos índices relativos às comunidades bentônicas têm sido sugeridos e usados. Dentre eles, destacam-se os seguintes índices para descrever a riqueza da comunidade bentônica (Cetesb, 2004c)³⁷:

- Riqueza (S): soma das categorias taxonômicas encontradas na amostra de água;
- Dominância (D): categoria taxonômica com maior abundância relativa na amostra;
- Riqueza de taxa sensíveis (S sens):
 - Em rios: famílias de *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera* e o gênero *Stempellina* de *Chironomidae-Tanytarsini*
 - Em reservatórios: famílias de *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Trichoptera* e o gênero *Stempellina* de *Chironomidae-Tanytarsini*
- Índice de Diversidade de Shannon-Wiener
- Índice de Comparação Seqüencial (ICS)
- Razão *Tubificidae* sem queta capilar/total de *Oligochaeta* (T/O)
- Razão *Tanytarsini/Chironomidae* (Tt/Chi).

Para o diagnóstico, estes descritores foram fundidos em índices multimétricos, adequados a cada tipo de ambiente, ou seja, zona sublitoral de reservatórios, zona profunda de reservatórios e rios, como indicado no Quadro 4.6.

Para o cálculo do Índice da Comunidade Bentônica apenas um dos índices de diversidade é considerado, dando-se preferência ao Índice de Comparação Seqüencial (ICS). O valor final, que gera o diagnóstico ou a classificação final da qualidade do habitat, será simplesmente a média aritmética do ranking dos índices parciais.

³⁷ CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo – 2003. São Paulo: Cetesb, 2004

Quadro 4.6.- Índice da Comunidade Bentônica em Reservatórios

A. Índice da Comunidade Bentônica para zona sublitoral de reservatórios (ICB_{RES-SL})

CLASSE	PONTO	S	DOM	ICS	H'	T/O	Ssens
PÉSSIMA	5	AZÓICO					
RUIM	4	1 - 8	> 50	< 5,00	> 1,50	≥ 0,70	0
REGULAR	3	9 - 16	40 - > 50	5,00 - < 15,00	> 1,50 - > 2,25	0,40 - < 0,70	1
BOA	2	17 - 24	20 - < 40	15,00 - < 25,00	> 2,25 - > 3,50	0,10 - < 0,40	2
ÓTIMA	1	> 25	0 - < 20	≥ 25,00	> 3,50	< 0,10	> 3

B. Índice da Comunidade Bentônica para zona profunda de reservatórios (ICB_{RES-P})

CLASSE	PONTO	S	DOM	ICS	H'	T/O	Tt/Chi
PÉSSIMA	5	AZÓICO					
RUIM	4	1 - 3	> 50	≤ 1,00	≤ 0,50	≥ 0,80	≤ 0,03
REGULAR	3	4 - 6	40 - ≤ 50	> 1,00 - ≤ 3,50	> 0,50 - ≤ 1,50	≥ 0,50 - < 0,80	> 0,03 - ≤ 0,06
BOA	2	7 - 9	20 - < 40	> 3,50 - ≤ 7,00	> 1,50 - ≤ 2,00	≥ 0,20 - < 0,50	> 0,06 - < 0,10
ÓTIMA	1	≥ 10	0 - < 20	> 7,00	> 2,00	< 0,20	≥ 0,10

Fonte: Cetesb, 2004

4.3.3. Projeto Áridas (Gondim Filho, 1995)

O Projeto Áridas foi concebido para apoiar o uso sustentável das águas do semi-árido brasileiro. Seu desenvolvimento levou à proposição de 3 indicadores-chave e mais três secundários decorrentes da combinação dos primeiros, todos vinculados ao binômio disponibilidade e demanda e voltados para a caracterização da sustentabilidade hídrica do semi-árido. Os indicadores-chave são:

- índice de oferta potencial (Qp)
- índice de oferta disponível (Qo)
- índice de demanda (Qd)

e os secundários derivados são:

- índice de disponibilidade da oferta potencial de água (Qo/Qp)
- índice de uso da oferta disponível (Qd/Qo)
- saldo entre estoque disponível e demanda (Qo-Qd)

4.3.4. Os indicadores da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (IBGE, 2002) e do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento –SNIS (Brasil, Ministério das Cidades, 2004)

A PNSB e o SNIS são duas iniciativas com foco concentrado em um setor específico: o saneamento básico. A primeira é uma pesquisa, que deveria ter sido trienal, mas ainda não conseguiu consolidar essa periodicidade, que teve o seu escopo ampliado através das sucessivas edições e é mais abrangente. O segundo é um sistema de informações abastecido de dados pelas concessionárias de serviços públicos do setor, cujo interesse maior são os aspectos gerenciais, operacionais e de desempenho dessas mesmas concessionárias, do qual se extrai anualmente um relatório. Ambos podem fornecer dados atuais, dos quais se podem obter indicadores do setor.

- **A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2000 (IBGE, 2002)**

A PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico/2000 representa uma pesquisa conduzida pelo IBGE, com o apoio do então SEDU/PR (Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República), da Funasa – Fundação Nacional da Saúde e da Caixa Econômica Federal. Trata-se de uma radiografia das condições de saneamento básico dos municípios brasileiros, cobrindo os temas abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, coleta de lixo e drenagem urbana, com foco na atuação das empresas privadas e órgãos públicos, de modo a permitir a avaliação da oferta e da qualidade dos serviços prestados, análise das condições ambientais e os rebatimentos sobre a saúde e qualidade de vida da população.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB teve abrangência nacional, sendo implantada em todos os 5.507 municípios das 27 Unidades da Federação, tendo o distrito municipal como unidade de levantamento. Ela sucede os levantamentos nacionais sobre saneamento básico no Brasil, de 1974, 1977 e 1989.

A pesquisa foi dividida em quatro questionários: Abastecimento de Água (AA), Esgotamento Sanitário (ES), Drenagem Urbana (DU) e Limpeza Urbana e Coleta de Lixo (LC). Os questionários foram subdivididos em três áreas de investigação:

- Identificação das entidades prestadoras de serviços, sua constituição jurídica e áreas de atuação.
- Natureza dos serviços prestados e o controle de qualidade exercido pelas entidades em AA, ES, DU e LC

- Relação entre as entidades prestadoras de serviços e as comunidades

A pesquisa sobre **Abastecimento de Água** levantou, além dos dados cadastrais das diversas entidades prestadoras de serviços de saneamento básico, informações sobre:

- abastecimento de água no distrito;
- captação de água;
- tratamento de água;
- fluoretação adicionada;
- rede de distribuição da água;
- dados gerais;
- pessoal ocupado; e
- relação entre a entidade e a comunidade nos últimos 12 meses.

A pesquisa sobre **Esgotamento Sanitário** levantou, além dos dados cadastrais das entidades prestadoras de serviços de saneamento básico, informações sobre:

- esgotamento sanitário no distrito;
- coleta do esgoto sanitário;
- tratamento do esgoto;
- sistema de esgotamento sanitário;
- número de ligações de esgotos sanitários;
- número de economias esgotadas;
- dados gerais;
- pessoal ocupado; e
- relação entre a entidade e a comunidade.

A pesquisa sobre **Drenagem Urbana** levantou, além dos dados cadastrais das prestadoras de serviços de saneamento básico, informações sobre:

- situação do serviço de drenagem urbana no município;
- sistema de drenagem urbana;
- sistema de drenagem especial; e
- pessoal ocupado.

A pesquisa sobre **Limpeza Urbana e Coleta de Lixo** levantou, além dos dados cadastrais das entidades prestadoras de serviços, informações sobre:

- situação dos serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo;
- prestador dos serviços;
- sistema de coleta, varrição e capina no distrito-sede;
- destino e quantidade do lixo coletado;
- estação de transferência;
- coleta e destino final do lixo especial;
- distritos atendidos pelos serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo;
- catadores de lixo em unidades de destino final;
- veículos e equipamentos;
- pessoal ocupado;
- coleta seletiva; e
- relação entre a entidade e a comunidade.

A PNSB oferece vários conjuntos de dados, que podem ser facilmente transformados em indicadores que exprimem a situação vigente do saneamento (qualitativa e quantitativamente, isto é, natureza do serviço prestado ou do problema e produção alcançada na prestação do serviço ou dimensão do problema) em todos municípios do Brasil, organizados por regiões e Estados. Dentre eles, podem ser citados, entre outros:

- Principal solução alternativa para abastecimento d'água ao município (cursos d'água, chafariz ou bica, poço, carro pipa ou outro tipo)
- Tipo de captação; existência de poluição ou contaminação na captação e natureza da mesma;
- Tipo de tratamento,
- Controle de qualidade da água bruta e /ou tratada: tipo de análises relacionadas com a água bruta (bacteriológica, físico-química, substâncias químicas orgânicas/inorgânicas; indicadores de poluição, teor de flúor natural); vigilância da qualidade da água;
- Programas de controle de perdas d'água (tipos das perdas e valores);
- Fluoretação da água; ampliações e melhorias na rede
- Volume de água distribuída por dia
- Destino do lodo gerado
- Existência de racionamento e motivos
- Tipo do sistema de tratamento de esgotos e tipo de solução alternativa onde não há coleta de esgotos;

- Tipos de corpos receptores; usos da água dos corpos receptores a jusante do lançamento,
- Destino do lodo gerado
- Instrumentos reguladores da drenagem urbana; percentual do orçamento destinado a drenagem urbana;
- Tipo de rede coletora; ponto de lançamento da rede; municípios com bacias de retenção/amortecimento;
- Tipo de manutenção a que o sistema de drenagem é submetido;
- Existência de inundações e fatores agravantes das mesmas
- Áreas inundadas;
- Presença de problemas de erosão que afetam a drenagem urbana; tipo de erosão na área urbana municipal;
- Encostas e outras áreas de risco em perímetro urbano municipal

A PNSB não oferece diretamente indicadores para planejamento e gestão de recursos hídricos e não parece ter pretendido fazê-lo. Como uma pesquisa de campo, ela realiza uma notável radiografia da situação do saneamento básico. Cobrindo todos os municípios do Brasil, com muitas informações de natureza operacional e sobre a produtividade dos serviços de saneamento básico nos municípios brasileiros e seus distritos, bem como sobre as empresas prestadoras desse tipo de serviço. Os dados reunidos permitem extrair muitas informações, mas concentradas no setor de saneamento, possibilitando a seleção ou composição de algumas delas como indicadores representativos do setor de saneamento para planejamento e gestão dos recursos hídricos³⁸, tais como número de dias de racionamento de água/ano, áreas inundadas, além dos tradicionalmente utilizados (cobertura de tratamento de esgotos, cobertura de abastecimento de água potável, etc.).

- **O Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento - SNIS (Brasil, Ministério das Cidades, 2004a)**

O SNIS foi concebido e vem sendo desenvolvido pelo Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS, hoje vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA, do Ministério das Cidades. O SNIS é um banco de dados sobre a prestação de serviços de água e esgotos, de caráter eminentemente operacional, gerencial, financeiro, e sobre a qualidade dos serviços prestados. Desde

³⁸ A inclusão de dados sobre drenagem urbana na última edição da PNSB torna-a um fonte de abrangência nacional para essas questões, especialmente no que concerne a enchentes e inundações.

1995, essas informações são atualizadas anualmente para uma amostra de prestadores existentes no Brasil. Em 2002, 280 prestadores de serviços integraram a amostra do SNIS.

A consolidação do SNIS através de suas várias edições, com a gradual adesão das operadoras de águas e esgotos, permite a utilização das funções pesquisadas em comparações e em medições de performance do setor de saneamento básico no Brasil.

A aplicação do sistema é restrita ao setor de saneamento, prestando-se para acompanhar e supervisionar o desempenho dos serviços de saneamento no país, permitindo, dentre outros, os seguintes usos:

- avaliação de desempenho: os próprios prestadores de serviços informam sobre sua evolução e podem comparar sua situação com a dos demais prestadores;
- controle governamental: governantes estaduais e municipais avaliam e cobram melhoria de desempenho de seus prestadores de serviços;
- transparência: a sociedade conhece a situação dos serviços (público, imprensa, políticos, ONGs, etc.); e
- priorização de recursos para investimentos: o governo federal o utiliza como critério de classificação das solicitações nos seus programas.

Aos resultados do SNIS aplicam-se as mesmas observações feitas para os resultados da PNSB: contém um grande número de dados relativos a saneamento, direcionados para estatísticas de desempenho, que podem ser aproveitados na montagem de indicadores sobre as empresas de saneamento e suas performances; além disso, não se baseia em pesquisa e entrevistas de campo, mas em questionários respondidos pelas operadoras de serviços de saneamento. Dessa forma, sua utilização na gestão dos recursos hídricos é complementar e, sempre, setorial.

4.3.5. Os indicadores levantados pelo Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável/Fundação Getúlio Vargas (2000)

Como parte de um contrato com a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, o CIDS estudou a questão dos indicadores sobre a ótica da sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos. Trata-se de um produto

ambicioso, no qual se procurou apresentar uma visão geral dos recursos hídricos no mundo até a data de sua edição, os progressos alcançados na área de desenvolvimento de indicadores que, segundo seus autores, poderão servir aos CBHs e Agências de Bacias na implantação de seus programas. Representa um movimento, comum à época, pelo qual diversas empresas e instituições ligadas a planejamento “lato sensu” e empresas de auditoria se aproximaram de órgãos governamentais para prestar serviços de consultoria na reorganização de setores dos Estados nacionais, buscando novos mercados num mundo em globalização.

O relatório está organizado em 8 capítulos. Inicialmente percorre as referências internacionais e os chamados ‘paradigmas nacionais’ (representados pela Agenda 21 brasileira e pelo PPA) até chegar na apresentação da estrutura conceitual adotada no levantamento de indicadores, o modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PSIR, cf. Capítulo 3 deste trabalho) O capítulo 4 faz um balanço (na visão do CIDS) dos Recursos Hídricos do Brasil, seguido por outro dedicado às perspectivas de mudanças nos recursos hídricos, onde são destacadas a necessidade de proteger e manter a qualidade ambiental e a importância da gestão dos recursos. O capítulo 6 aborda a qualidade dos recursos hídricos e os diferentes usos.

O capítulo 7 finalmente chega ao âmago do relatório: apresenta a relação de “indicadores de sustentabilidade para o *monitoramento*³⁹ e a gestão dos recursos hídricos”, reunidos em quadros “que definem os indicadores segundo categorias de uso”, destacando-se “aquelas atividades econômicas ou serviços, em cujas interfaces são geradas externalidades negativas que impactam e causam efeitos muitas vezes danosos ao meio ambiente e ao homem” (Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável – CIDS/FGV, 2000, p. 66).

Apesar de seu autor afirmar que o formato dado apoiou-se inicialmente nas referências metodológicas centradas no modelo PSIR, é nítido que a estrutura conceitual adotada é híbrida, acoplando categorias de uso à estrutura conceitual pressão-estado-impacto-resposta. Uma segunda adaptação foi introduzida na estrutura conceitual adotada para priorizar as atividades de maior impacto nos recursos hídricos, de acordo com documento do Secretário de Recursos Hídricos, que o CIDS divulgou à época e que parece ter-se convertido em uma diretriz para o trabalho.

³⁹ Grifo do autor. Os indicadores se destinam à gestão e não ao monitoramento: confunde-se aqui fins com meios.

Os indicadores estão voltados para a gestão dos recursos hídricos segundo a escala da bacia hidrográfica/regiões hidrográficas e isso se mostra bastante apropriado para a partida. Cobrem seis categorias de uso: saneamento básico, agricultura, energia, indústrias, navegação e pesca, somando 337 indicadores, vários dos quais repetidos para diferentes usos. Os quadros contendo as listas de indicadores de cada categoria suscitam os seguintes comentários:

- O trabalho do CIDS está marcado pela estrutura conceitual PSR, em sua variante PSIR, que empolgou os meios técnico-científicos ligados à gestão ambiental na virada do século, fortemente influenciados pelo trabalho da OECD, já discutido no capítulo 3 do presente trabalho. Nem todos os usos estão contemplados, mas os usos mais importantes em termos de demandas e degradação da qualidade da água foram considerados.
- Os indicadores não se limitam às águas doces continentais, mas incluem também as águas costeiras. Tomá-los conjuntamente se afigura de validade duvidosa em razão das diferentes temáticas e problemas envolvidos. Melhor seria expurgar esses últimos ou inseri-los em outro subconjunto.
- Os indicadores propostos se distribuem na estrutura conceitual adotada da maneira indicada no Quadro 4.7.

Quadro 4.7. Distribuição dos indicadores inventariados pelos componentes da estrutura conceitual adotada pelo CIDS

Categoria de uso	Pressão	Estado	Impacto	Resposta	Total
Saneamento Básico	14	17	8	11	50
Agricultura	28	12	18	23	81
Energia	26	25	20	24	95
Indústria	29	11	15	6	61
Navegação	12	15	10	8	45
Pesca	15	11	8	11	45
Todos os usos acima	124	91	79	83	377

NOTA : Vários indicadores estão presentes em mais de uma categoria de uso

- A lista não se restringe a fatores diretamente envolvidos. É muito ampla, abrigando indicadores bastante distantes da problemática de recursos hídricos, de importância questionável. Nessas condições podem ser mencionados, a título de exemplo:

- Proporção de analfabetos no total da população rural (Categoria de uso: Agricultura/ Pressão)⁴⁰
 - Área cultivada/total da área (Categoria de uso: Agricultura/Pressão)
 - Toneladas/mês de produtos agrícolas transportados por via fluvial em relação ao total de carga transportada por via terrestre na bacia, por tipo de embarcação (Categoria de uso: Agricultura/Pressão)⁴¹
 - Taxa de crescimento do número de tratores por ha e número de tratores/ha segundo o tamanho do estabelecimento (Categoria de uso: Agricultura/ Pressão)
 - Consumo mensal de frutos do mar, peixes marinhos e fluviais – t/mês (Categoria de uso: Pesca/Pressão)
 - Toneladas de cargas perigosas ou tóxicas transportadas por hidrovias⁴² (Categoria de uso: Pesca/Pressão)
 - Crescimento anual do estoque de resíduos radioativos na área (Categoria de uso: Pesca/ Pressão)
 - Modificações da morfologia e leito do aquífero⁴³(Categoria de uso: Navegação/Impacto além de vários outros.
- Um outro grupo de indicadores está localizado em categorias que não se mostram as mais adequadas e, em certos casos, incomum:
 - Volume de efluentes lançados mensalmente nos corpos hídricos por tipo de efluente (Categoria de uso: Pesca/ Pressão)
 - Porcentagem da área de culturas com uso de agrotóxicos no total das áreas (Categoria de uso: Pesca/ Pressão)
 - Alguns indicadores têm duplas entradas, encontrando-se em mais de uma categoria de uso.

O relatório do CIDS não informa em que se baseou concretamente para montar a lista de indicadores nem detalha quem foi ouvido e como foram organizados, apesar

⁴⁰ Percebe-se a dificuldade de uso da estrutura PSR e suas variantes. Esse indicador poderia ser de desempenho ou de estado em um programa de educação ou capacitação técnica, mas sua inclusão na categoria Agricultura como *pressão* sugere um alto grau de elasticidade na elaboração dos conceitos envolvidos.

⁴¹ De novo a dificuldade de classificação e o nível de detalhe/escala adotada: por que agricultura e não navegação? Por que, nesse indicador e no recorte adotado (gestão de recursos hídricos por bacia ou região hidrográfica) considerar o tipo de embarcação?

⁴² Não significa muito sem a associação do risco

⁴³ Grifo do autor.

de registrar em seus capítulos iniciais, entre outros, trabalhos da EEA, UNCSD e OECD. Não menciona a listas de indicadores da bibliografia consultada, painéis de especialistas ou estudos de cadeias causais. De tudo fica a impressão de que o CIDS trabalhou com cadeias causais na organização de sua lista e permitiu que elas transpusessem os limites da gestão dos recursos hídricos e invadissem a gestão ambiental. Por fim, os problemas identificados na lista de indicadores do CIDS evidenciam a importância de uma estrutura conceitual apropriada e a necessidade da identificação de indicadores relevantes.

O CIDS trouxe sua contribuição motivado por um momento em que diversos países buscavam sistematizar informações e construir sistemas estatísticos que pudessem abrigar as variáveis ambientais, além das econômicas e sociais. Pretendiam, com isso, produzir informações que subsidiassem tomadas de decisão para eleger prioridades a tratar, no sentido de gradualmente alcançar a sustentabilidade econômica, ambiental e política. O quadro de referência de indicadores representou o caminho mais promissor, segundo o entendimento do CIDS, para nortear os estudos e análises destinados ao conhecimento das grandes questões ligadas aos recursos hídricos e orientar decisões sobre como agir.

Ele apenas lista os indicadores sem fornecer quaisquer outras informações. E o faz segundo a estrutura PSIR, com um viés fortemente ambientalista em detrimento da gestão dos recursos hídricos, com classificações impróprias, inclusão de indicadores pouco relevantes para a questão central, muitas redundâncias e algumas obviedades. A lista de indicadores precisaria passar por uma revisão geral, compreendendo uma depuração para eliminar repetições e excessos, uma readequação para calibrar melhor o conteúdo dos indicadores e uma reorientação para integrá-la à gestão dos recursos hídricos.

4.3.6. Os indicadores priorizados pelo painel Delphi de Magalhães Jr. et al. (2003)

Magalhães Jr. et al. empreenderam interessante pesquisa, centrada em três objetivos principais:

- avaliar a importância que os indicadores podem ter na gestão dos recursos hídricos do Brasil

- identificar um conjunto de indicadores reconhecidos como prioritários por um conjunto de especialistas representativo da comunidade científica deste setor
- identificar eixos prioritários para a gestão dos recursos hídricos e as lacunas de dados essenciais para a determinação dos indicadores.

Para tanto, a metodologia empregada fundou-se no Método de Delphi (Adler e Ziglio, 1996), um painel de conduta “*ad hoc*”, que contou com a participação de 50 especialistas, cuja representatividade qualitativa e quantitativa, segundo os Magalhães Jr. et al “valoriza os resultados e permite mapear as tendências da comunidade técnico-científica” (Magalhães Jr.et al., p. 52. O grupo de especialistas se manifestou, em duas rodadas, sobre uma lista de 64 indicadores selecionados por Magalhães Jr. et al., relativos a temas ligados à gestão dos recursos hídricos. Os autores admitiram que os “*experts*” sugerissem, durante a primeira rodada, a inclusão de outros indicadores não constantes da lista inicial.

Os onze indicadores que receberam maior índice de aprovação se encontram listados no Quadro 4.8.

Quadro 4. 8 - Indicadores com maiores índices de aprovação

	Indicador	Local (%)	Nacional (%)
1	Densidade populacional	96	97
2	Índice de cobertura vegetal	93	100
3	Taxa de conformidade da água – OD (% de amostras)	93	93
4	Índice de tratamento de esgotos coletados	90	87
5	Índice de captação de água para abastecimento urbano (m ³ /hab)	85	87
6	Índice de atendimento urbano de coleta de esgotos (%população)	84	87
7	Índice de urbanização	84	83
8	Índice de população não atendida por coleta de lixo (%)	83	86
9	Índice de consumo per capita de água (m ³ /hab)	80	81
10	Índice de captação de água para irrigação (m ³ /há)	78	88
11	Índice de abastecimento urbano de água via rede (% população)	77	83

Fonte: Magalhães Jr. et al. 2003

O estudo pesquisou ainda quais os indicadores com maior índice de rejeição e aqueles com menor rejeição. Os resultados se encontram nos Quadros 4.9 e Quadro 4.10, respectivamente, a seguir apresentados.

Quadro 4. 9 - Indicadores com maiores índices de rejeição

Indicador	Local (%)	Nacional (%)
População ocupada por setor de atividade em relação à população economicamente ativa	72	69
Índice de densidade de drenagem urbana (comprimento de cursos d'água/Km ²)	58	56
Rendimento nominal médio mensal per capita (R\$/hab)	57	59
PIB per capita (R\$/hab)	55	51
IDH - Longevidade	50	53

Fonte: Magalhães Jr. et al. 2003

Quadro 4. 10 - Indicadores com menores índices de rejeição

Indicador	Local (%)	Nacional (%)
Densidade populacional total, urbana, rural (hab/Km ²)	0	0
Índice de cobertura vegetal (%)	6	0
Taxa de conformidade da água em relação ao OD (% de amostras)	7	5
Índice de captação de água para abastecimento urbano (m ³ /hab)	8	10
Índice de tratamento de esgotos coletados (%)	9	10
Índice de atendimento urbano de coleta de esgotos (% pop.)	13	9

Fonte: Magalhães Jr. et al. 2003

Ao final das duas rodadas, inclusive com o acolhimento de um conjunto de 41 indicadores adicionais, sugeridos pelos especialistas do painel, o que totalizou 105 indicadores avaliados, alcançou-se uma lista de 17 indicadores prioritários, organizados em 3 grupos principais, a saber:

- 6 de pressão
- 7 de estado
- 4 de resposta

e relacionados no Quadro 4.11

Um exame dos três quadros possibilita reconhecer que Magalhães Jr. et al. (2003) adotaram a estrutura PSR (pressão-estado-resposta). Infelizmente (cf. capítulo 3 da presente tese) essa base conceitual condicionou de certa forma as demais escolhas. Fosse outra a estrutura conceitual, possivelmente outros teriam sido o encaminhamento e os resultados. Os próprios autores reconhecem que, nesse esquema, muitos indicadores podem ser classificados em mais de uma categoria.

Uma segunda observação pode ser feita quanto ao conjunto de especialistas, não quanto às qualificações e méritos de seus membros, mas pela ausência de mais representantes. Outros conjuntos poderiam gerar outras listas, mas certamente muitos dos indicadores priorizados estariam presentes em todas e este é o maior mérito do trabalho.

Dos indicadores priorizados nenhum merece reparo. Os indicadores de saneamento figuram em todas as listas que tratam de recursos hídricos. O mesmo pode ser dito dos indicadores de qualidade de água: estariam incluídos sempre, seja no formato proposto por Magalhães Jr. et al., seja em um outro similar. No entanto, os dois indicadores com maior aceitação (e também menor rejeição) são a densidade populacional (total, urbana e rural) e o *índice*⁴⁴ de cobertura vegetal, nenhum dos dois, propriamente, um indicador de recursos hídricos. O primeiro teve as impressionantes marcas de 96% e 97% (local-nacional) de aceitação e 0% de rejeição e o segundo, 93% (local) e 100% (nacional) de aceitação e 6% e 0% de rejeição (local e nacional, respectivamente). Duas verdadeiras unanimidades, que reforçam a importância da pressão antrópica sobre o meio ambiente (recursos hídricos aí incluídos) às quais se somam ainda o *índice*⁴⁵ de urbanização (11º local /12º nacional), mas que poderiam se exprimir por meio de outros indicadores mais diretamente vinculados aos recursos hídricos, como a relação disponibilidade/demandas e a carga orgânica lançada diretamente nos rios. Melhor seria reuni-los com alguns indicadores econômicos e sociais como “indicadores de background”, que estabelecem o cenário socioeconômico da bacia hidrográfica para fins de planejamento de estratégias de ação.

Quanto aos indicadores com maior rejeição, também não cabe qualquer discordância. Na verdade, a surpresa reside em alguns deles terem sido cogitados, pois têm muito pouco a ver com os assuntos em exame.

⁴⁴ Grifo do autor. O termo índice utilizado nesses casos e em muitos outros pontos da obra de Magalhães Jr. et al. cria uma ambigüidade com o conceito de índice formulado no capítulo 3 deste documento, mostrando-se impróprio por não se tratar de uma agregação de indicadores e sim de uma taxa, nível ou grau decorrente da relação estabelecida entre duas variáveis.

⁴⁵ Idem

Quadro 4.11 – Indicadores priorizados por Magalhães Jr. et al (2003)

Tipo	Subtipo	Indicador(1)	Unidade	Classif(2)
Pressão	sobre os Estoques Hídricos	<ul style="list-style-type: none"> Densidade populacional(3) Índice de urbanização(4) 	hab/km ²	2/1
			%/ano	11/12
	sobre as Demandas	<ul style="list-style-type: none"> Índice de captação de água para abastecimento urbano Índice de captação de água para irrigação 	• m ³ /hab	3/3
			• m ³ /ha	15/9
	Poluição	<ul style="list-style-type: none"> Índice de lançamento de matéria orgânica nas águas Índice de utilização de P na agricultura 	DBO/hab/dia	12/15
			kg/ha ou kg/hab	17/14
Estado	Qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> Taxa de conformidade da água em relação à DBO Taxa de conformidade da água em relação ao OD Índice de toxicidade das águas superficiais IQA 	(% de amostras conformes)	5/5
			% de amostras conformes	7/8
			média anual e regra dos 90%	8/10
			média anual e regra dos 90%	9/6
	Quantidade de água	<ul style="list-style-type: none"> Vazões mínimas de x dias consecutivos e y anos de recorrência Coefficiente de escoamento superficial 	l/s/km ² ou m ³ /hab/ano	10/11
			precipitação /vazões	16/24
	Meios aquáticos	<ul style="list-style-type: none"> Índice de cobertura vegetal 	(%/ano)	1/2
Desempenho	Serviços de abastecimento de água e saneamento	<ul style="list-style-type: none"> Índice de tratamento de esgotos coletados Índice de tratamento de esgotos em relação à água consumida Índice de atendimento urbano de coleta de esgotos Índice de lixo corretamente disposto 	%	4/7
			%	13/13
			%	14/17
			% do volume produzido que é disposto em aterros sanitários	6/4

FONTE: Magalhães Jr. et al. (2003) modificado pelo autor

NOTAS:(1)Título dos indicadores conforme atribuído por Magalhães Jr. et al. (2) Refere-se à classificação obtida pelo indicador a partir da votação recebida. O primeiro número diz respeito à posição do indicador numa escala local enquanto o segundo respeita a uma escala nacional. (3)Urbano, rural e total (4) Os especialistas do painel manifestaram preferência que este índice seja descrito como índice de perda de cobertura vegetal (%/ano)

Por fim, alguns indicadores sugeridos se mostram bastante interessantes, merecendo citação: a área impermeabilizada, a perda de cobertura vegetal, os rios com matas ciliares em conformidade com a legislação pertinente, o desvio das precipitações médias anuais em relação à média de longo termo. Magalhães Jr. et al. (2003) destacam, ainda, que a avaliação local diferenciada da nacional foi reconhecida como pertinente pelos especialistas consultados, por permitir o tratamento das especificidades locais.

Dentro do conjunto examinado é possível encontrar algumas superposições e redundâncias. Por exemplo, a taxa de conformidade da água em relação à DBO e o IQA (que já encerra a DBO como componente desse índice). Usar a cobertura vegetal como único indicador do estado dos meios aquáticos pode ser uma limitação, especialmente quando a existência de reservatórios e interrupções artificiais dos cursos dos rios, com todas as mudanças que acarretam, é esquecida. Nenhum indicador relativo à água subterrânea está presente na lista dos prioritários.

Os chamados indicadores de desempenho tratam essencialmente dos aspectos do saneamento. Os instrumentos de gestão são ignorados.

Em sua análise dos resultados obtidos, Magalhães Jr. et al. (op. cit.) destacam que:

- índices integrados encontram resistências na comunidade científica;
- as taxas de conformidade dos cursos d'água com faixas de valores pré-estabelecidos para a qualidade das águas são boas referências para os indicadores de enquadramento;
- indicadores de eutrofização não consituem consenso entre os especialistas;
- alguns indicadores, em certas realidades locais, só podem ser eficientes se considerados em escala intermunicipal;
- os indicadores de pressão antrópica são ineficientes para considerar a vulnerabilidade e a resiliência dos meios aquáticos (o que, de certa forma, corrobora comentários feitos em parágrafo anterior).

Ressaltam ainda que os indicadores relativos à morfologia dos cursos d'água foram mal votados pelo painel de especialistas em razão da dificuldade de análise dos mesmos, mas reconhecem que podem sinalizar pressões antrópicas e artificialização dos rios.

Dentre as principais conclusões do trabalho estão o reconhecimento do papel dos CBHs no monitoramento de dados, a necessidade de melhoramentos e ampliações importantes na rede de monitoramento hidrometeorológico e de qualidade da água, a relação entre os dois grupos tradicionais de indicadores e o paradigma dominante da gestão dos recursos hídricos no Século XX: o aumento contínuo da oferta de água em quantidade e em qualidade. Concluem, por fim, que os 17 indicadores priorizados se enquadram majoritariamente nessa diretriz e que, talvez pela própria metodologia utilizada, os resultados não refletem a nova gestão de recursos hídricos implantada no país com a lei 9433 de 8 de janeiro de 1997.

O trabalho é, sob qualquer ângulo que se o considere, muito importante. Trata-se da primeira reflexão mais ampla sobre indicadores de recursos hídricos, que busca transcender a qualidade da água e as relações entre disponibilidade e demanda, que abre caminhos para ampliação do foco desse conjunto particular de indicadores. Um mérito adicional é a consulta a especialistas e o uso do método de *Delphi*, já empregado pela Cetesb para montar o IQA. Apesar de não cobrir muitos aspectos da moderna gestão dos recursos hídricos, de limitar-se a priorizar indicadores integrantes de um conjunto inicial montado pelos autores e complementado com sugestões dos especialistas consultados e de não tentar conferir aos mesmos um caráter sistêmico e integrado com o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos, será sempre uma referência para pesquisadores interessados em construir um Sistema de Indicadores de Recursos Hídricos.

4.3.7. Os Indicadores propostos para acompanhamento do PERH-SP 2004/2007 (São Paulo, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2006)

- **O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de S. Paulo para o período 2004-2007 e o estabelecimento de suas metas**

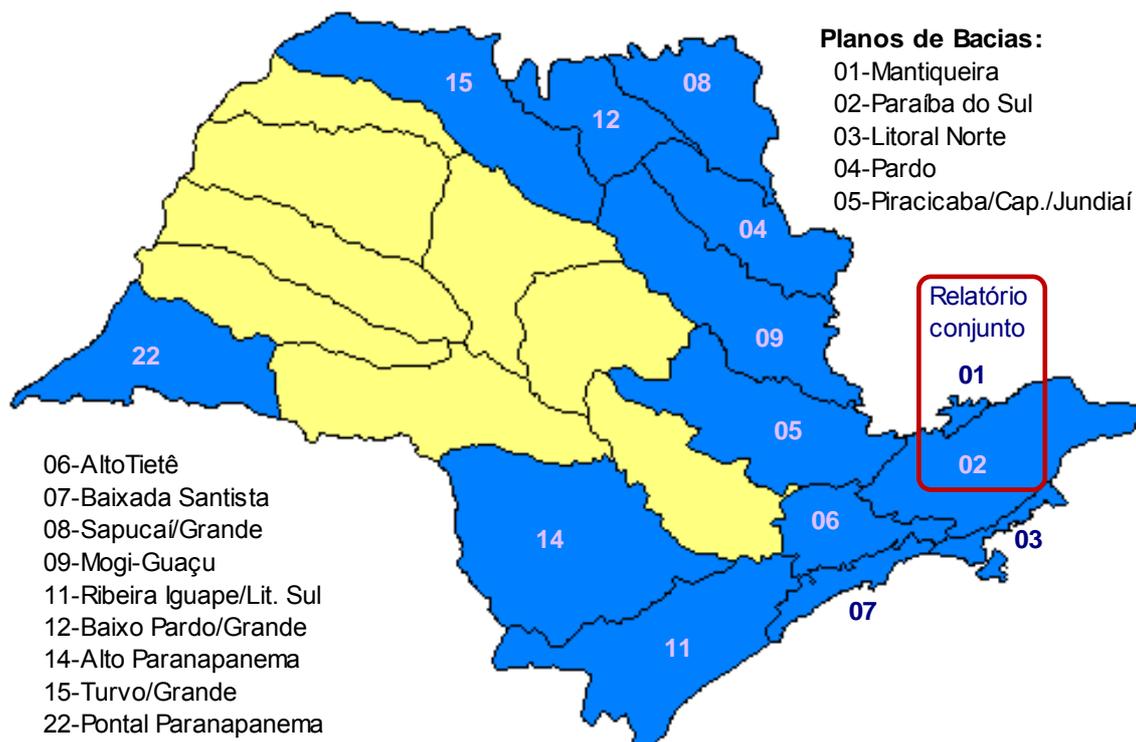
O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de S. Paulo para o período 2004-2007 (PERH/SP 2004-2007) foi estabelecido com base em um diagnóstico e um prognóstico cenarizado. O primeiro decorreu de uma ampla coleta de dados, da análise dos planos de bacia (e/ou relatórios de situação) disponíveis, das entrevistas realizadas com os setores governamentais envolvidos com a gestão dos recursos hídricos, de estudos demográficos e da estimativa das demandas atuais. Os

prognósticos trataram da evolução das demandas e da situação dos recursos hídricos para os horizontes de planejamento do PERH/SP 2004-2007.

Mediante processo de participação pública, foram fixadas e hierarquizadas as metas do PERH-SP para os períodos referenciados e promovida a organização/classificação das intervenções indicadas nos Planos de Bacia das UGRHIs segundo essas metas. Essa participação pública se deu através de (i) comentários apresentados pelos membros dos CBHs (ou qualquer cidadão interessado que tivesse comparecido às reuniões) sobre o conteúdo do Relatório 1 - Síntese dos Planos de Bacia e Relatórios de Situação (Consórcio JMR-Engecorps, 2005a; 2005c)⁴⁶; (ii) do enquadramento de cada uma das intervenções propostas nos vários Planos de Bacia no sistema de metas específicas apresentado no Relatório 2 – Metas do PERH (Consórcio JMR-Engecorps, 2005b); (iii) da hierarquização das Metas inicialmente propostas para o PERH 2004-2007 (sendo que algumas, sofreram revisões e outras foram acrescentadas por sugestões dos CBHs).

Com esse propósito foram promovidos dois conjuntos de reuniões com um intervalo de cerca de 30 dias entre as mesmas (Consórcio JMR-Engecorps, 2005d). Na rodada inicial (cinco reuniões) congregando em cada uma os CBHs de uma mesma bacia/região hidrográfica, foram apresentados os conteúdos dos relatórios Síntese dos Planos de Recursos Hídricos e Proposta Preliminar de Metas do PERH/SP 2004-2007, além do processo decisório a ser percorrido no enquadramento das intervenções e na hierarquização das Metas. A rodada final, também formada por cinco reuniões com o mesmo arranjo de participantes, teve lugar após um período de trabalho dos comitês, dedicado a consultas e reuniões internas sobre o material recebido, com o propósito de enquadrar e hierarquizar as metas do PERH pela lógica das UGRHIs.

⁴⁶ Consórcio JMR-Engecorps, Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório 1 – Síntese dos Planos de Bacia e Relatórios de Situação, São Paulo: CORHI, 2005



Fonte: Consórcio JMR-Engecorps, 2005a ; 2005c

Figura 4.4 – UGRHs do Estado de S. Paulo que possuem Plano de Recursos Hídricos e que só possuem Relatório de Situação

Na segunda volta, os participantes rediscutiram o conjunto de metas do PERH e redefiniram as hierarquizações feitas, dessa vez pela lógica da região hidrográfica/bacia em que os Comitês se inserem.

A parte mais complexa da participação regional foi a hierarquização das Metas Específicas pela lógica das bacias/regiões hidrográficas em que se inserem, pois incluiu a construção de um consenso entre os CBHs a partir de visões e realidades nem sempre coincidentes, para cujo sucesso muito contribuíram os Comitês. No geral, os resultados finais revelaram-se coerentes entre si, oferecendo um importante respaldo sobre o que deveria ser priorizado e o que não era considerado urgente, pelo conjunto de CBHs que integra o SIGRH do Estado de S.Paulo. O mesmo pode ser dito das Metas Gerais reconhecidas como prioritárias, que foram subseqüentemente levadas ao exame do Colégio Diretivo do CORHI para que recebessem a visão integradora do Estado.

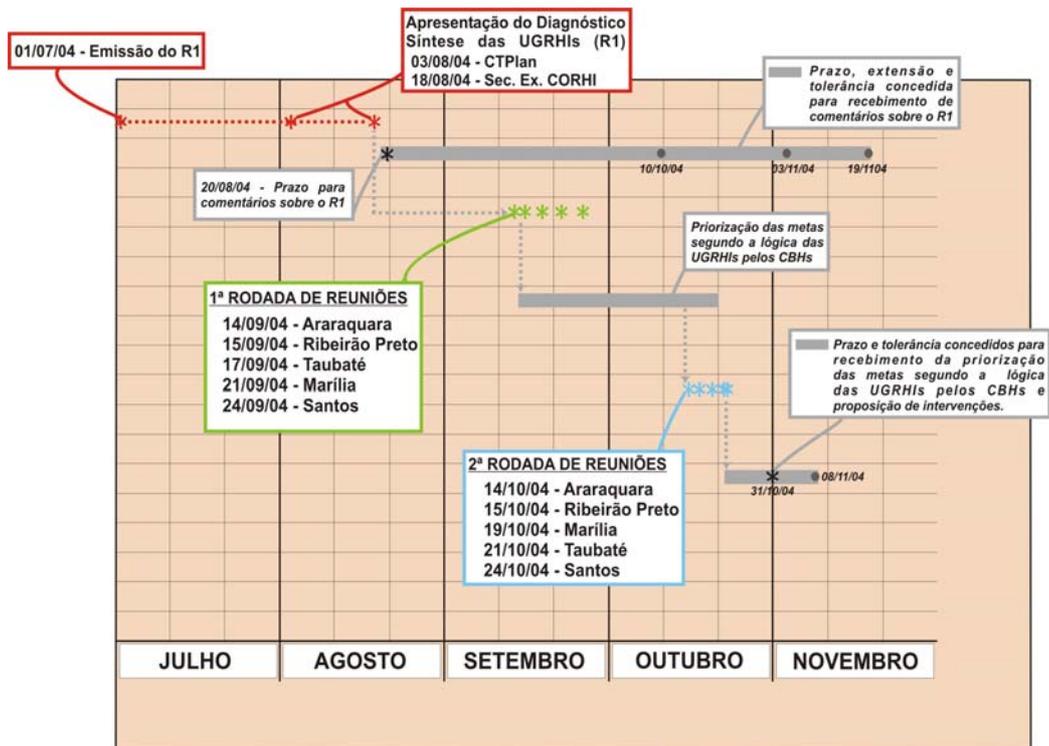
A hierarquização/priorização das Metas Específicas recebeu bastante atenção e participação de todas as UGRHs nas duas rodadas de reuniões, através de um processo decisório onde todos os CBHs se fizeram representar. A série de reuniões envolveu um total de 622 participantes. A Figura 4.5 apresenta o cronograma físico das atividades ligadas à participação regional e priorização das metas e uma fotografia de uma das reuniões realizadas

Metas e intervenções priorizadas formaram os dados de partida para a definição de indicadores destinados a aferir a implementação do PERH, o desempenho dos programas e o atendimento progressivo das metas. A partir daí, os Comitês podem acrescentar, aos critérios de avaliação dos projetos submetidos ao FEHIDRO⁴⁷, o atendimento às metas priorizadas no PERH- SP e nos respectivos Planos de Bacia. O COFEHIDRO, por sua vez, já estabeleceu a conformidade com as metas do PERH e o efeito sobre os indicadores correspondentes como critérios de seleção de projetos a serem financiados. Portanto, os indicadores do PERH estão preferencialmente orientados para avaliação do progresso do Plano, o que significa dizer para o progresso da gestão dos recursos hídricos, e já estão sendo aplicados na gestão.

Trata-se de uma experiência diversa do que vinha sendo feito até então no que respeita a indicadores de recursos hídricos, pois, no PERH SP 2004-2007, eles passam a ser parte integrante do Plano Estadual de Recursos Hídricos. Também merece destaque, na montagem do seu conjunto de indicadores e na elaboração do PERH, mais genericamente, a proposição de um conteúdo mínimo para futuros planos de bacia, no qual se prevê a definição de indicadores do plano como uma atividade compulsória.

De acordo com a consolidação das Metas do PERH/SP 2004-2007, foram reconhecidos três níveis de metas: estratégicas, gerais e específicas, cujas principais características são resumidas no Quadro 4.12

⁴⁷ FEHIDRO – Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Estado de S. Paulo



Fonte: Consórcio JMR-Engecorps, 2005d

Figura 4.5 – O cronograma físico do processo de participação pública para priorização das metas do PERH/SP 2004-2007 e uma das reuniões realizadas

Quadro 4.12 – Principais características das metas do PERH 2004-2007

Metas (tipo)	Competência	Natureza	Vigência/Reavaliação
Estratégicas	Estabelecidas pelo CRH	Expressam o conjunto de objetivos permanentes do SIGRH e da sociedade quanto aos recursos hídricos. Têm âmbito estadual	Permanente. Indefinida
Gerais	Priorizadas pelo CORHI com base em recomendações dos CBHs	Desagregação dos objetivos permanentes segundo a ótica do Estado.	4 anos. Definidas na elaboração de cada PERH e reavaliadas de dois em dois anos nos Relatórios de Situação
Específicas	Hierarquizadas pelos CBHs	Organizados a partir das Metas Gerais, representam a expressão operacional das intervenções previstas nos Planos de Recursos Hídricos elaborados para as UGRHs.	Máximo de 4 anos, podendo ser menor. Definidas nos programas e projetos que integram os planos de bacia e são reavaliadas anualmente nos Relatórios de Situação

¹ Fonte: Consórcio JMR-Engecorps, Plano Estadual de Recursos Hídricos, Relatório 4: Síntese da participação regional. São Paulo: CORHI, 2005d

Por focalizarem objetivos permanentes da gestão dos recursos hídricos do Estado de São Paulo e serem de natureza declaratória, atribuiu-se a todas as Metas Estratégicas o mesmo nível de prioridade. Este critério não pode, entretanto, ser estendido às Metas Gerais. Pelo processo decisório adotado na hierarquização das metas, coube ao órgão gestor dos recursos hídricos do Estado distribuir, depois de receber as contribuições dos CBHs, segundo uma perspectiva estadual, as Metas Gerais filiadas a uma dada Meta Estratégica, sendo consideradas prioritárias aquelas enquadradas no Nível 1.

- **Seleção dos indicadores do PERH 2004-2007**

Sendo o PERH o grande integrador dos PRHs das UGRHs paulistas segundo a lógica do Estado, concebeu-se a avaliação do progresso da gestão dos recursos hídricos do Estado através de indicadores, o que equivale dizer que o conjunto de indicadores do PERH 2004-2007 tem uma orientação preferencial para medir o seu desempenho. Nesse sentido, os indicadores selecionados focalizam a execução dos

programas/componentes do PERH e Planos de Recursos Hídricos das UGRHIs e os produtos/ resultados – diretos, indiretos, parciais e finais – obtidos com sua execução. Eles devem medir, por outras vias, *como, quanto e com que qualidade* as metas do PERH vão sendo cumpridas e como os PRHs das UGRHIs vão sendo implementados.

Os indicadores voltados para medir a implementação do plano devem estar ligados às Metas Gerais prioritárias do PERH, que guardam estreitas relações com o quadro diagnosticado e a evolução prognosticada, pois as intervenções que integram o programa de investimentos foram concebidas e serão implementadas para que as metas prioritárias sejam satisfeitas. Os indicadores de desempenho do Plano devem ser escolhidos de forma a aferir o progresso e a eficácia dessas intervenções e, assim, estarão medindo também o cumprimento das metas. Indicadores deste tipo serão ainda extremamente úteis para analisar projetos e suportar decisões do COFEHIDRO. A metodologia empregada na seleção dos indicadores ora propostos para o PERH 2004-2007 teve início com uma pesquisa bibliográfica, com base na qual chegou-se a uma primeira listagem de indicadores, que foi confrontada contra as metas do PERH 2004-2007 tendo em conta os seguintes critérios pré-estabelecidos:

1. Indicadores distribuídos por 3 grupos principais:
 - a. um primeiro grupo de indicadores exógenos, isto é, gerados por outros setores, que descrevem o pano de fundo macroeconômico em que o PERH se desenvolve, estabelecendo pontos de contato com a realidade socioeconômica em que o plano é implementado;
 - b. um segundo grupo de indicadores, direcionado para o desenho do estado dos recursos hídricos - a qualidade, a eficiência e as transformações obtidas na bacia com o processo de gestão - permitindo identificar avanços, retrocessos, pontos fortes e fracos; não obstante, alguns indicadores desse grupo podem também monitorar a implementação de alguma meta particular; e
 - c. um terceiro grupo de indicadores, relacionado diretamente com a implementação das metas gerais do plano consideradas prioritárias, mais voltados para as questões operacionais e o progresso físico dos programas.
2. Para manter dentro de limites razoáveis o número de indicadores selecionados, estabeleceu-se como critério adicional que, sempre que

possível, o número de indicadores do terceiro grupo seria limitado a um por meta geral.

A escolha final foi realizada em duas reuniões com os membros do CORHI (representantes da SMA, Cetesb, SRHSO, DAEE/DRH, DVS, etc.). Uma tabela com os indicadores pré-selecionados, depois da aplicação dos critérios de seleção pré-estabelecidos, foi distribuída aos membros da CORHI que classificaram os vários indicadores ali relacionados em função da prioridade que deveriam receber⁴⁸, além de indicarem o “status” relativamente à disponibilidade de dados para sua determinação (neste último caso, classificando cada um como “factível” ou “desejável”⁴⁹).

Os resultados individuais foram homogeneizados e, por consenso, os resultados finais, isto é, o conjunto de indicadores do PERH 2004-2007 foi consolidado em uma terceira reunião de trabalho, com o estabelecimento do conjunto proposto.

• O conjunto de indicadores proposto para acompanhamento do PERH 2004-2007

Os indicadores para acompanhamento do PERH 2004-2007 do Estado de S. Paulo estão distribuídos nos Quadros 4.13 a 4.15, que correspondem respectivamente aos indicadores do:

Grupo I – indicadores da conjuntura sócio-econômica e cultural escolhidos para formar o pano de fundo do PERH 2004-2007. Não são específicos do planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois podem integrar o “*background*” de conjuntos de indicadores de outros setores. Os indicadores são apresentados na companhia das unidades em que são medidos, e da(s) entidade(s) responsável(is) pela sua determinação correspondentes (Quadro 4.13);

Grupo II – compreende os indicadores gerais do Plano. Esse grupo está orientado para a gestão e o estado dos recursos hídricos do Estado de S. Paulo (Meta Geral 2.1) acompanhados do respectivo *status* (“factível” ou “desejável”), unidades de medição e a(s) entidade(s) responsável(is) pela sua determinação (Quadro 4.14) e

⁴⁸ Participantes deveriam optar entre duas classes: prioritária e complementar

⁴⁹ “Factível” indica que o indicador pode ser determinado com os dados hoje disponíveis. “Desejável” significa que o indicador, pela sua importância, deveria ser determinável, não o sendo por falta de dados; esta classificação também representa uma recomendação para que os dados necessários sejam adquiridos regularmente.

Grupo III - o terceiro grupo engloba os Indicadores de Implementação do Plano por Meta Geral Priorizada com a explicitação da meta (estratégica/geral) a que se vinculam, status (“factível” ou “desejável”) as unidades de medição e a(s) entidade(s) responsável(is) pela sua determinação (Quadro 4.15).

Quadro 4.13 – Indicadores de Conjuntura Socioeconômica e Cultural (*Background*) do PERH/SP 2004-2007

Referência	Indicador	Unidade	Entidade Responsável
Econômicos	▪ Investimentos feitos em infraestrutura na UGRHI/ Investimentos totais na UGRHI	%	Prefeituras Municipais, CBHs e CORHI
	▪ Valor adicionado	R\$	Prefeituras Municipais, CBHs e CORHI SEADE
Demográficos	▪ Taxa de variação da densidade demográfica	%	SEADE
	▪ Taxa de urbanização	%	SEADE
	▪ Índice de sazonalidade	%	CORHI e CBHs ⁵⁰
Sócio-Culturais	▪ Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS)	%	SEADE

Fonte: Consórcio JMR-Engecorps, 2005e

Nota: Indicadores complementares opcionais: Investimentos feitos em infraestrutura per capita e População residindo em subhabitações e em áreas não urbanizadas da UGRHI / População total da UGRHI (desejável)

Foram ainda recomendados, como Indicadores complementares para o Grupo II: qualidade dos rios que entram na UGRHI/qualidade dos rios que deixam a UGRHI(desejável); taxa de depleção anual máxima registrada nos reservatórios destinados ao abastecimento de água de núcleos urbanos na UGRHI (desejável); I_{CR} do ISA

⁵⁰ Com informações das Concessionárias de Serviços Públicos

Quadro 4.14 – Indicadores Gerais do Estado e da Gestão dos Recursos Hídricos do Estado de S. Paulo

Referência	Indicador	Status(1)	Unidade	Entidade Respons.
Recursos aplicados e representatividade	▪ Recursos do FEHIDRO efetivamente aplicados pelo Comitê/Recursos disponíveis no FEHIDRO para o Comitê		%	CORHI
	▪ Participação setorial nas reuniões dos CBHs		% de cada setor	CORHI/CBH
Áreas Protegidas	▪ Áreas de proteção regulamentadas/ano ⁽²⁾		km ² /ano	SMA
	▪ Áreas de mananciais de abastecimento público protegidas e/ou regulamentadas (n ^o de mananciais protegidos/ n ^o total de mananciais)		%	SMA/CBH
Quantidade de água disponível	▪ Índice anual de pluviosidade (Total do ano/Total anual médio)		Relação	DAEE
	▪ Variação dos níveis piezométricos de aquíferos em poços de controle (por UGRHs ou bacias)	Desejável	M	DAEE
Qualidade da água superficial	▪ Índices da Cetesb: ○ IAP ○ IVA ○ OD		(Unidades utilizadas pela CETSB)	Cetesb
Qualidade das águas subterrâneas	○ pH ○ Nitrato ○ Cromo ○ Poços monitorados com indicação de contaminação de águas subterrâneas		Valor ou Teor Valor ou Teor Valor ou Teor %	Cetesb
Monitoramento da quantidade e qualidade das águas	▪ Densidade da rede de monitoramento hidrológico		km ² /estação	CTH/DAEE
	▪ Densidade da rede de monitoramento da qualidade de água superficial		km ² /estação	Cetesb
	▪ Densidade da rede de monitoramento da qualidade de água subterrânea		km ² /poço	Cetesb
Relação entre uso e disponibilidade	▪ Relação Q _{7,10} / Demandas totais		%	DAEE
	▪ Relação Q _{med} / Demandas totais		%	DAEE
Diversos	▪ Área irrigada na UGRHI/área plantada*	Desejável	%	CATI e CBHs
	○ Cobertura vegetal (área de vegetação natural / área total da bacia)		%	SMA
	○ Indicador de erosão	Desejável	% de crescimento frente ao ano base	A definir
Resíduos sólidos	▪ IQR		%	Cetesb

FONTE: Consórcio JMR-Engecorps, 2005e

NOTAS: (1) O status do indicador contempla suas situações: Desejável, quando se trata de indicadores necessários, para os quais ainda não se dispõe de um sistema de aquisição de dados, que permita sua determinação; a inclusão na lista constitui recomendação para que sejam envidados esforços, que removam essa restrição até o PERH seguinte. Factível, quando já podem ser determinados. (2) Somente áreas onde a proteção dos recursos hídricos é o fator determinante da regulamentação.

Quadro 4.15 – Indicadores de Implementação do Plano por Meta Geral Priorizada

Meta Estra teg	Meta Geral	Indicadores	Status	Unidade	Entidade Responsáve I
1	1. Desenvolver um Sistema de Informações em recursos hídricos	Grau de progresso na implantação do sistema (1)		%	CORHI
2	1. Implementar o gerenciamento efetivo dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (inclui outorga, fiscalização, cobrança)	Já relacionados no Quadro4.14	Ver Quadro 4.14	Ver Quadro 4.14	Ver Quadro4.14
3	2. Recuperar a qualidade dos recursos hídricos incentivando o tratamento de esgotos urbanos	▪ Indicador de cobertura de abastecimento da água (Ica do ISA)		%	Concessioná rias (2)
		▪ Indicador de cobertura de coleta de esgotos e tanques sépticos (Ice do ISA)		%	
		▪ Indicador de cobertura de esgotos tratados (Ite do ISA)		%	
		▪ N° de inconformidades verificadas no monitoramento da qualidade dos corpos hídricos em relação ao enquadramento dos mesmos		N°. de eventos/ano ou % em relação ao total de medições no ano	Cetesb
4	1. Promover o uso racional dos recursos hídricos	▪ Consumo urbano per capita		m ³ /hab/ano	Concessioná rias (3)
		▪ Usos domésticos / usos totais		%	
		▪ Usos industriais / usos totais		%	
		▪ Usos em irrigação / usos totais		%	
		▪ Uso de água subterrânea/usos totais		%	
5	1. Apoiar as iniciativas de implantação de medidas não estruturais no controle de inundações	▪ Tamanho e distribuição de áreas úmidas (wetlands)	Desejável	km ²	
		▪ Total de áreas úmidas protegidas ou recuperadas ou submetidas a intervenções destinadas à sua proteção em relação ao total de áreas úmidas do Estado	Desejável	%	
5	2. Elaborar planos e projetos específicos visando o controle de eventos hidrológicos extremos	▪ N° de planos diretores municipais de uso e ocupação do solo devidamente articulados com os planos de recursos hídricos / n° total de municípios da UGRHI ou do Estado		%	CBHs e CORHI

Meta Estra teg	Meta Geral	Indicadores	Status	Unidade	Entidade Responsáve I
5	3. Implementar as intervenções estruturais de controle de recursos hídricos	▪ Estimativa dos benefícios diretos/ano produzidos pelas intervenções implantadas (4)			DAEE, CORHI e Prefeituras Municipais
		▪ N° de intervenções de regularização outorgadas por ano		Unidade	DAEE/Outorgas
5	1. Prevenir e administrar as conseqüências de eventos hidrológicos extremos	▪ N° de eventos de inundação/ano e pontos inundados/ano		Unidade	Defesa Civil / Mun / CBH
		▪ N° de escorregamentos/ano		Unidade	Defesa Civil
		▪ População submetida a cortes no fornecimento de água tratada x no. de dias de corte no fornecimento por ano		Habxdias/ano	Concessionárias/ CBHs
6	1. Promover o desenvolvimento tecnológico e treinar e capacitar o pessoal envolvido na gestão dos recursos hídricos, em seus diversos segmentos	▪ N° de homens hora de treinamento oferecido com recursos do SIGRH		HH/ano	CBHs e CORHI
6	3. Promover e incentivar a educação ambiental	▪ No. total de programas de educação ambiental conduzidos com foco em recursos hídricos por UGRHI ou no Estado a) da rede escolar estadual extra-rede escolar b) extra-rede escolar		Unidade e horas aula (ou atividade) x aluno/ano	Secretaria de Educação, CBHs, CORHI

FONTE: Consórcio JMR-Engecorps, 2005e

Notas: (1) Referido a um conjunto de eventos identificados, segundo uma escala de avaliação de progresso, previamente estabelecida, no projeto respectivo – (2) Segundo metodologia a ser estabelecida pelo CORHI e SERHS/CSAN – (3) Idem obs. (2) – (4) Critérios de determinação de benefícios deverão ser estabelecidos para referência da determinação.

O conjunto de indicadores do PERH contém inovações em relação aos trabalhos anteriores comentados neste Capítulo, mas ainda não representa um sistema de indicadores para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. Sua montagem levou em conta as limitações ainda presentes do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado de S. Paulo; em alguns casos, atacou-as de frente, propondo indicadores que permitam sua avaliação, a introdução de aperfeiçoamentos e a medição do sucesso dos mesmos; em outros, reconheceu as dificuldades de implementação imediata e preferiu deixar as iniciativas correspondentes para uma próxima edição do plano, como a quantificação das metas que, a pedido dos representantes dos CBHs, deixou de ser formalizada.

Entre os pontos positivos da proposta do PERH-SP 2004-2007 estão:

- o processo de consolidação das metas e dos indicadores, por etapas, com criação de vínculos entre os últimos e os primeiros;
- a indicação de responsáveis pela determinação dos indicadores que integram o conjunto, descentralizando, envolvendo e responsabilizando mais instituições no acompanhamento do PERH;
- a montagem de um grupo compacto de indicadores para acompanhar o desenvolvimento do PERH.

Apesar das conquistas, o conjunto ainda não é plenamente satisfatório como um Sistema Integrado de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos e, mesmo como um simples conjunto para acompanhamento e controle do PERH-SP, os indicadores propostos precisarão passar pela etapa de operacionalização, articulação com o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e por um período de avaliações até sua validação final.

Novas realizações estão colimadas para o próximo PERH, a partir das condições a serem instaladas com a implementação do PERH 2004-2007. Entre outros alvos, podem ser lembradas:

- (1) a quantificação mais rigorosa de todas as metas, através de uma avaliação com os CBHs, e com o concurso de indicadores
- (2) a implementação dos indicadores e avaliação de sua sensibilidade e eficácia em traduzir a realidade⁵¹
- (3) a ampliação e operacionalização do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos de modo a tornar mais rápida a apreensão da realidade e a elaboração do Diagnóstico do PERH 2008-2011, bem como apoiar o cálculo dos indicadores.

Dentre eles, o aspecto crucial encontra-se na operacionalização do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos com o qual o conjunto de indicadores deverá estar associado e trocando permanentemente informações.

⁵¹ Processo semelhante ao conduzido pela UNCSD

CAPÍTULO CINCO

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE INDICADORES PARA PLANEJAMENTO E
GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

"A network is nonhierarchical. It is a web of connections among equals. What holds it together is not force, obligation, material incentive, or social contract, but rather shared values and the understanding that some tasks can be accomplished together that could never be accomplished separately. One of the important purposes of a network is simply to remind its members that they are not alone."⁵²

D.H. Meadows

5.1. Introdução

Ao longo dos capítulos anteriores foi possível compreender a ameaça que paira sobre as águas doces interiores, que decorre essencialmente das várias manifestações antrópicas e da falta de uma gestão efetiva, capaz de agir por antecipação, prevenindo e respondendo criativamente às novas necessidades desses tempos de globalização, quando a pressão por recursos naturais chega a níveis paroxísticos.

Viu-se também a complexidade que envolve o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, com uma pauta extremamente diversificada, que requer a participação de numerosos ramos do saber humano. Nesse sentido, o planejamento e a gestão dos recursos hídricos seguem o exemplo dos outros setores de atividades e vão buscar na multidisciplinaridade e na interdisciplinaridade a inspiração e o reforço técnico para lidar com problemas antes evitados.

E ficou ressaltada a dificuldade de escolher um conjunto de indicadores que descreva as condições e as transformações experimentadas por uma bacia

⁵² Uma rede não é hierárquica. É uma teia de conexões entre iguais. O que a mantém unida não é a força, a obrigação, o incentivo material ou um contrato social e sim os valores compartilhados e a compreensão de que algumas tarefas que podem ser cumpridas em conjunto jamais poderiam ser realizadas por um membro isoladamente

hidrográfica quando esta é submetida a um processo de ocupação e desenvolvimento econômico. Uma das razões apontadas é a abordagem de “cima para baixo”, adotada por um grande número de instituições, pela qual se busca compor um retrato em escala nacional (ou estadual) que interesse todos os aspectos ambientais considerados importantes. Outro motivo é que, na maioria dos casos, os dados empregados são acompanhados de ressalvas ou restrições, por serem considerados como incompletos, obsoletos ou pouco confiáveis, como mencionado no Capítulo 3 para os casos da Austrália, África do Sul, EEA e, por isso, não permitem comparações. Uma razão a mais são as estruturas adotadas: grande parte delas está de alguma forma, associada a cadeias causais, muito úteis para outros fins, mas que aqui ajudam menos do que se desejaria e agrilhoam seus usuários em intermináveis discussões sobre o que é causa e o que é consequência e a respeito da propriedade de classificar um dado indicador em uma ou outra categoria da estrutura. Não por acaso, a UNCSO, depois de 5 anos, decidiu abandonar a estrutura PSR e adotar a estrutura temática.

Indicadores isolados são como a luz de um fósforo, que permite ver muito localmente, a distâncias muito curtas. Um conjunto de indicadores, dotado de uma estrutura lógica, é muito mais esclarecedor sobre o objeto que abordam e foi isso que procuraram as iniciativas destacadas no Capítulo 4. Mas nenhuma instituição montou um sistema de indicadores para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos que, para o caso em tela, é muito mais desejável que um mero conjunto desestruturado.

Para atingir os objetivos relacionados, propõe-se neste capítulo uma visão sistêmica, entendendo-se o planeta como um sistema fechado, no qual transformações provocadas em um dado local podem repercutir sobre outra variável em um outro ponto, e que todos esses movimentos de reação à perturbação introduzida destinam-se a estabelecer um novo tipo de equilíbrio. O sistema proposto fundamenta-se nos princípios da Declaração de Dublin, que possuem repercussão direta sobre o presente trabalho, a seguir enunciados

- 1º : A água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para a manutenção da vida, para o desenvolvimento, e para o meio ambiente.
- 2º : O desenvolvimento e o gerenciamento da água deve ser baseado em uma abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e encarregados de elaboração de políticas, em todos os níveis.

4º : A água tem um valor econômico em todos os seus usos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

e nos preceitos segundo os quais (i) todos os seres vivos têm o direito à água e (ii) todos têm o dever de agir no sentido de mantê-la nas mesmas condições que a natureza a oferece, não desperdiçando nem degradando este recurso.

O que mais impressiona o observador que se debruça sobre essa metamorfose da gestão dos recursos hídricos na virada do Século XX para o Século XXI é a sucessão de paradigmas – no sentido estritamente khuniano do termo – que foram incorporados sucessivamente e se tornaram dominantes, particularmente no Brasil. Uma segunda característica marcante é o caráter de obra aberta que a gestão dos recursos hídricos mantém a partir da lei 9433, onde o quadro precisa ser reformatado a cada ano, mercê das mudanças, acréscimos, aperfeiçoamentos, experiências e inovações ensaiadas nos diferentes pontos do território nacional e em seguida incorporadas ao modelo em vigor por deliberações, portarias, decretos ou pela simples reprodução de práticas e comportamentos. Essas duas características caracterizam uma notável revolução científica – também no sentido atribuído por Thomas Kuhn (Kuhn,1962) – que tem lugar no campo da gestão dos recursos hídricos e que, se for bem sucedida - como tudo parece fazer crer que será, pelo menos comparativamente aos modelos antecedentes - poderá propagar-se para os diferentes campos do saber humano.

É, portanto, para a montagem de um sistema integrado de indicadores, circunscrito às especificidades dos diferentes setores, que devem orientar-se prioritariamente os esforços dos pesquisadores. No caso do setor de recursos hídricos, que experimenta tantas transformações auspiciosas, esse sistema deve estar de alguma forma ligado aos instrumentos de gestão e mais diretamente ao Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e aos Planos de Recursos Hídricos das bacias hidrográficas. Mais importante que o número de indicadores que o compõem deve ser o acoplamento à gestão dos recursos hídricos através desses dois instrumentos, de modo que, com ele, seja possível diferenciar a bacia A da bacia B em um mesmo momento e a bacia A de ontem da bacia A de hoje ou de amanhã.

Este capítulo pretende apresentar o SISTEMA DE INDICADORES PARA O PLANEJAMENTO E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (SINPLAGE), proposto

pelo autor, o objeto central desta tese. Para isso, em vista do que ficou evidenciado nos parágrafos precedentes e pela influência que exercem na abordagem metodológica preconizada, inicialmente visitar-se-á os paradigmas de gestão dos recursos hídricos manifestos no Século XX e seus rebatimentos sobre a institucionalização do modelo brasileiro de gestão dos recursos hídricos; em seguida, pela importância como unidade de planejamento preconizada na lei 9433 e por ser o recorte físico do tema da tese, a bacia hidrográfica será examinada quanto às relações que mantém com a realidade que a abraça e com ela interage, daí resultando o reconhecimento de um conjunto de diferentes estágios de desenvolvimento das mesmas segundo um ciclo com repercussões diretas sobre as estratégias de gestão aplicáveis. A parte central do capítulo é dedicada ao desenho da estrutura conceitual do Sistema de Indicadores e a parte final à seleção e apresentação dos indicadores que o integram

Cumprido destacar que, por tratar-se de tão amplo assunto, ele terá o seu enfoque restrito à proposição de um sistema de indicadores para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, em consonância com o modelo de gestão dos recursos hídricos e a legislação em vigor para este setor no Brasil, tendo em conta o ciclo evolutivo das bacias hidrográficas e consideradas apenas as águas superficiais. A unidade de estudo e de formatação do sistema é a bacia hidrográfica.

5.2. Os Alicerces do Sistema: O Modelo de Gestão dos Recursos Hídricos, sua Evolução, seus Paradigmas e as Implicações Metodológicas

A gestão da *res publica* tem experimentado contínua evolução no Brasil desde o início do Século XX, com mudanças periódicas de prioridades e focos, no que concerne a disputas entre setores usuários pela hegemonia e ao delicado equilíbrio entre centralização e descentralização do poder político-institucional, com a introdução de novas filosofias e ferramentas de planejamento e gestão associadas a essas filosofias. Em particular, merecem destaque especial o abandono da tradição tecnocrática, herdeira do positivismo, por insuficiente e demasiado rígida, e o conceito de gestão integrada.

A extraordinária expansão da ciência neste Século levou-a a novos limites, entre eles a complexidade e a incerteza. A gestão dos recursos hídricos requer a contribuição de diversas ciências e um convívio íntimo com a incerteza, como no caso da hidrologia. Por envolver o homem – como sujeito e destinatário da gestão dos

recursos hídricos – ela incorpora também a subjetividade, própria das ciências humanas, especialmente pela incorporação dos componentes de descentralização e participação pública (gestão participativa). Essa subjetividade assenta-se no comportamento humano, eivado de desejos, particularmente o de poder, que se apresenta aberta ou dissimuladamente, em todas as atividades. Em decorrência dessas afirmações, a cientificidade da Gestão dos Recursos Hídricos não é mais exclusivamente lastreada nas metodologias próprias das ciências exatas, no empirismo⁵³ newtoniano, no método cartesiano (Descartes, 2000), que continuam válidas e com pleno emprego nas ciências exatas; ela acolhe e incorpora também as metodologias próprias das ciências humanas, como advogado por Foucault (1981; 2000), bem como a complexidade, como sintetizado por Morin (2001; 1977), que passam a integrar o seu cotidiano metodológico, onde gestão participativa e decisões colegiadas quanto a intervenções ocupam o mesmo destaque de vazões médias de longo termo, teor de oxigênio dissolvido e cobertura de saneamento.

Quinn et al.(2004) reforçam esse ponto de vista, ao comentarem que existe hoje uma necessidade de ferramentas apropriadas, temperadas por incertezas preditivas, e que

“o gerenciamento integrado dos recursos hídricos de bacias hidrográficas é muito complexo (multidisciplinar e multi-escalar) e, com freqüência, há falta de evidências concretas necessárias para fundamentar a tomada de decisões. Freqüentemente os atores da bacia que mais podem influenciar o uso do seu espaço territorial se separam segundo linhas disciplinares e regulatórias por causa da fragmentação legal/institucional e assim lutam para planejar o futuro” (Quinn et al., 2004, pg. 19-20).

A incapacidade de trabalhar com incertezas pode levar à paralisia política e o mesmo se passa quando são criadas zonas de superposição de competência. No caso brasileiro, um exemplo dessa última situação é a dicotomia na responsabilidade atribuída à gestão do território das bacias e à gestão de suas águas. Pela generosa Constituição de 1988, cabe à União gerir os rios de domínio federal, mas as terras da bacia são competência dos municípios, elevados pela Carta Magna à condição de entes federados, como os Estados e a União. A Lei Maior espera uma gestão solidária dos entes federados, que ainda não foi conseguida, esquecendo-se de que a realidade

⁵³ Doutrina segundo a qual todas as idéias e conceitos derivam da experiência e esta, por sua vez, se baseia exclusivamente na informação que procede dos sentidos.

faz com que uma decisão sobre o uso das terras seja igualmente uma decisão sobre as águas dessa mesma bacia (Falkenmark ,1999).

Quinn et al. (op.cit) ainda comentam as diferenças inerentes ao treinamento de hidrólogos especialistas em modelagem de bacias e à formação profissional de gestores de recursos hídricos, destacando que, no segundo grupo, a ênfase é dirigida para o gerenciamento e a solução de problemas enquanto que o primeiro grupo se concentra na modelagem avançada, sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica. Todas essas novas tendências requeridas pelo processo de gerenciamento integrado de bacias hidrográficas devem estar enraizadas em um sólido conhecimento científico envolvendo ciências exatas e ciências humanas, com destaque para o direito de acesso público à informação ambiental e à participação pública no processo de tomada de decisões ambientais (“empowerment” público), como indicado na Convenção da UNECE⁵⁴ sobre o Acesso à Informação, Participação Pública na Tomada de Decisões e Acesso à Justiça em Assuntos Ambientais, chamada Convenção de Aarhus, assinada em 1998 (UNECE Committee on Environmental Policy, 1998) e em vigor a partir de 2003 (European Parliament, 2003a, 2003b).

Isso acrescenta a multidisciplinaridade, a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade à atual abordagem metodológica da moderna gestão dos recursos hídricos.

Os principais responsáveis pela implementação da gestão dos recursos hídricos no Brasil se alinham segundo diferentes correntes epistemológicas, sendo possível reconhecer manifestações filiadas ao pensamento neopositivista, à epistemologia pragmática, ao construtivismo e à arqueologia do saber/genealogia do poder postulada por Foucault.

A abordagem metodológica adotada neste trabalho reconhece que o homem tem uma responsabilidade com todos os seres vivos e advoga uma abordagem sistêmica da questão hídrica. Guarda um distanciamento crítico das duas correntes extremas de opinião que envolvem o assunto, recusando, de um lado, a postura ambientalista extremada, que proclama a intocabilidade dos recursos naturais, assim como a atitude oposta, predatória, segundo a qual o homem tem o direito inquestionável de dispor dos recursos naturais do planeta conforme sua vontade, sem

⁵⁴ UNECE = Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa

se preocupar com a exaustão, degradação, renovação ou sustentabilidade dos mesmos, que devem ficar por conta da Natureza.

5.2.1. A implementação da gestão dos recursos hídricos no Brasil

Descrições do modelo atual de gestão dos recursos hídricos praticado no Brasil e sua evolução têm sido objeto de vários trabalhos recentes (Barth, 1999; Silva, 2000; Malta, 2004; Campos, 2005) enquanto que as questões envolvendo a gestão participativa das águas e a cobrança no Brasil e em países europeus podem ser encontradas em Johnsson (2003) e Thame (2000). Lanna (1997) e Lanna et al. (2002) oferecem análises sobre os diferentes modelos de gestão de recursos hídricos, sobre os modelos SAGE e SDAGE praticados na França e propõem alternativas para o Brasil inspiradas nesses modelos.

Por Gestão dos Recursos Hídricos entende-se o processo de planejamento, coordenação e controle das atividades ligadas ao uso racional desses recursos que tem na tomada de decisões o seu ponto fulcral. Lanna (1995) define Gerenciamento das Águas como o conjunto de ações governamentais destinadas a regular o uso e o controle das águas e avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela Política das Águas que, segundo esse mesmo autor, é “o conjunto consistente de princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne à regulamentação ou modificação de usos, controle e proteção das águas”. A motivação para essas novas bases de ação surgiu nos estertores do regime autoritário, na década de 1980, da poluição dos rios, dos conflitos de uso que se instalaram, do passivo sanitário das cidades, do abandono a que o setor fora relegado, da hegemonia do setor elétrico sobre os demais setores usuários num país que despertava para a realidade da água como um recurso finito e vulnerável. A Gestão dos Recursos Hídricos fundamenta-se hoje na participação da sociedade, em um conjunto de instrumentos legais e normativos de âmbito federal e estaduais e em mecanismos econômico-financeiros, sempre colimando na busca de um desenvolvimento sustentável, depois de percorrer um caminho no qual podem ser identificadas quatro fases bem pronunciadas, cada uma com paradigmas próprios, a seguir descritos.

- **Primeiro Paradigma – O Código das Águas**

As primeiras duas décadas do Século XX foram marcadas pela organização das bases para elaboração dos Códigos Rural e Florestal e dos Códigos de Mineração e das Águas (este último só aprovado por decreto em 1934), pela reforma sanitária de Oswaldo Cruz (cujo primeiro objetivo era a erradicação da febre amarela) e pela criação da Inspetoria de Obras contra Secas (IOCS) destinada a combater a escassez de água no Nordeste e atender, principalmente, aos apelos das oligarquias regionais.

A década de 1920 marcou o esgotamento do modelo político da República Velha, com discussões sobre centralização versus descentralização do poder político-institucional e industrialização versus economia agrícola, bem como pelas crises que levaram à Revolução de 1930, esta de perfil nacionalista e estatizante, uma verdadeira ruptura com o Estado oligárquico, herdado da monarquia e com forte ranço de positivismo.

Coerentemente, em 1934 foi promulgado o Código das Águas pelo Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, depois de 27 anos de tramitação no Congresso Nacional e que prevaleceu como único diploma legal do setor até 1988, quando a atual Constituição foi promulgada. É interessante observar que o Código das Águas já começara a ser gestado em 1907, tendo recebido um tomo adicional e várias adaptações nesse período, especialmente após 1930, orientados para regular a geração hidrelétrica.

O Código das Águas estabeleceu regras de controle federal para aproveitamentos de recursos hídricos; instituiu o controle de usos dos recursos hídricos no país, submetendo-os ao controle da autoridade pública, base para a gestão pública do setor de saneamento; privilegiou o setor industrial urbano em detrimento do rural; dissociou a propriedade da água daquela pertinente à terra; atribuiu às primeiras necessidades da vida a prioridade do uso da água; removeu os obstáculos que impediam ou restringiam o aproveitamento do potencial hidrelétrico e limitavam a produção de energia. Trata-se de um documento bem elaborado, em alguns aspectos bastante avançado para a época e dotado de inteireza jurídica. Desse primeiro paradigma, que o Código das Águas, se encarregou de esculpir, destacam-se os seguintes aspectos:

- propriedade privada da água (Art. 8)
- domínialidade da União, dos Estados e Municípios (Art. 29)
- possibilidade de cobrança pelo uso das águas (Art. 36, Parágrafo 2º.)

- necessidade de concessão para derivações de águas para agricultura, indústria e higiene (Art. 43) e para a produção de energia elétrica (Art. 63)
- indenização aos afetados pela inquinação dos corpos hídricos (Art. 111 e 112)⁵⁵

Em 1934, repercutindo o novo Código, foram criados o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e, em seguida, o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica. Na década de 1930 teve início a aplicação, ainda que de forma incipiente, das técnicas de planejamento como instrumento de política econômica estatal. Como Rivera (1995) posiciona a questão, pela abordagem normativa do planejamento,

“um único sujeito – o Estado - instrumentaliza a ação sobre um sistema social concebido de maneira objetiva, numa ação não interativa. Não há outros atores. Ao sistema social são atribuídas leis objetivas, de caráter econômico. A partir do conhecimento destas leis, o sujeito que planeja pode prever com precisão os efeitos de um estímulo ou uma atuação sobre o seu objeto, Este apenas reage de maneira comportamental, produzindo efeitos estáveis, repetitivos.”

(Rivera, 1995; p. 51)

A partir da década de 1940 a planificação normativa foi gradualmente assimilada pelo pensamento e pela prática governamental, apresentada como uma forma mais racional de organização das informações, análise de problemas e tomada de decisões.

A falta de regulamentação de muitos pontos impediu que o Código das Águas vivesse em sua plenitude (Barth, 1999) e, assim, o modelo de gestão implantado a partir do Código das Águas foi progressivamente marcado pela setorialidade e pelo centralismo do Estado.

- **Segundo paradigma – O modelo TVA, o planejamento e a supremacia hegemônica do Setor Elétrico**

Lacorte (1994) lembra que, no campo do planejamento regional, a primeira experiência concreta – ainda sob o modelo jurídico do Código das Águas - foi o planejamento de bacias hidrográficas, inspirado no modelo implementado da

⁵⁵ Refere-se à indenização a ser paga pelo poluidor de corpos hídricos aos afetados pela poluição. Trata-se claramente do princípio poluidor-pagador, décadas mais tarde redescoberto, aplicado a todas as formas de poluição e introduzido no Brasil.

Tennessee Valley Authority (TVA), que exerceu grande influência mundial ao atuar como agente de desenvolvimento regional a partir de obras hidráulicas e de infraestrutura básica, complementadas por um programa agrícola. O TVA serviu de modelo para a SUVALE (hoje CODEVASF) e para o Plano de Aproveitamento do Vale do São Francisco, cuja implementação se arrasta até hoje, inobstante as inegáveis realizações alcançadas. No setor de saneamento, as funções de planejamento foram atribuídas ao DNOS, com atuação estendida a todo o território nacional para planejar e construir obras de drenagem e sistemas de água e esgotos, ficando a operação por conta das administrações municipais.

O modelo TVA, no que respeita ao desenvolvimento hidrelétrico de bacias hidrográficas (sem o programa agrícola) teve um grande sucesso, a partir das experiências de Furnas, CEMIG e CESP e dos inventários hidrelétricos conduzidos pela Canabira nas regiões Centro-Sul, Sudeste e Sul do Brasil. Melhor organizado, com acesso a financiamentos internacionais e com infra-estrutura para implantação de um parque industrial e desenvolvimento econômico tão ansiado pelo país, o setor elétrico usou o modelo de desenvolvimento de bacias do TVA para elevar a capacidade instalada de geração hidrelétrica do país, tornar-se hegemônico e, mediante uma estruturação dos organismos gestores dos recursos hídricos que atendesse a seus interesses, conseguiu colocar o Código de Águas a seu serviço quase exclusivo.

Em meados da década de 60 a Divisão de Águas do DNPM foi transformada em DNAE (Departamento de Águas e Energia) e, logo em seguida, em DNAEE, subordinado ao MME, que se tornou o órgão central da direção superior responsável pelo planejamento, coordenação e execução dos estudos hidrológicos; pela supervisão, fiscalização e controle do aproveitamento das águas que alteravam o seu regime (Silva, 2001), bem como dos serviços de eletricidade, essas duas últimas funções desincumbidas como uma extensão da ELETROBRÁS. Essa subordinação é emblemática: as águas passavam formalmente ao controle do setor elétrico. Faz-se mister destacar a competência desse setor, que conduziu o Brasil de 18.1 GW de potência instalada em 1974 a 93,1 GW em 2007.

O semi-árido, sem maior interesse para o setor elétrico, foi entregue ao DNOCS que continuou privilegiando a política clientelista do seu antecessor. A solução básica para a escassez hídrica foi a açudagem, o aumento da oferta pela reservação de água (Kemper, 1997), que se revelou parcialmente bem sucedida em

um primeiro momento, mas logo se mostrou insuficiente pelo esgotamento dos recursos financeiros e de locais adequados para construção de açude, entre outras razões.

Esse paradigma, que em sua infância brasileira conviveu subordinadamente ao primeiro, teve suas primeiras manifestações na década de 1950 com o Plano de Metas do Governo Kubitschek, mas só ganhou força e passou a ser dominante nos anos 1960 e 1970, coincidindo sua supremacia paradigmática com o regime militar que se instalou em 1964. O planejamento se tornou o instrumento definidor das trajetórias do desenvolvimento econômico e social, determinista, tecnocrático, com o Estado no papel de único ator, capaz de moldar as circunstâncias às suas conveniências. Essa visão de planejamento se manifestou na série de Planos Nacionais de Desenvolvimento dos governos militares e chegou a um impasse no final dos anos 1980, com a moratória da dívida externa declarada pelo governo brasileiro, que impediu o setor elétrico de continuar captando financiamentos e marcou a exaustão do modelo.

- **Terceiro Paradigma – A inserção da perspectiva ambiental**

A década de 1970 cunhou o conceito de gestão ambiental que, no entender de Lanna (1995), compreende um processo de articulação das ações e dos diferentes agentes sociais que interagem num dado espaço e tempo, visando garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos naturais, econômicos e sócio-culturais às especificidades do meio ambiente, tendo como base princípios e diretrizes previamente acordados/definidos.

O terceiro paradigma nasceu com a crise ambiental dos países desenvolvidos, cresceu com as reuniões, conferências e acordos internacionais celebrados e, no Brasil, levou à criação da SEMA (ligada à Presidência da República e, mais tarde, transformada em Ministério do Meio Ambiente) que promoveu a fundação da gestão ambiental no Brasil (Brasil, Congresso Nacional, 1992). A inserção da perspectiva ambiental teve início com a edição da lei que dispôs sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981) e a Resolução CONAMA 006 (CONAMA, 1987) dedicada a “regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente aquelas nas quais a União tenha interesse relevante como a geração de energia elétrica” (CONAMA, 1987) que marcaram o enquadramento do setor elétrico na legislação ambiental. Conflitos do setor elétrico com os órgãos

licenciadores ambientais, que até hoje perduram, começaram a ser registrados na década de 1980 e se agravaram na década de 1990, com vários projetos interrompidos e até hoje as diferenças existentes não permitiram a construção de um protocolo efetivo de encaminhamento e resolução dos mesmos.

Em razão do vácuo existente quanto à regulamentação da qualidade da água na esfera federal, os Estados, mais ágeis, começaram a legislar sobre o tema ainda na década de 1970 (Barth, 1999). As iniciativas federais no controle da poluição hídrica estiveram limitadas à Resolução CONAMA 020 (Conama, 1986). Muito antes disso, foram criadas a CETESB (São Paulo, Governo do Estado, 1968) e a FEEMA (Rio de Janeiro, Governo do Estado, 1975), que tomaram a seu encargo o gerenciamento da qualidade das águas, forjando a dicotomia quantidade-qualidade até hoje existente no campo do gerenciamento dos recursos hídricos no que respeita a atribuições e por conta da qual coexistiam (como até hoje coexistem), tanto no plano federal como no plano estadual, agências independentes, responsáveis pela gestão da quantidade (por exemplo, DNAEE - depois ANA, DAEE-SP e SERLA-RJ) e da qualidade (SEMA - depois IBAMA), CETESB- SP e FEEMA-RJ)

As pressões sociais e o destacado papel desempenhado pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) nessa quadra da vida nacional (que promoveu uma ampla discussão e divulgação das novas idéias que, adiante, vieram a moldar o Quarto Paradigma) contribuíram para a criação dos Comitês Especiais de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH) para atuar nas bacias de rios federais, a partir de uma experiência conjunta do MME com o governo de São Paulo para melhorar as condições sanitárias dos rios Tietê e Cubatão (Barth, 1996). Esses comitês contavam com a participação da SEMA, DNAEE, ELETROBRÁS, DNOS, além dos órgãos setoriais dos estados e municípios banhados pelos rios da bacia (Barth, 1996)

- **Quarto Paradigma – A Declaração de Dublin, a lei 9433 e a participação pública**

O Quarto Paradigma decorre diretamente da promulgação da Constituição Federal de 1988, cujo texto abrigou os princípios da moderna gestão de recursos hídricos em seu Artigo 21 e abriu caminho para a lei 9433, que velozmente se impôs com a adesão da sociedade civil e a reforma do Estado brasileiro. Ele tem na Declaração de Dublin seu marco mais importante, com os seus princípios

reproduzidos em todos encontros técnicos, inscritos em numerosos documentos (a começar pela própria lei 9433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos) e, acima de tudo, construindo uma nova consciência da relação da cidadania com a água, marcada pelas noções de finitude e vulnerabilidade.

O principal diploma jurídico que hoje regula a gestão das águas no Brasil é a lei 9433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, Congresso Nacional, 1997), denominada Lei das Águas ou Lei dos Recursos Hídricos. Ela substituiu o Código das Águas⁵⁶(Brasil, Congresso Nacional, 1934), instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e regulamentou o Art. 21, inciso XIX da Constituição Federal de 1988, incorporando as visões contidas na Declaração de Dublin, permeadas pela Agenda 21 e documentos de outros certames posteriores ligados à gestão dos recursos hídricos.

O Quadro 5.1 reúne as principais inovações da Lei 9433 no que concerne a fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é peça essencial da Lei. Ele é constituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERHs ou CRHs), os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), os órgãos gestores federais, estaduais e municipais cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos e as Agências de Água. Tal como definido em lei, o sistema assim constituído se sobrepõe, mas não se opõe, à estrutura pré-existente (Consórcio ICF Kaiser – Logos, 1999c). Como a base territorial da nova lei é a bacia hidrográfica, surge a necessidade de novos organismos para preencherem o vazio que não pode ser ocupado pelos já existentes, que atuam com outra lógica, nomeadamente a dos municípios e estados.

Além da lei 9433, completam o conjunto de marcos legais da moderna gestão integrada dos recursos hídricos a lei 9984, que cria a Agência Nacional de Águas e as leis estaduais de águas e as Resoluções do CNRH que, na falta da aprovação do PL1616, vão regulamentando a lei 9433.

⁵⁶ O Código das Águas continua em vigor naquilo que não foi revogado pela Lei 9433/1977.

Quadro 5.1 - Fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos

Aspectos	Principais Pontos
Fundamentos	<p>Água é um bem de domínio público; Água é um recurso limitado, dotado de valor econômico; Em situações de escassez, o uso prioritário é consumo humano e dessedentação de animais; Gestão dos recursos hídricos deve sempre contemplar o uso múltiplo das águas; Bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH (*) e atuação do SNGRH (**); Gestão descentralizada, com participação do poder público, usuários e comunidades.</p>
Objetivos	<p>Assegurar às gerações atual e futura a disponibilidade de água em quantidades e padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; Uso racional e integrado dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável; Preservação e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.</p>
Diretrizes	<p>Gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociar os aspectos quantidade e qualidade; Adequação da gestão à diversidade ambiental das regiões do país; Articulação do planejamento dos recursos hídricos com o planejamento nacional, estadual e municipal, bem como com os usuários; Articulação da GRH com o uso do solo; Integração da GRH das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.</p>
Instrumentos	<p>Planos de Recursos Hídricos; Outorga de direito de uso; Cobrança pelo uso da água; Enquadramento dos corpos hídricos; Compensação a municípios Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos</p>

(*) PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

(**) SNGRH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Este quarto paradigma de gestão dos recursos hídricos tornou-se o predominante neste Século XXI. Ele preconiza que a gestão dos recursos hídricos deve ser integrada, participativa, interdisciplinar, multissetorial e multi-institucional, capaz de superar conflitos entre membros do sistema, através de articulação, negociação e educação. A negociação é, ela mesma, entendida como parte de um processo pedagógico de gestão. Inscrito na Política Nacional de Recursos Hídricos

(PNRH) e operacionalizado pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), além dos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos relacionados no Quadro 5.1, ele também se exprime pela

- gestão descentralizada (mediante aplicação do princípio da subsidiaridade) e participativa (com usuários, representantes do Poder Público e as sociedade/comunidades da bacia, através dos Comitês de Bacias Hidrográficas)
- nova dominialidade das águas – como já contemplada na Constituição de 1988, as águas passam a ser de domínio público – estadual ou federal - extinguindo-se os domínios privado e municipal⁵⁷;
- manutenção do consumo humano e a dessedentação de animais como usos prioritários e primeira regra de alocação de água em casos de tensão hídrica
- atribuição de igualdade de condições no acesso à água a todos os setores usuários dos recursos hídricos;
- prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos, quer de origem natural quer resultantes de uma relação inadequada com o meio físico.

Uma ampla reestruturação administrativa vem sendo realizada nos últimos dez anos, a partir da vigência da Lei 9433, em alguns casos coincidentemente com reformas semelhantes ocorridas em setores usuários, tanto no plano federal como nos estados que integram a União, com a criação de novos organismos, aos quais foram atribuídas competências específicas, dentre os quais se destacam naturalmente os CBHs, os CERHs, o CNRH e a ANA. Além disso – e mais notável – o atual paradigma opera através de cinco instrumentos articulados e complementares, que possuem uma integração excepcional e estabelecem uma dinâmica própria e escalonada na implantação da gestão dos recursos hídricos na Bacia. Dentre esses instrumentos avulta o Plano de Recursos Hídricos, de caráter estratégico situacional, participativo, um verdadeiro pacto firmado pelos atores sobre a bacia que desejam e podem construir; que encerra não apenas as intervenções identificadas como necessárias para construir essa visão de futuro, mas também estabelece diretrizes para a implementação dos demais instrumentos de gestão, inclusive sobre a instituição da

⁵⁷ A questão da dominialidade parece não ser pacífica ainda. Além do grave equívoco de atribuir às águas subterrâneas o domínio estadual, a dupla dominialidade tem sido objeto de disputas. Barth, com sua experiência, já a identificara, em 1999, como a questão mais difícil a ser administrada no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

cobrança, prerrogativa exclusiva do CBH. O Plano de Recursos Hídricos se apresenta como instrumento central, a partir do qual os demais se situam e inter-relacionam.

A nova lei busca promover a participação da sociedade, levando o processo decisório ao usuário e às instituições locais e tornando-o compartilhado no âmbito dos CBHs e CERHs. Quanto a multissetorialidade, há uma clara orientação no sentido de equilibrar a representatividade dos setores usuários e a sociedade civil tem buscado participar ativamente dos CBHs. Isso tem amortecido a influência dos setores mais organizados e preparados, bem com aberto espaço para os demais setores, porém não impediu que se assegurasse uma regulamentação para a cobrança pelo uso da água pelo setor elétrico em separado dos demais setores.

A lei 9433 esteve anos no Congresso até entrar em vigor. Sua implementação não se deu em ritmo diferente: ao contrário, parece ter seguido um padrão errático, sem uma lógica ou um cronograma formulados e conhecidos, sem uma estratégia própria, movida ao sabor das pautas de grupos de opinião mais atuantes e dos interesses mais imediatos da União, apesar dos esforços dos órgãos responsáveis por sua implementação. A regulamentação da lei 9433 ainda não foi concluída e muito resta por ser feito. A figura da Agência de Bacia, por exemplo, ainda carece de melhor definição à luz do direito público brasileiro de forma a manter as intenções originais que presidiram a criação dessa entidade, antes inexistente no Brasil, e o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos ainda está no nascedouro, se comparado com outros sistemas similares existentes em outros países.

O planejamento deixou de ser determinístico e passou a ser estratégico-situacional (PES), segundo a senda aberta por Matus (Matus, 2005; Huertas, 1996) que se expressou no Brasil sob várias formas. Este método de planejamento vê a realidade social como uma arena, onde os diferentes atores sociais interagem (quando convergentes) ou disputam (quando divergentes). Ao propor o seu Plano, um ator deve ter em conta a existência de opiniões, jogos ou projetos dos demais atores sociais e as circunstâncias incertas sob cuja influência o Plano se desenvolverá, o que impõe a consideração de cenários representativos de futuros plausíveis de terem lugar. O PES reconhece que o homem é o sujeito de sua História, capaz de construir o seu futuro dentro dos limites impostos por essas circunstâncias. Ao propor o seu Plano - sua proposta de intervenção na realidade - a instituição por ele responsável (o governo, por exemplo) deve ter em mente que todo jogo social é aberto e sujeito a incertezas que devem ser enfrentadas através da concepção do plano e do exame do

poder dos atores sociais que participam do jogo, tanto aqueles que dele divergem como aqueles que o apóiam. As linhas estratégicas de intervenção, que integram o Plano, emanam desse mapeamento.

O PES – Planejamento Estratégico Situacional - foi concebido como um instrumento de planejamento governamental, do setor público. Ele considera que qualquer dirigente pode escolher livremente o seu plano, mas não o cenário em que ele vai ser implementado. A realidade a ser planejada se apresenta aos olhos do planejador com uma conformação

- evitada de um conjunto de insatisfações difusas, que o planejador deve expressar como problemas evitáveis;
- marcada pela complexidade e por conflitos entre atores sociais
- carregada de incertezas
- caracterizada pela escassez de recursos
- desprovida de um ator que consiga ser hegemônico **a ponto de controlar todas as suas variáveis**

O PES baseia-se no triângulo de governo onde se articulam três variáveis:

a) o conteúdo programático dos projetos de ação que um ator se propõe a realizar para alcançar seus objetivos.

b) a relação entre as variáveis que um ator controla e não controla no processo de governo, ponderadas por seu valor ou peso em relação à ação do dito ator. Quanto mais variáveis decisivas controla, maior sua liberdade de ação e maior, para ele, a governabilidade do sistema.

c) a capacidade de condução ou direção e o acervo de técnicas, métodos, destrezas e habilidades de um ator e sua equipe para conduzir o processo social rumo a objetivos declarados, as duas variáveis anteriores.

O advento das Normas ISO Série 9000 e ISO Série 14000, e sua adoção por empresas dos setores hidroelétrico e saneamento, incorporaram a gestão da qualidade e os princípios da Gestão pela Qualidade Total (GQT, também conhecida como TQM) ao novo paradigma de gestão dos recursos hídricos. A GQT (Campos, 1992) tem como postulado que a qualidade pode ser gerenciada como um processo permanentemente aperfeiçoado. Enquanto a GQT é uma filosofia de qualidade, as Normas ISO são padrões de gerenciamento de um sistema de qualidade. Definindo

qualidade como a conformidade com o requerido, os usuários dos recursos hídricos de dedicaram a desdobrar operacionalmente os princípios de Dublin,

- buscando implantar um novo pensamento estratégico a partir do princípio de que a qualidade pode e deve ser gerenciada;
- concentrando-se em prevenir problemas e não-conformidades, em vez de corrigi-los;
- empenhando-se em reduzir as perdas crônicas;
- perseguindo uma estratégia de melhoria contínua;
- usando metodologias estruturadas para melhoria dos processos;
- estabelecendo requisitos de qualidade e procedimentos para cumpri-los;
- afirmando que cada membro da instituição, órgão ou empresa é responsável pela qualidade
- definindo que os problemas se encontram nos processos e não nas pessoas
- planejando e organizando instituições, organismos e empresas para a melhoria da qualidade, sob a liderança direta dos gestores e
- postulando que a qualidade deve ser medida em todas etapas dos processos

Elemento chave da GQT é o ciclo PDCA, que descreve a sua dinâmica. Sua aplicação ao caso da gestão dos recursos hídricos, permite ao autor desta tese uma nova leitura dos seus princípios e instrumentos em nível da bacia hidrográfica:

- Planejar (*Plan*) envolve produzir Planos de Recursos Hídricos (de Bacias, Estaduais, Nacionais) com a participação dos CBHs, que devem aprová-los. Os diversos PRHs de bacias de um dado Estado são consolidados nos Planos Estaduais de Recursos Hídricos, juntamente com seus Programas de Investimentos.
- Executar (*Do*) é gerir os recursos hídricos, é implementar o PRH ao longo de sua vigência, é executar as intervenções estruturais e não estruturais contidas no plano, é pôr em prática os instrumentos de gestão de acordo com as diretrizes e recomendações constantes do PRH.
- Verificar (*Check*) é controlar os resultados e o desenvolvimento das atividades, o que é feito através de **Relatórios de Situação** (ou de Estado das Águas) periodicamente preparados para registrar os progressos e os desvios dos programas que integram o PRH da bacia em relação às indicações e metas do plano.

- Aperfeiçoar (*Act correctively*) é promover melhorias no Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos e na operacionalização dos instrumentos de gestão, recomendadas pelos CBHs, CRHs, CNRH ou indicadas nos Relatórios de Situação e nos PRHs seguintes, que dão início a um novo ciclo PDCA.

A inserção de conceitos e procedimentos da GQT representa a agregação da moderna noção de qualidade de produtos e serviços ao novo paradigma de gestão dos recursos hídricos e tem um forte impacto no desempenho das concessionárias de saneamento ou de geração de energia hidrelétrica, cooperativas de irrigantes e na própria atuação de órgãos gestores de recursos hídricos, CBHs e, quando criadas, das Agências de Bacia.

5.2.2. A gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica como um processo

As idéias reunidas neste Capítulo permitem conceber metodologicamente a gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica como um processo de travessia de um espaço-tempo correspondente às dimensões físicas dessa bacia e aos horizontes de planejamento acordados entre os seus atores no sentido de alcançar a visão de futuro compartilhadas por eles e inscritas no PRH da bacia, assim como as metas nele fixadas. Esse percurso tem lugar em quatro frentes simultâneas de ação/intervenção:

- social
- econômico-financeira
- técnica
- administrativo-institucional

e envolve, em cada uma,

- pertinentemente, a aplicação dos instrumentos de gestão, em particular a implementação das ações e intervenções estruturais e não-estruturais inscritas no Plano de Recursos Hídricos da Bacia
- as iniciativas destinadas a viabilizar as ações técnicas, angariar apoios, conquistar recursos financeiros e mobilizar a participação pública na sua implementação, consideradas as especificidades da bacia, da gestão dos

recursos hídricos em seus vários níveis, os atores envolvidos, a conjuntura político institucional e os cenários possíveis – aquilo que este autor chama de as estratégias de gestão.

A Figura 5.1 descreve diagramaticamente as tensões básicas que se instalam nesse espaço-tempo de desenvolvimento da gestão de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, orientada por seu Plano de Recursos Hídricos.

Não obstante, a operacionalização da gestão em uma bacia hidrográfica – nos termos expostos nos parágrafos anteriores - está submetida às tensões instaladas por um conjunto de condicionantes antagônicos, cuja intensidade varia no tempo e cuja resultante dificulta ou facilita a implementação da gestão. Os principais pares de condicionantes antagônicos identificáveis na maioria das bacias, que também estão retratados na referida Figura 5.1, e são:

1. Incertezas x Adaptatividade do Plano e suas intervenções
2. “Laissez-faire” x Intervencionismo exagerado do Estado
3. Consideração excessiva de interesses e de questões ambientais com rebatimento sobre os recursos hídricos x Consideração de interesses e questões vinculados exclusivamente à gestão dos recursos hídricos
4. Poderes e expectativas dos CBHs quanto aos seus direitos e papel x Papéis e responsabilidades dos órgãos gestores dos recursos hídricos
5. Ideologias/interesses dos diferentes atores, oportunismos e indiferenças x Políticas públicas setoriais e interesse público
6. Procedimentos obsoletos e burocráticos x Modernização tecnológica e novas técnicas de gestão
7. Ações remediativas, reativas e emergenciais x Ações preditivas, preventivas e proativas
8. Conflitos, diferenças e divisões x Distensão, negociação e convergências
9. Redirecionamentos periódicos, inconstância, mudanças de objetivos x Continuidade em direção aos objetivos definidos, persistência
10. Falta de recursos/Restrições orçamentárias/Contingenciamentos x Velocidade dos processos decisórios e urgências
11. Arranjo político-institucional fragmento e excessivamente verticalizado x Multi e transdisciplinaridade/Arranjos multilaterais
12. Decisão centralizada/Participação pública restrita x Gestão descentralizada e participativa

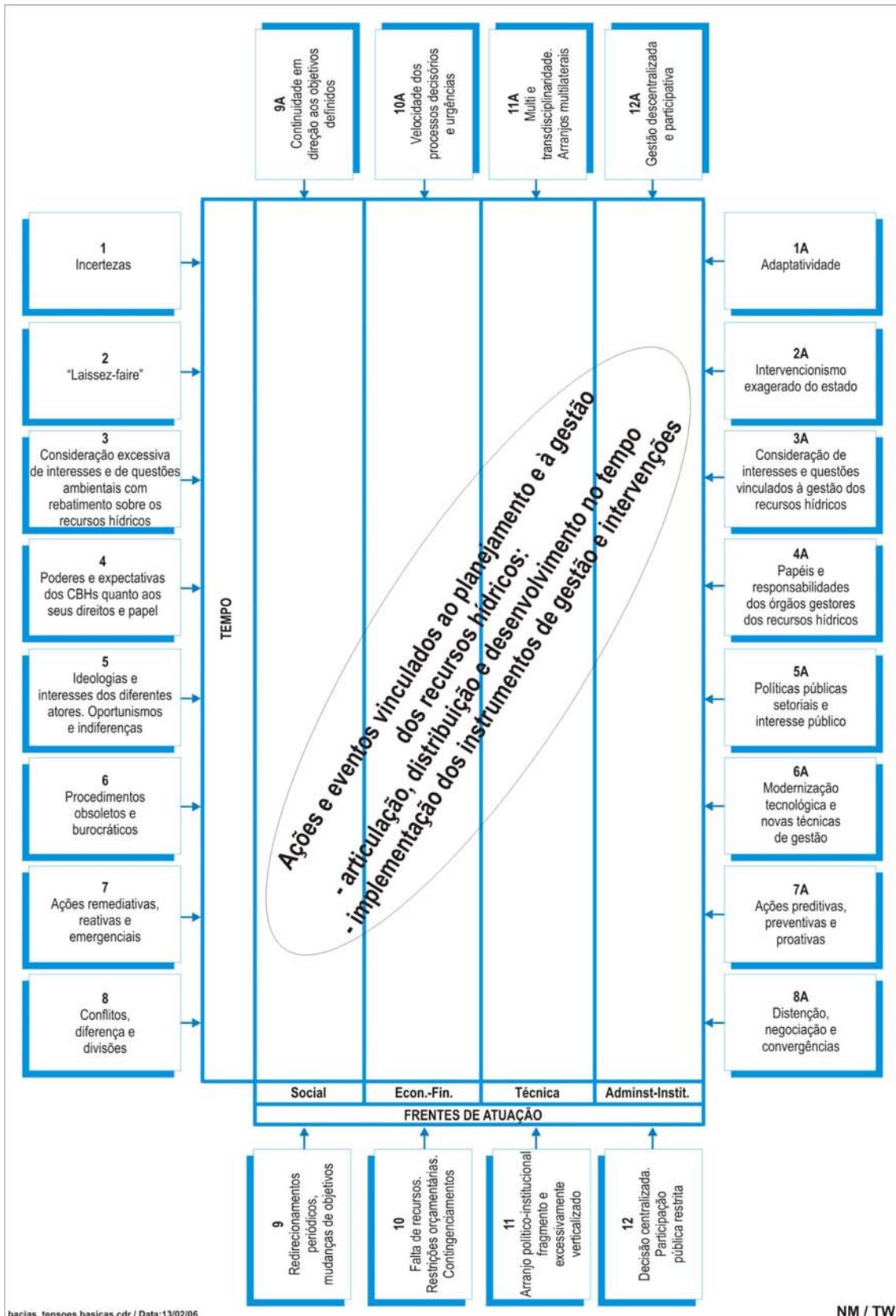


Figura 5.1 – Bacias Hidrográficas – Tensões Básicas

A Figura 5.2. apresenta, a título de exemplo, o mapa de implementação do Plano Decenal da Bacia do São Francisco (ANA-GEF-PNUMA-OEA, 2004), construído pelo autor segundo essa perspectiva.

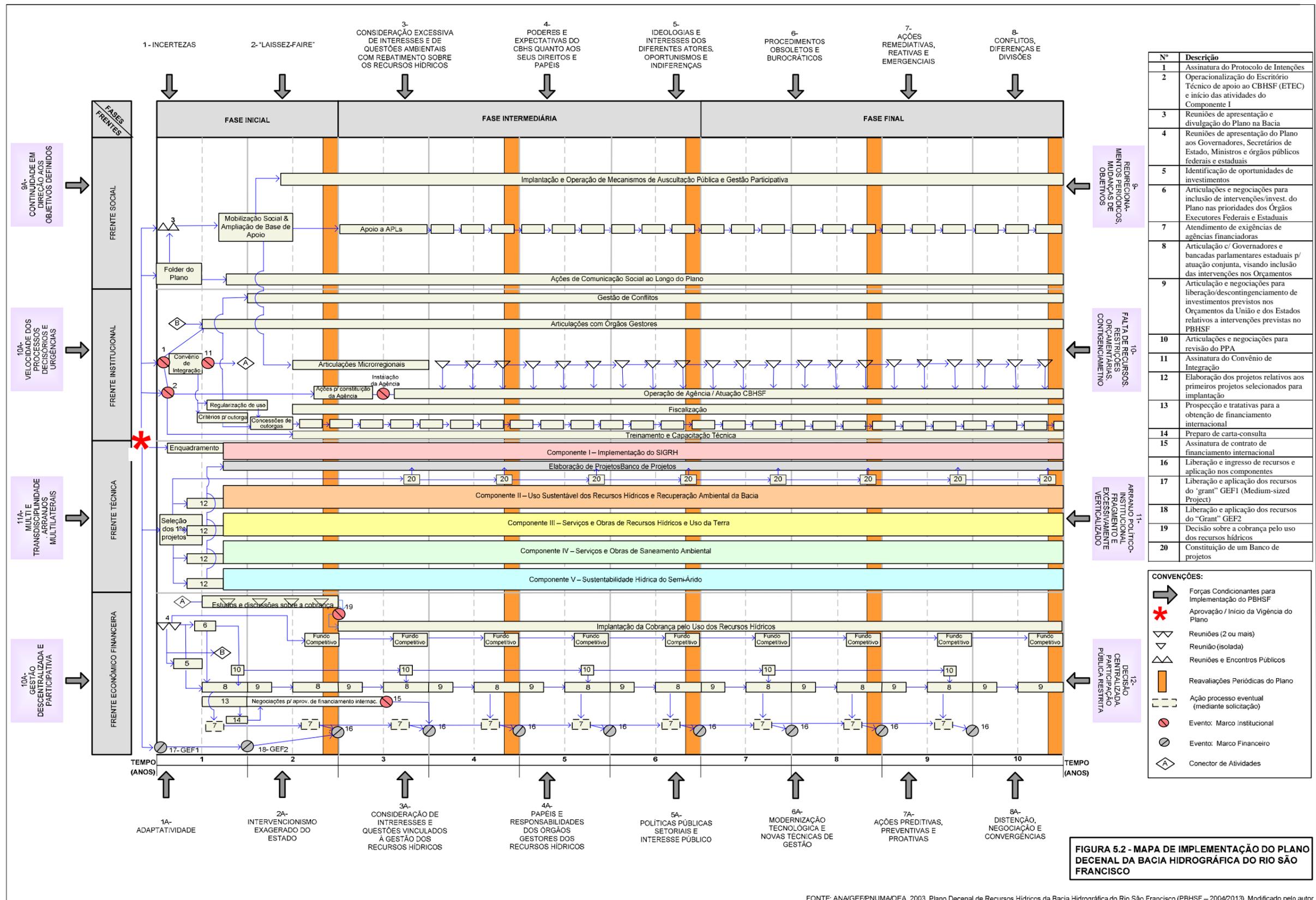
Em síntese, não basta fazer e aprovar um plano; é preciso geri-lo, isto é, pilotá-lo, implementá-lo, adaptá-lo, angariar apoios, constituir alianças táticas e estratégicas, neutralizar ou minimizar situações adversas, levar a termo as intervenções previstas, mobilizar e manter atuantes os atores da bacia.

5.2.3. Bacias hidrográficas e seu desenvolvimento

As bacias hidrográficas, em uma primeira aproximação, podem ser vistas como sistemas

- Componentes da paisagem,
- Hidrológicos,
- Geomorfológicos
- Ecológicos,

Enquanto componentes da paisagem e sistemas geomorfológicos, as bacias ocupam uma expressiva extensão física e estão sujeitas a transformações comandadas por processos geológicos exógenos e endógenos que modelam a paisagem. As feições locais e regionais presentes são as resultantes de um complexo conjunto de fatores intervenientes em diferentes escalas, envolvendo, entre outros, a litologia (rochas com diferentes texturas, mineralogias e consistências), a tectônica (orogênese, basculamentos, subsidências) as estruturas geológicas (falhas, dobras, lineamentos, foliações e xistosidades) o intemperismo (alterações físicas e químicas que modificam as propriedades e a constituição mineralógicas das rochas e solos), o clima (como agente de intemperismo), a erosão e a sedimentação (agentes exógenos). A mudança é permanente: o equilíbrio atingido impõe um rearranjo dos fatores intervenientes para os quais a situação alcançada torna-se uma nova instabilidade a ser trabalhada. Tudo se passa numa escala geológica, especialmente o tempo, e todas as transformações nessa escala são sustentáveis, porque integram a dinâmica do planeta.



Porque a Terra é sede de vida e todos os seres vivos são altamente especializados e adaptados por conta da evolução, as bacias hidrográficas, com sua significativa extensão física, são sistemas ecológicos que suportam um ou mais biotas/ecossistemas diversificados e altamente adaptados às condições existentes. Essa adaptação se estabelece não ao longo de algumas gerações e sim ao longo de milênios, o que dirige a questão ao ritmo e intensidade das transformações provocadas pela ação antrópica direta, extremamente mais rápidas do que as respostas às mudanças induzidas por processos naturais, que concedem tempo para que os ajustes ocorram.

A bacia hidrográfica participa destacadamente do ciclo da água que é, ao mesmo tempo, um agente de erosão e uma substância vital para a vida e, por isso, é reconhecida como um sistema hidrológico.

A bacia se apresenta, desta forma, como um sistema dinâmico, submetido à contínua ação instabilizadora de múltiplas forças físicas e bióticas instaladas e ao ajustamento às novas condições estabelecidas, com quatro manifestações diferentes, conforme o ângulo pelo qual se a contempla. Quando exposta à ação antrópica, a capacidade de ajustamento dinâmico da bacia é perturbada e à medida que o seu desenvolvimento econômico e social vai acontecendo ela gradualmente se distancia da sustentabilidade na razão direta da intensidade, continuidade e extensão da ação antrópica instalada.

Em relação a essa problemática, são premissas dessa tese:

(1) A disponibilidade de recursos hídricos em uma bacia representa, em uma dada época, um limite para o desenvolvimento sustentável desta bacia, excluída a consideração de uso de fontes externas de suprimento hídrico. Essa premissa tem como conseqüências

- A disponibilidade de recursos hídricos da bacia e a imposição legal de áreas de proteção ambiental não coincidem necessariamente com as crescentes necessidades requeridas ou desejadas, o que cria zonas de tensão ou conflitos e aumenta a vulnerabilidade da bacia e os riscos associados.
- Essa envoltória é estabelecida com base nos recursos hídricos existentes, nas demandas outorgadas, nas tecnologias disponíveis

(que estabelecem demandas unitárias), na gestão implantada e outros elementos. Mudanças nos padrões de ocupação da bacia ou nas tecnologias mudam o desenho dessa envoltória.

- Uma vez esgotada a disponibilidade hídrica de uma bacia, a continuidade de seu desenvolvimento sócio-econômico só pode manter-se mediante importação de água de bacias vizinhas. David (1985) admitiu que, examinado do ponto de vista da transferência de águas, o processo de desenvolvimento de bacias se daria em três etapas consecutivas, a que chamou respectivamente etapa natural(I), de desenvolvimento(II) e madura (III).
- Um contínuo balanço hídrico da bacia, ao longo do tempo e do espaço geográfico que ela ocupa, deve ser mantido para sua adequada gestão, no sentido de manter um equilíbrio entre oferta e demandas
- Esse balanço, a ser monitorado pela entidade responsável pela administração dos recursos hídricos da bacia, como um Banco Central controla as reservas monetárias de um país, exerce marcante influência no planejamento de seu desenvolvimento econômico e social, bem como da região político-administrativa em que ela se situa.

(2) Para planejar o desenvolvimento de uma bacia hidrográfica é preciso considerar cenários de curto, médio e longo prazo, abrangentes e integrados, tendo em mente a otimização dos recursos requeridos ao longo do processo de desenvolvimento (existente/desejado), analisado à escala da bacia. Tem-se então a realidade existente (o estado atual da bacia), a realidade desejada (o cenário que se pretende atingir, a visão de futuro, o sonho a construir) e o percurso a empreender para transformar essa realidade, manifesto por um conjunto de metas a serem alcançados nesses diferentes horizontes (curto, médio e longo prazo)

(3) É possível identificar pelo menos 5 estágios principais no processo de desenvolvimento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, preliminarmente denominados como:

- primicial (virgem)
- de desenvolvimento pioneiro

- de desenvolvimento franco
- de desenvolvimento maduro
- de desenvolvimento saturado

No que concerne à qualidade do desenvolvimento, esse processo pode ser sustentado, ordenado, desordenado, descontrolado e caótico.

(4) O potencial de desenvolvimento remanescente para cada cenário (ou horizonte de tempo) pode ser expresso em termos de comprometimento de recursos hídricos existentes (quantidade e qualidade), do nível de desenvolvimento alcançado, da vulnerabilidade ambiental intrínseca e da proteção ambiental implantada, das vocações e alternativas estratégicas da bacia e da capacidade de gerir os recursos hídricos tendo em conta esse processo de desenvolvimento.

(5) A gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica pode ser orientada por um conjunto de indicadores, montado de acordo com a finalidade do estudo, que contribua para esclarecer quanto ao estágio de desenvolvimento em que ela se encontra e os aspectos mais críticos relativos à sustentabilidade do seu desenvolvimento.

(6) O desenvolvimento e os indicadores para a gestão dos recursos hídricos de uma bacia podem assumir – nas diferentes sub-bacias e unidades de planejamento hídrico (UPH) em que a mesma pode ser dividida – valores locais, diversos do valor atribuído à bacia como um todo, em um mesmo instante t , alguns dos quais podem traduzir importantes ameaças localizadas para o seu desenvolvimento sustentável. O valor a adotar em cada caso dependerá da escala e dos objetivos do planejamento em elaboração.

Essencial para o Sistema de Indicadores para o Planejamento e a gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas (SINPLAGE) é dispor de um Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH) com o qual o primeiro possa interagir, especialmente quanto a dados hidrológicos, de qualidade das águas e de natureza cartográfica, informações básicas para a gestão dos recursos hídricos. Em relação aos dados hidrológicos, Nemeč (1973) menciona os padrões tcheco-eslovacos, segundo os quais o nível de confiabilidade das informações hidrológicas pode enquadrar-se em

uma das classes a seguir apresentadas, recomendando ainda que dados de uma certa classe de confiabilidade sejam utilizados em projetos com importância correspondente:

- Classe I –dados primários (observações e medições) diretamente obtidos no local do projeto ou em suas proximidades, no rio interessado, por uma ou mais estações hidrométricas.
- Classe II –dados extrapolados dos dados de classe I, por analogia, para bacias com áreas, condições geológicas/geomorfológicas e condições climáticas semelhantes/comparáveis
- Classe III –dados extrapolados como na classe anterior, mas sob condições tais que uma ou mais das condições análogas acima referidas não se verificam
- Classe IV –dados computados por fórmulas empíricas.

O autor deste trabalho segue uma abordagem segundo a qual as bacias podem ser classificadas em termos do nível de informação hidrológica existente. Tal classificação condiciona a escolha dos métodos para a determinação da disponibilidade hídrica na bacia e da confiabilidade dos resultados obtidos.

O desenvolvimento sustentável de uma bacia hidrológica deve ser um processo planejado, integrado, abrangente, de longo prazo, cujo propósito é alcançar a exploração otimizada dos recursos hídricos, na escala da bacia, como um todo. Quanto mais desenvolvida economicamente uma bacia hidrográfica, maiores são as demandas absolutas de água e mais necessidade tem ela de um sistema de gestão de recursos hídricos que seja eficiente, eficaz e efetivo, assim como de um sistema de indicadores que afira, com a periodicidade pertinente, as variações das diversas feições que devem ser controladas e informe quanto aos efeitos dos tratamentos aplicados. Um rápido exame de algumas bacias brasileiras permite reconhecer estágios evolutivos diferenciados e inferir as implicações para a sustentabilidade hídrica das mesmas. Tais diferenças são tão pronunciadas, que esse breve olhar até permite, de certa forma, classificá-las, grosso modo, quanto ao nível atual de desenvolvimento e usá-las para graduar uma escala preliminar de desenvolvimento de bacias.

A título de exemplo podem ser lembradas as bacias dos seguintes rios:

- Jutaf: afluente pela margem direita do Amazonas: por representar uma bacia virgem, muito pouco perturbada, protegida por Reservas Extrativistas, áreas indígenas e parques.
- Preto (afluente da bacia do Paraíba do Sul): situado singularmente nesta bacia altamente desenvolvida do ponto de vista industrial, pelo estado de pureza de suas águas e pela exposição à latente ameaça do ecoturismo.
- Tapajós: pela sua condição de frente pioneira de colonização, onde uma fronteira agrícola avança do Sul para o Norte, pela impressionante agressão da atividade garimpeira concentrada em algumas sub-bacias, pela imensa área ainda coberta por floresta equatorial, pelas diversas áreas indígenas, pela alta vazão específica de suas cabeceiras e pela grande disponibilidade hídrica.
- Tocantins-Araguaia, por ser uma bacia sob forte pressão antrópica e com grande potencial de desenvolvimento, representada pelo desmatamento generalizado, pelo seu interesse energético (manifesto pelos aproveitamentos hidrelétricos já construídos e planejados), pelas atividades econômicas, com destaque para a agricultura irrigada, pecuária e mineração.
- Doce: pela disponibilidade hídrica, pelo nível de degradação ambiental de suas terras e corpos hídricos, provocada pela atividade industrial, desmatamento/reflorestamento com espécies exóticas, barramentos e pastoreio, tornando a bacia altamente suscetível à erosão e enchentes.
- Paraíba do Sul: pela intensa atividade econômica (especialmente industrial) concentrada ao longo de suas margens; pela complexidade institucional e pelas experiências de planejamento e gestão que a colocam como uma das mais avançadas em matéria de gestão de recursos hídricos; pelo interesse energético, regulação de vazões e expressiva transposição para a bacia do Guandu.
- Guandu: por constituir-se em uma área de expansão industrial da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, por ser um rio "aditivado" (pela substancial transposição de águas do Paraíba do Sul e do Pirai, via reservatórios de Vigário e de Fontes); por ter uma dominialidade estadual (apesar de receber águas de um rio federal); pela degradação da qualidade de suas águas por lançamento direto

de efluentes e resíduos procedentes de aglomerados urbanos situados ao longo do seu percurso, especialmente em seu trecho final (inclusive com intrusão salina que avança rio adentro na medida em que suas vazões diminuem por conta de usos consuntivos na bacia); e pela condição estratégica de ser a grande fonte de abastecimento da RMRJ.

- Alto Tietê: pela saturação econômica e urbana, numerosas transposições, dependência de vazões transpostas, intervenções estruturais hidráulicas (canalizações, rebaixamento de calha, piscinões) e estado caótico de interferências antrópicas.

A observação desse conjunto de bacias brasileiras, ainda que preliminar, revela uma bacia virgem como a do Rio Jutai, onde as demandas são desprezíveis, as disponibilidades imensas e praticamente não se prevê a necessidade de implementar a curto prazo o modelo de gestão previsto na lei 9433. No outro extremo, verifica-se a presença de bacias de desenvolvimento saturado, como a do Alto Tietê, cujas características atestam alta vulnerabilidade, disponibilidade assentada em transposições, demandas altas e crescentes e com absoluta necessidade de uma gestão eficaz. É uma premissa da tese a ser produzida que bacias hidrográficas podem ser descritas e classificadas com base no SINPLAGE de maneira objetiva e inconfundível. Além disso, tal aplicação poderá constituir um exemplo eloqüente de como um sistema assim concebido acompanha e registra progressivamente as mudanças promovidas pela Gestão dos Recursos Hídricos.

5.3. A Estrutura Conceitual Proposta [Disponibilidade– Usos– Vulnerabilidades– Gestão] e os Limites do Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos

Os indicadores que devem integrar o SINPLAGE devem ser originários do espaço da gestão dos recursos hídricos. A Figura 5.3. reúne em um diagrama os principais aspectos (níveis, limites e fatores intervenientes) que integram a gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica e que definem este espaço.

A figura apresenta um núcleo envolvido por um conjunto de anéis concêntricos que o abraçam. O núcleo corresponde aos dois elementos centrais da gestão dos recursos hídricos:

- as disponibilidades hídricas e

- as demandas da bacia hidrográfica cuja gestão se empreende.

O conhecimento das disponibilidades hídricas e das demandas, bem como sua compatibilização harmoniosa, são o cerne da gestão dos recursos hídricos: tudo converge para e tudo gira em torno das disponibilidades e demandas da bacia, examinadas em seus vários aspectos. Disponibilidades hídricas e demandas são levantadas em diagnósticos, projetadas nos prognósticos dos Planos de Recursos Hídricos e controladas a partir de dados oficiais e do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da bacia.

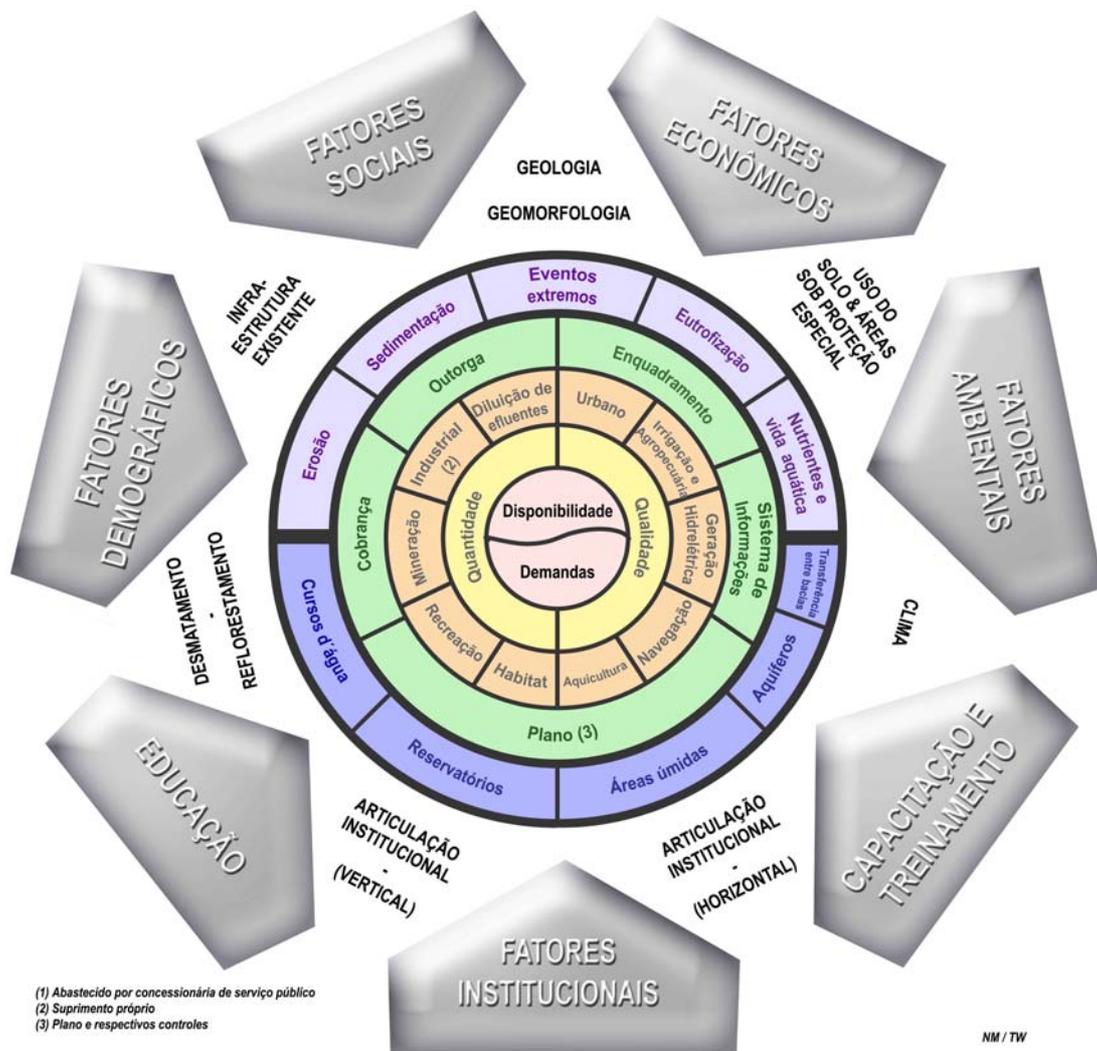


Figura 5.3 – O Espaço da Gestão dos Recursos Hídricos

Esse núcleo é envolvido pelo primeiro anel, que expande e desdobra **disponibilidades e demandas**, ao considerá-las em função de suas duas

indissociáveis dimensões: a quantidade e a qualidade. O segundo anel corresponde aos diferentes **usos da água**, expressão setorializada das demandas (usos urbanos - doméstico, comercial e industrial; industrial com captação própria; agricultura irrigada; diluição de efluentes; geração hidrelétrica; mineração; navegação; recreação; aquicultura; e o corpo hídrico como um habitat, condicionado por uma vazão ecológica e um padrão de qualidade de água).

O terceiro anel corresponde aos instrumentos que operacionalizam a gestão e atuam integradamente, como já se expôs: o Plano de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos hídricos da bacia, a outorga, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

A gestão é exercida através desses instrumentos, juntamente com as intervenções previstas, organizadas como projetos, programas e diretrizes do PRH da bacia. O plano de recursos hídricos da bacia sintetiza o grande acordo político relativo ao que se espera que a bacia venha a ser em um determinado prazo, enumera e descreve o elenco de ações e intervenções montado para levar a bacia da realidade existente para a realidade desejada. Ele é a expressão da vontade coletiva dos atores da bacia, organizados em um CBH, produto de uma negociação política entre os diversos atores, que articula e orienta a aplicação dos demais instrumentos.

O instrumento da outorga regula o uso da água a partir dos pedidos apresentados, dos cadastros de usuários outorgados, das metas de enquadramento dos corpos hídricos, dos prognósticos e das diretrizes contidas no PRH. O instrumento da outorga vale-se do conteúdo do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, do enquadramento dos corpos hídricos e do PRH, enquanto seu acionamento repercute sobre a cobrança pelo uso da água. Ele é também um dos nós de articulação entre Sistema de Gestão de Recursos Hídricos e o Sistema de Gestão Ambiental.

O enquadramento, agora regulado pela Resolução 357(Conama, 2005), recebe um tratamento de meta a ser alcançada no PRH e no seu Programa de Efetivação do Enquadramento. O PRH deve estabelecer a trajetória de atingimento dessa meta que, por seu turno, impõe limitações à concessão de outorgas e define intervenções para que ela possa ser atingida. O monitoramento da disponibilidade hídrica (quantitativa e qualitativa) registrado no Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos também tem importantes reflexos na avaliação e perseguição das metas de enquadramento.

A cobrança só pode ser feita de usuários outorgados e depois da bacia dispor de seu Plano de Recursos Hídricos, sendo sua instituição e as definições quanto aos valores a cobrar dos usuários uma prerrogativa dos CBHs.

E o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Bacia é uma prioridade absoluta, dada sua condição de fonte de informações para o PRH, para a Outorga e todos os demais instrumentos de gestão previstos na Lei 9433. O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é a fonte dos dados utilizados pelo SINPLAGE. O quarto anel é formado por duas grandes subdivisões. A primeira metade é consagrada à consideração da **integridade funcional dos corpos hídricos** da bacia (rios, reservatórios construídos pelo homem, lagos, áreas úmidas, aquíferos e sistemas de transferências de águas entre bacias); a segunda metade refere-se às fragilidades da bacia frente aos processos que nela têm lugar e que ameaçam a integridade dos seus corpos hídricos: a erosão, o assoreamento, os eventos extremos (seca, enchentes, poluição acidental), a eutrofização dos corpos hídricos e a presença de nutrientes e suas conseqüências para a vida aquática.

Os quatro anéis e o núcleo estabelecem o espaço da Gestão dos Recursos Hídricos, as atividades que devem ser o seu objeto de atenção e de intervenção, onde deve ser concentrada a aplicação de seus recursos físicos, humanos e financeiros, o foco do plano.

Além do quarto anel, encontra-se uma área periférica, cujos limites não estão delineados e que reúnem fatores externos à gestão dos recursos hídricos, mas que a afetam significativamente. São fatores cujo comando está além da gestão dos recursos hídricos, seja por se encontrarem afetados a outros setores, como o uso do solo – urbano ou rural – regulado pelos municípios. Fazem parte dessa área periférica atividades humanas como

- ações de desmatamento ou reflorestamento,
- áreas de proteção especial criadas,
- ações antrópicas indutoras de processos erosivos e
- infraestrutura existente,

e condicionantes naturais, como a geologia da bacia (com suas rochas presentes e história tectônica), a fisiografia ou o clima. Essa área fronteira não pode ser entendida como responsabilidade exclusiva da gestão de recursos hídricos,

devendo ser objeto de ações multissetoriais com o compartilhamento das decisões, responsabilidades e aporte de recursos financeiros pelos setores respectivos⁵⁸, porém tem importantes repercussões na bacia, particularmente no condicionamento de suas vulnerabilidades.

Também se encontram nessa área fronteira as ações de articulação institucional - horizontal (entre instâncias de mesmo nível, mas de diferentes setores, como entre o ANA e ANEEL, em questões envolvendo as outorgas de aproveitamentos hidrelétricos) ou vertical (entre instâncias de diferentes níveis mas de um mesmo setor, como ANA e SERLA em torno da Bacia do Rio Guandu ou ANA - DAEE/SP – SERLA - IGAM em relação ao Rio Paraíba do Sul). Essas duas cunhas de articulação devem receber especial atenção pelo potencial sinérgico que possuem.

O diagrama é completado por sete cunhas que se dirigem, em meio a esta área fronteira, para o conjunto de anéis: elas representam os diversos fatores que formam o “background” da bacia hidrográfica e que precisam ser levados em conta na gestão dos recursos hídricos, mas não devem integrar as metas da bacia para a gestão dos recursos hídricos e respectivos orçamentos de investimento. São os fatores sociais, econômicos, ambientais, demográficos e institucionais, e aqueles ligados à educação e cultura e à capacitação e treinamento.

O exame do espaço da gestão dos recursos hídricos, apresentado diagramaticamente na Figura 5.3 já referida, e as experiências anteriores respeitantes a indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos sugerem que se deva adotar a bacia hidrográfica como unidade de referência dos indicadores e que **a estrutura conceitual seja assentada em quatro dimensões:**

- Disponibilidade(D),
- Usos (U)
- Vulnerabilidades(V)
- Gestão(G)

⁵⁸ Aqui tem havido uma curiosa subversão. O autor tem observado que a cobrança pelo uso dos recursos hídricos tem mexido com a imaginação das áreas de educação, vigilância sanitária e conservação de estradas, para citar apenas três, a ponto de destacarem representantes para acompanhar as reuniões de CBHs e de Planos Estaduais de Recursos Hídricos com vistas à identificação de oportunidades de capturar, nos Planos de Bacias ou PERHs, recursos para projetos de seus interesses, quando deveriam se apresentar com o propósito oposto: contribuir essas áreas com recursos financeiros e com sua expertise para resolver problemas, muitos deles criados por intervenções decorrentes de projetos ou obras desses setores.

A estrutura conceitual DUVG (Disponibilidade-Usos-Vulnerabilidades-Gestão) proposta neste trabalho, além de especificamente orientada para a gestão dos recursos hídricos, possibilita uma abordagem sistêmica, pois articula disponibilidades com demandas e vulnerabilidades com gestão, assim como relaciona essas quatro dimensões com os instrumentos de gestão previstos na lei 9433, conforme já indicado na Figura 5.3, de modo que variações em uma dessas dimensões provocam acomodações, assimilações ou reações nas demais.

O esquema proposto neste trabalho, reconhecendo 4 dimensões e buscando um número de indicadores representativo de cada uma, oferece duas importantes vantagens para sua implantação: a modularidade e o gradualismo. O gradualismo permite sua construção por etapas: pode-se acrescentar novos indicadores até sentir-se que o SINPLAGE alcançou sua completude e cumpre plenamente o seu papel de bússola para orientação do planejamento e a gestão dos recursos hídricos da bacia, como adiante se explicará.

Sempre que se inicia o processo de planejamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, uma das primeiras atividades da etapa de diagnóstico é reunir as informações que permitam estabelecer a conjuntura sócio-econômica que constitui o pano de fundo sobre o qual o planejamento se desenvolverá. Esse “*background*” fica melhor delineado com o concurso de um conjunto de indicadores de natureza demográfica, econômica, social e de uso do espaço territorial delimitado pela bacia que, entretanto, não faz parte do SINPLAGE. Em geral, esse conjunto é empregado pelo planejador ou gestor para contextualização de fatos e dados em exame ou para estabelecer correlações que lhe permitam melhor compreender a situação que tem em mãos; em outras oportunidades, apóiam a apreciação dos indicadores integrantes do SINPLAGE. Eles podem ser organizados em quatro grupos de acordo com a vertente que privilegiam: demográficos, econômicos, sociais e relativos ao uso do solo.

A Tabela 5.1 apresenta aqueles que autor julga os mais relevantes para informar sobre o quadro sócio-econômico de uma dada bacia hidrográfica (ou unidade de planejamento hídrico).

Tabela 5.1 – Indicadores Sócio-Econômicos mais Relevantes para Informar a Situação Sócio-Econômica de Bacias Hidrográficas e Apoiar a Determinação de Indicadores de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

Indicadores demográficos	Indicadores econômicos	Indicadores sociais	Indicadores de uso do solo
População da bacia (número total de habitantes): urbana, rural e total	Produto interno bruto anual	Índice de Gini	Área de terras utilizadas em agricultura e pecuária em relação à área total da bacia ou UPH
Densidade demográfica	Arrecadação do ICMS	Número de anos de escolaridade de pessoas com mais de 25 anos de idade	Intensidade e extensão dos processos erosivos atuantes na bacia ou UPH
Grau de urbanização	Valor adicionado fiscal	Taxa de mortalidade infantil	Terras produtivas não utilizadas e terras não aproveitáveis em relação à área total da bacia ou UPH
Taxa de crescimento demográfico	Renda per capita	Incidência de doenças de veiculação hídrica	Áreas irrigadas (em termos absolutos e em relação à área total da bacia ou UPH)
Média de habitantes por domicílio	Participação dos setores primário, secundário e terciário	IDH	Províncias espeleológicas/ áreas karsticas existentes na bacia ou UPH

5.3.1. A Disponibilidade e seus indicadores

A disponibilidade é o ponto de partida de qualquer análise que se faça de uma bacia hidrográfica. Ela corresponde ao volume total de água disponível em um dado ponto da bacia para aproveitamento em um dos usos possíveis. Excluídas as águas fósseis e juvenis⁵⁹ os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica podem ser considerados como renováveis e originam-se de precipitações pluviométricas que têm lugar na bacia ou de aquíferos que atravessam bacias hidrográficas vizinhas. Para o planejamento dos recursos hídricos de uma bacia, é desejável conhecer, em diferentes pontos da bacia, o histórico de registros diários das precipitações e vazões que cubra um período de aproximadamente 30 anos.

⁵⁹ Águas fósseis são águas subterrâneas que permaneceram presas em aquíferos por milênios devido a processos geológicos que selam o aquífero e impedem recargas adicionais. Águas fósseis são recursos não renováveis. Águas juvenis são águas provenientes do interior da Terra trazidas à superfície pela atividade vulcânica

Idealmente, os dados sobre o suprimento de água doce renovável deveriam ser específicos para um determinado local ou tempo dentro de um país. Uma vez que faltam dados precisos dessa natureza para muitas áreas, os números produzidos representam as melhores estimativas que podem ser feitas e levam em conta médias temporais e espaciais. Essas medidas relativas ao suprimento de água, quando existentes, muito pouco ou nada informam sobre a qualidade da água; também nada dizem sobre o impacto que o tamanho da população, bem como sua distribuição, podem ter sobre a limpeza e a segurança das águas doces. Dados confiáveis sobre qualidade das águas são ainda mais restritos, porém tendem a aumentar.

A dimensão Disponibilidade compreende os indicadores que retratam as disponibilidades hídricas da bacia hidrográfica, superficiais e subterrâneas, vistas pela ótica da quantidade e da qualidade. Os indicadores de disponibilidade, reunidos, devem descrever suficientemente a quantidade de água doce existente na bacia, sob as diversas formas com que esta se apresenta ao longo dos diferentes períodos do ano, destacando aquelas presentes nos diversos corpos hídricos e as provenientes de transferências de bacias circunvizinhas ou armazenamento em reservatórios artificiais, a capacidade de produção de água da bacia como parte do ciclo hidrológico e as quantidades disponíveis para as diferentes finalidades, inclusive para a manutenção da vida aquática.

Watson, Arrowsmith e Goudey (2004) ponderam que os limites da disponibilidade hídrica são dados não só pela quantidade de água que corre nos rios ou se encontra armazenada em reservatórios, mas fundamentalmente por níveis aceitáveis de saúde ambiental. Nessa linha, para fazer julgamentos efetivos da disponibilidade de água, os gestores de recursos hídricos necessitariam de informações que apresentassem a condição ambiental da bacia em seu contexto regional.

Para a maioria das bacias hidrográficas do mundo, os problemas comuns de poluição de águas procedem de temperaturas elevadas da água, bactérias fecais, pH, baixo teor de OD, metais e nutrientes. A maioria dos problemas é causada por poluição urbana e difusa, que é a fonte primária da poluição nos rios, lagos e lençóis subterrâneos.

O Quadro 5. 2 reúne os principais indicadores de disponibilidade identificados na pesquisa bibliográfica empreendida pelo autor. Ali é possível observar que eles se

distribuem por determinadas categorias. A primeira abriga os indicadores que tratam das condições hidrológicas, hidrometeorológicas e climatológicas ligadas de alguma forma à disponibilidade hídrica da bacia. Uma segunda subdivisão não guarda uma relação direta com a disponibilidade, mas afere a confiabilidade dos indicadores estabelecidos para a bacia relativos a esta dimensão: são indicadores da rede de monitoramento, superficial e subterrânea, cobrindo tanto os aspectos de quantidade como os de qualidade, das quais provêm os dados usados na determinação dos indicadores.

Os indicadores de quantidade de água, que aferem especificamente a disponibilidade hídrica da bacia, estão discriminados conforme se refiram à água superficial ou à água subterrânea; em cada caso, três situações básicas foram reconhecidas para os indicadores reportados: a primeira, de caráter mais geral; a segunda, cobrindo as reservas e suas variações temporais; a terceira focalizando a proteção das quantidades.

Indicadores de qualidade da água da bacia formam a subdivisão seguinte desta dimensão. Como no caso anterior, também se diferencia as águas superficiais das águas subterrâneas; e, para cada caso, analisam separadamente os indicadores gerais de qualidade e os parâmetros monitorados, eles mesmos indicadores de qualidade das águas.

O grupo de indicadores relacionados com a proteção e adequação de áreas e ambientes especiais representa o reconhecimento de que a existência e a saúde ambiental dessas áreas podem ampliar as disponibilidades ou a produção de água na bacia. Talvez os indicadores mais importantes dessa dimensão sejam aqueles agrupados na categoria “indicativos das quantidades disponíveis”; pelo menos deveriam ser, pois aí reside a essência da dimensão. O último grupo reúne indicadores difusos, que não puderem ser enquadrados em nenhuma das categorias anteriores.

HIDROMETEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

- Área de drenagem da bacia (12)
- Índice de precipitação standardizado
- Precipitação diária média verificada na bacia (4)
- Precipitação total anual - média (2)
- Precipitação extrema registrada na bacia
- Balanço hídrico (14)
- Percentagem da taxa de evapotranspiração potencial na área da bacia
- Precipitação mínima anual (1) (2)
- Precipitação mínima e máxima anual (2)
- Desvio de precipitações médias anuais em relação a MLT (15)
- Pluviosidade total, variações anuais e plurianuais (14)
- Precipitação no verão e no inverno (2) (7)
- Precipitação total anual e sazonal (20)

REDE DE MONITORAMENTO

Águas Superficiais

- Densidade da rede de monitoramento hidrológico (2)
- Densificação da rede hidrológica (área em km² por estação) (14)
- Densidade da rede de monitoramento da qualidade da água (2)
- Níveis de cheias de rios (15)

Águas Subterrâneas

- Adensamento da rede hidrológica (14)
- Nº de poços monitorados na bacia (2)
- Densidade da rede de monitoramento de água subterrânea (2)
- Nº de poços monitorados quanto à qualidade (2)
- Níveis de água subterrânea (15)

QUANTIDADE

Águas Superficiais

- Geral
- Alocação média de água (10)
 - Débitos mínimos de x dias consecutivos y anos de recorrência (25)
 - Estoques globais em reservatórios (10)
 - Extensão das áreas úmidas (13)
 - Índice de oferta disponível
 - Precipitação na bacia ou no principal manancial (mm/ano) (14)
 - Q_{95}/Q_{95} (26)
 - Q_{MLT}/Q_{MLT} (26)
 - Regimes de vazão nos rios (8)
 - Vazão específica (26)
 - Vazão média da bacia ou do principal manancial (14)
 - Vazão de rios (15) (2)
 - Coeficiente de sazonalidade
 - Densidade da drenagem (8)
 - Evaporação na bacia ou no principal manancial (mm/ano) (14)
 - Índice de escassez (28)
 - Índice de oferta potencial
 - Q_{95} (26)
 - $Q_{7,10}$ (26)
 - Q_{95} /demandas totais (2)
 - Tamanho e distribuição das áreas úmidas na bacia (4)
 - Vazão esp. da bacia ou do principal manancial (14)
 - Vazões nos rios (7)
 - Coeficiente de escoamento superficial
 - Distribuição de águas superficiais (8)
 - Extensão e condição das áreas úmidas (4) (3)
 - Índice de Falkenmark (28)
 - Precipitação média anual
 - Q_{95}/Q_{mit} (26)
 - Q_{mit} (26)
 - $Q_{7,10}$ /demandas totais (2)
 - Total de recursos hídricos superficiais disponíveis *per capita* (3)
 - Vazão específica da bacia ou do principal manancial (14)
 - Vazões importadas para a bacia

Reservas e Variações Sazonais e Interanuais

- Estrutura em rios (8)
- Taxa de redução da disponibilidade de recursos hídricos
- Reservas de água doce superficiais (14)
- Volume total de reservatórios existentes (2)
- Taxa de depleção anual máxima de reservatórios destinados a produção de energia ou abastecimento de água (2)

Proteção das Quantidades Existentes

Águas Subterrâneas

- Geral
- Espessura do aquífero (14)
 - População dependente de recursos hídricos subterrâneos (3)
 - Vazão média dos poços perfurados na área da bacia (14)
 - Estrutura geológica do aquífero (14)
 - Profundidade média dos poços perfurados na área da bacia (14)
 - Níveis de água subterrânea (7) (15) (2)
 - Vazões médias fornecidas por poços (2)

Reservas e Variações Sazonais e Interanuais

- Reservas e variações sazonais e interanuais (2)
- Reservas de água doce subterrânea (7) (14)
- Variações de níveis piezométricos de aquíferos em poços de controle (2)
- Variação do nível da superfície piezométrica (2)

Proteção das Quantidades Existentes

QUALIDADE

Águas Superficiais

- Geral
- Conformidade com padrões de qualidade de rios (15)
 - Índice de qualidade das águas dos corpos hídricos (9)
 - Qualidade das águas que saem da UPH (2)
 - Qualidade das águas (20)
 - Taxa de conformidade das amostras de água com os valores limites da classe de enquadramento
 - DBO/OD nas águas da bacia, incluindo águas interiores e marinhas (14)
 - N e P em rios variáveis (16)
 - Qualidade de águas de estuários (15)
 - Rios com qualidade boa e regular (15)
 - Descargas de N e P em rios (16)
 - Qualidade das águas que entram na UPH (2)
 - Qualidade da água (13) (20)
 - Saúde dos rios (4)

Parâmetros Monitorados

- Balneabilidade (2) (7) (17)
- Concentração de agrotóxico por tipo, nas águas utilizadas para consumo humano (14)
- Concentração de nutrientes (14)
- Concentração de P em lagos (10)
- DBO (1) (9) (10)
- Eventos de floração de algas (15)
- IAP (2) (17)
- Matéria orgânica em rios (10)
- Nutrientes nas águas superficiais (2)
- pH (2) (14) (17)
- Sólidos em suspensão (14)
- Teor de Cromo (2)
- Transporte de sedimentos (14)
- Concentração de coliformes fecais na água (1)
- Concentração de metais pesados e compostos orgânicos presentes na drenagem e nas espécies vivas (14)
- Concentração de N em rios (10)
- Concentração de amônia em rios (10)
- DQO (9)
- IET (2) (17)
- IQA (2) (7) (9) (17) (25)
- Microbiologia das Águas Superficiais
- Oxigênio total em estações de monitoramento (10)
- Oxigênio dissolvido nos rios (24)
- Qualidade biológica dos lagos (10)
- Teor de nitratos (2)
- Teor de sais, N e P (14)
- Concentração de poluentes nas águas (15)
- Concentração de precipitações ácidas (14)
- Concentração de P em rios (10)
- Condutividade elétrica (14)
- Estado trófico dos lagos (24)
- IPVA (2) (17)
- Índice de toxicidade das águas superficiais (25)
- Nutrientes nos rios (15)
- Oxigênio Dissolvido – OD (2) (14) (17)
- Pesticidas em águas doces (15)
- Salinidade das águas superficiais (3)
- Temperatura (14)
- Turbidez (14)

Águas Subterrâneas

- Geral
- Índice de qualidade de águas subterrâneas (2)
 - Nº de poços monitorados na bacia com indicação de problemas de contaminação da água subterrânea (2)
 - Qualidade da água subterrânea (7) (15)

Parâmetros Monitorados

- Salinidade (3)
- Nitratos (2) (10)
- Nutrientes (3)
- Microbiologia (3)

PROTEÇÃO E ADEQUAÇÃO DE CONDIÇÕES DE ÁREAS E AMBIENTES ESPECIAIS

- Áreas de ecossistemas selecionados (1)
- Áreas úmidas naturais (2)
- Capacidade de estratificação de água em estuários (2)
- Diversidade de plantas (15)
- Índice de cobertura vegetal
- Prisma salino (6)
- Vegetação marginal aos rios, segundo o seu estado de conservação (14)
- Área de florestas com % da área total (15)
- Área de florestas/ área total da bacia (1)
- Comprimento de rios com matas ciliares em conformidade legal (15)
- Escoamento superficial de nutrientes (24)
- Integridade biótica (14)
- Seção transversal dos rios (relação largura/profundidade) (6)
- Áreas úmidas recuperadas (2)
- Capacidade de estratificação da água em reservatórios (6)
- Densidade espacial de fragmentos vegetais (15)
- Extensão de áreas úmidas (13)
- Macroinvertebrados bentônicos em rios vadeáveis (16)
- Vegetação ripária (3)

QUADRO 5.2- INDICADORES DE DISPONIBILIDADE (1/2)

OUTROS

- Densidade da drenagem (6)

- Expansão de área úmidas (8)

PARÂMETROS INDICATIVOS DAS QUANTIDADES DISPONÍVEIS

- Abundância de espécies-chave (15)

- Balanço de nutrientes (24)

- Diversidade total de espécies (24)

- Matéria orgânica no solo (24)

- Área de ecossistemas selecionados (15)

- Capacidade de produção (24)

- Estoques totais em reservatórios (10)

- Número de espécies da ictiofauna (14)

- Armazenamento de carbono (24)

- Diversidade de espécies nativas (24)

- Levantamento dos potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos flúvio-marinhos (14)

- Padrões de consumo e produção (1)

FONTES – (1) CSDI (2001); (2) PERH/SP,2004-2007 (2005); (3) CSIR (2001); (4) ANZECC (2000); (5) EUROSTAT (2003); (6) RECENSEMENT DE L'AGRICULTURE - CANADÁ; (7) EA/UK; (8) CSIRO/ DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AND HERITAGE(2001); (9) UNSD (2001); (10) EEA (2003); (11) PRODES; (12) SIDNEY WATER; (13) ESDI; (14) CIDS; (15) UNDP (2005); (16) EPA (2003); (17) CETESB (2004); (18) OECD (2004); (19) WEF (2005); (20) MANITOBA CONSERVATION (2005); (21) WEG HORST (1996); (22a) PALMER (1965); (22b) PALMER (1968); (23) SCHAFER e DEZMAR (1982); (24) NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2003); (25) MAGALHÃES e NETTO (2003); (26) MARANHÃO; (27) USD; (28) TRNEE (2003); (29) THOMAS (2002)

QUADRO 5.2- INDICADORES DE DISPONIBILIDADE (2/2)

5.3.2. A dimensão Usos e seus indicadores

Tão logo a atividade humana se instala em uma bacia, estabelecem-se usos para os recursos hídricos: de início pequenos, localizados e concentrados em um tipo de uso (de acordo com a motivação da ocupação pioneira) vão se diversificando em natureza e abrangência geográfica à medida que a bacia se desenvolve e novas atividades são introduzidas. Em geral as atividades extrativistas (extração de madeira associada à pecuária ou, exploração mineral) ou a geração de energia hidrelétrica representam os primeiros usos, seguindo-se o abastecimento urbano e a agricultura e, mais tarde, o uso industrial..

A dimensão dos usos inicialmente separa os grupos em quatro categorias básicas: usos sem retirada de água do corpo hídrico, extrações sem consumo, extrações com consumo e diluição de efluentes, podendo ocorrer composições entre eles. Ela retrata as diversas formas de utilização da água e os diferentes destinos dados, oferecendo uma visão dos principais comprometimentos e tendências setoriais.

Para alguns usos, os recursos hídricos não precisam ser extraídos de onde se encontram, como é o caso da geração hidrelétrica (mas que requer construção de estruturas hidráulicas e a mudança de regime do corpo hídrico) ou da navegação e da pesca esportiva ou artesanal. É, no entanto, importante reconhecer a possibilidade da água ser extraída do corpo hídrico em que se encontra sem que seja consumida. Uma parte da água que é empregada para atender as necessidades domésticas de uma pequena cidade, por exemplo, pode ser devolvida ao rio de onde foi retirada (não a sua totalidade: parte da água fornecida à cidade é consumida) com uma qualidade inferior à apresentada quando da extração; e mais adiante, pode ser novamente extraída para irrigar uma plantação. Certos volumes consumidos, entretanto, não voltam: é o caso, por exemplo, de transferências para outras bacias e da água que fica agregada aos produtos exportados da bacia. É interessante refletir sobre a quantidade de água de uma bacia, necessária para assegurar a sua produção agropecuária, que pode ser exportada para outros estados ou países.

Outros usos dos recursos hídricos podem envolver condições antagônicas e deflagrar conflitos. Comparados com os indicadores de disponibilidade, os indicadores de uso permitem avaliar o tamanho e a natureza dos problemas da interseção disponibilidade-demanda da bacia.

Um grande número de indicadores foi identificado na literatura técnica consultada para este trabalho e enquadrado nessa dimensão. Eles se encontram organizados no Quadro 5.3 segundo uma sistema de classificação que se baseia no reconhecimento dos diferentes tipos de uso e no caráter consuntivo ou não desse uso. Tem-se ali indicadores de uso geral, abastecimento urbano, saneamento e diluição de efluentes, uso rural, uso industrial, pesca e irrigação.

Uma categoria especial abriga os indicadores referentes aos resíduos sólidos.

Há também indicadores associados ao uso da água para geração de energia elétrica e para a navegação. O número relativo à navegação parece exagerado e, alguns indicadores podem ser considerados escolhas pouco apropriadas, extrapolando o âmbito do planejamento e gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica e ingressando no campo de parâmetros de projeto de navegação, mas é o que consta da bibliografia examinada. Em compensação, nenhum indicador do uso da água para recreação foi lembrado, exceto o índice de balneabilidade (que é determinado mais por questões de saúde pública do que para medir quanto uso se faz dos rios ou reservatórios para este fim). Considerando-se as perspectivas de atividades turísticas associadas aos corpos hídricos, das quais os usos o reservatório de Xingó, do Pantanal Matogrossense, das praias do rio Araguaia e da região de Bonito podem ser os mais representativos, seria desejável que em uma lista tão ampla de indicadores figurassem alguns ligados ao número de usuários ou a receita de impostos gerada por atividades recreacionais ligadas aos recursos hídricos.

Por fim, foram levantados indicadores relativos ao habitat, que representa o uso dos recursos hídricos para conservação da vida.

ACESSO À ÁGUA

Geral

- Acesso à água (3)
- Acesso à água potável (27)
- Eficiência no uso da água (10)
- População com acesso à água potável (1)

Retiradas

- Abstração de água em diferentes regiões (5)
- Alocação de água (20)
- Retirada anual de água, segundo os diferentes usos (14)

Consumos

- Consumo de água (20)
- Consumo per capita de água nos centros urbanos (14)

Variações e Tendências

- Relação entre o consumo anual total de água e a precipitação pluviométrica anual total (2)

DEMANDAS

Demandas Globais

- Consumo e alocação de água (20)
- Demandas setoriais
- Índice de exploração de água (10)
- Total de usos consuntivos/ usos totais (2)
- Total de água superficial usada por setor (3)
- Usos da água em áreas urbanas (10)
- Usos setoriais da água (10)

Retiradas

- Extração de água doce
- Índice de demanda
- Retiradas anuais de água (superficial e subterrânea) (27)
- Uso da água superficial per capita/ ano

Consumos

- Consumos setoriais
- Consumo total de água na bacia
- Consumo total de água na bacia per capita
- Total de usos consuntivos/ usos totais (26)

Variações e Tendências

- Taxa de redução ou aumento das demandas de água para cada tipo de uso
- Taxas de redução de uso de água per capita
- Taxas de redução ou aumento do consumo de água para cada tipo de uso
- Variações e tendências do consumo de água per capita na bacia ou UPH
- Variações tendenciais relativamente às demandas setoriais
- Variações e tendências das demandas setoriais na bacia ou UPH

Saneamento

- Acesso ao saneamento (3)
- Ampliação dos serviços de água, esgoto e coleta de lixo à população de baixa renda (14)
- Ampliação da rede de saneamento básico à população rural de baixa renda (14)
- Domicílios sem ligação à rede de esgoto ou fossa séptica por classe de renda (14)
- Domicílios com instalações sanitárias – urbano e rural (14)
- Índice de densidade de drenagem urbana
- Índice de coleta e afastamento de esgotos urbanos (15)
- Índice de tratamento de esgotos urbanos (2)
- Índice de captação de água para abastecimento urbano (25)
- Percentagem dos domicílios sem água canalizada por classe de renda (14)
- Índice de população não atendida por coleta e afastamento de esgotos
- População que consome água sem nenhum tipo de tratamento diretamente dos mananciais (14)
- População não atendida por esgotamento sanitário (14)
- População atendida por tipo de abastecimento de água urbana e rural (14)
- População total, urbana e rural sem instalações sanitárias (14)
- Percentagem do esgoto tratado no total de esgoto produzido, segundo os tipos de tratamento (14)
- População urbana e rural atendida pela rede de coleta de esgoto sanitário por tipo de coleta (14)

Abastecimento Urbano de Água

- Cobertura de abastecimento de água (Ica do ISA) (2)
- Cobertura dos serviços de abastecimento de água potável com e sem micromedidação (hidromedidação) (2)
- Cobertura dos serviços de abastecimento de água potável com micromedidação
- Perdas físicas
- Qualidade da água para consumo humano (10)
- Acesso à água potável (3)
- Extração anual de água subterrânea e superficial na bacia ou no principal manancial (14)
- Eficiência no uso da água em cidades (vazamentos) (10)
- Índice de captação de água para abastecimento urbano (15)
- Retiradas anuais de água (27)
- Retirada total de água superficial e subterrânea como percentual da água total disponível (1)
- Uso doméstico da água (7)
- Uso de água em área urbana (10)
- Usos domésticos/ usos totais (2)
- Volume de água distribuída segundo os tipos de tratamento (14)

Consumos

- Consumo doméstico de água per capita (27)
- Consumo urbano per capita (2)
- Consumo de água residencial (2)
- Índice de consumo de água per capita
- Vazamentos dos sistemas públicos de abastecimento de água

Taxas, Proporções de Mudança, Variações e Tendências

- Dias de racionamento no fornecimento de água / ano
- Taxa de depleção anual dos reservatórios destinados ao abastecimento de água (2)
- Taxa de redução do uso de água per capita (2)

Abastecimento Rural

- Consumo doméstico de água per capita na área rural (14)

Diluição de Efluentes/ Tratamento de Esgotos

- Cobertura de coleta de esgotos e tanques sépticos (Ica do ISA) (2)
- Cobertura de serviços de coleta e afastamento de esgotos (2)
- Cobertura de esgotos tratados (Ica do ISA) (2)
- Cobertura e tratamento de esgotos/população dos municípios (13)
- Coleta e afastamento de esgotos – tanque e fossa séptica
- Destino do esgoto urbano e rural através da rede geral segundo os tipos de tratamento (14)
- Índice de atendimento urbano de coleta de esgotos (25)
- Índice de tratamento de esgotos em relação à água consumida (25)
- Índice de tratamento de esgotos coletados (25)
- Percentagem da população com serviços adequados de disposição de esgotos (1)
- População atendida por tratamento de esgoto (28)
- Produção diária de lodo (11)

Vazões Comprometidas

- Grau de eficiência no tratamento de esgotos (11)
- Tratamento de águas servidas total e por tipos (27)
- Tratamento de esgotos urbanos (10)

Vazões Lançadas

- Descargas de N e P de ETEs (10)
- Diluição de efluentes tratados (7)
- Índice de lançamento de matéria orgânica nas águas (25)
- Lançamento pontual de efluentes (4)
- Lançamento de efluentes tratados
- Percentagem de efluentes lançados pelas indústrias nos corpos d'água, no total de efluentes na água (14)
- Volume de efluentes lançados mensalmente nos corpos hídricos, por tipo de efluente (14)

Taxas, Proporções de Mudança, Variações e Tendências

- Ampliação do serviço de tratamento de esgoto gerado, com algum tipo de tratamento antes de ser lançado nos corpos hídricos (14)
- Ampliação da cobertura dos serviços de saneamento na zona rural (14)
- Percentagem do esgoto tratado no total de esgoto produzido (14)
- Redução dos volumes de efluentes lançados diretamente nos corpos hídricos no período considerado
- Redução dos volumes de efluentes lançados diretamente nos corpos hídricos (2)

Resíduos Sólidos

- Disposição de resíduos (20)
- Índice de população não atendida por coleta de lixo
- Índice de lixo corretamente disposto (25)
- Percentagem dos resíduos sólidos destinados em aterros sanitários (14)
- Percentagem dos resíduos sólidos destinados em lixões, aterros controlados na bacia (14)
- Valor anual pago por economia pela coleta e disposição final dos resíduos sólidos
- Quantidade Gerada por Tipo
- Geração de resíduos sólidos municipais e industriais
- Geração de resíduos perigosos (2)
- Geração total de resíduos sólidos per capita (2)
- Geração total de resíduos sólidos por ano e por tipo (3)
- Geração total de resíduos sólidos por ano (2)
- Lançados em drenagens
- Percentagem de substâncias acidificantes lançadas na drenagem (14)
- Proporção ouro/mercúrio produzido na bacia (14)
- Remoção de poluentes por dispositivos de captura no sistema de drenagem urbana (12)
- Volume de resíduos industriais lançados na drenagem, por tipo de resíduo (14)
- Taxas, Proporções de Mudança, Variações e Tendências
- Variação anual do volume ocupado por resíduos sólidos nos locais de destinação final (2)
- Variação anual na geração de resíduos sólidos per capita (2)
- Vida útil remanescente dos aterros sanitários (5)

QUADRO 5.3- INDICADORES DE USOS (1/2)

DEMANDAS		
Demandas Globais (continuação)		
Industrial		
- Produção mensal de ouro por tipo de mineração (empresas e garimpos) (14)	- Proporção Au/Hg por kg de Au produzido (14)	- Reuso de água industrial (2)
- Uso de água industrial per capita (2)		
Retiradas		
- Usos industriais/ usos totais (2)	- Uso per capita de água na agricultura e na indústria (27)	- Uso industrial de água com captação própria
Consumos		
- Consumo de água industrial (2)		
Taxas, Proporções de Mudança, Variações e Tendências		
- Taxa de redução do uso da água industrial (captação própria) (2)		
Agricultura/ Irrigação		
- Área irrigada na UGRH por tipo de sistema de irrigação (2)	- Dotações anuais por ha irrigado, tipo de sistema e cultura (2)	- Eficiência da irrigação (8)
- Extensão da irrigação (8)	- Percentagem da água requerida pela cultura em relação a água aplicada na irrigação (desperdício) (14)	- Usos em irrigação/ usos totais (2)
Retiradas		
- Água derivada dos mananciais para irrigação por tipo de cultura (14)	- Alocação de água para irrigação (10)	- Áreas irrigadas segundo o método (superfície, aspersão convencional, pivô central) (14)
- Captação de água para irrigação (25)	- Extração anual de água para a irrigação derivada dos mananciais (14)	- Índice de captação de água para irrigação
- Nº de poços/ano perfurados na área da bacia (14)		
Consumos		
- Água consumida pelos cultivos (14)	- Água consumida pelos cultivos na área da bacia (14)	- Consumo médio de água por irrigação
Taxas, Proporções de Mudança, Variações e Tendências		
- Taxa de crescimento das áreas irrigadas (14)		
Geração de Energia		
- Consumo per capita de energia na bacia / consumo per capita nacional (14)	- Consumo de energia hidrelétrica (2) (27)	- Consumo de energia elétrica na bacia (27)
- Eletricidade gerada por usinas hidrelétricas (2) (7)	- Energia firme gerada/ área do reservatório (2)	- Exportação de energia elétrica para fora da bacia (2)
- Geração hidrelétrica (2)	- Potência hidro e termoelétrica instalada e vazões comprometidas (14)	- Volume vertido anualmente (2)
Pesca		
- Captura e capacidade máxima de produção do setor pesqueiro (3)	- Captura mensal de recursos vivos fluviais por tipo de sistema e tecnologia (14)	- Identificação dos ciclos anuais da produção primária - análise de clorofila, da biomassa fitoplanctônica total e do zooplâncton (14)
- Percentagem das capturas artesanais e industriais no total de capturas por tipo de recursos hídrico vivo (14)	- Propriedades físico-químicas das água: pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, material particulado total e nutrientes dissolvidos (14)	- Produção pesqueira (27)
- Quantidade de peixe coletado (20)	- Volume de pescado produzido (14)	
Navegação		
- Área de drenagem e extensão da hidrovia (14)	- Capacidade do comboio (2)	- Carga transportada/ ano
- Declividade média, na alta, média e baixa vazão (14)	- Desnível provocados por corredeiras - metros e nº (14)	- Grau de sinuosidade dos cursos d'água (14)
- Hectares aterrados por tipo de ecossistema (mangue, praia) para a construção de infra-estrutura portuária (14)	- Nº de dias navegáveis/ ano (2)	- Profundidade média na cheia e na vazante ao longo do ano (14)
- Regime fluvial: períodos, frequência e efeitos regionais de enchentes e vazantes (na navegação) (14)	- Tipo de leito e talvegue predominante (14)	- Toneladas/mês de carga transportada por hidrovias, em relação ao total de carga transportada na área da bacia (14)
- Toneladas/mês de carga transportada por via fluvial, por tipo de embarcação, na cheia e na vazante (14)	- Total da produção agrícola transportada por hidrovia, por tipo de produto (14)	- Total da produção extrativa mineral transportada por hidrovia, por tipo de produto (14)
- Total da produção extrativa vegetal transportada por hidrovia, por tipo de produto (14)	- Volume de carga transportada por tipo de carga: produtos agrícolas, madeira, derivados de petróleo, minério, cargas perigosas (14)	
Habitat		
- Classificação de habitat nos rios (7)	- Espécies exóticas em rios e lagos (10)	- Vazão ecológica (4)
Recreação e Lazer		
- Água imprópria para banho em rios, lagos e praias (14)	- Balneabilidade de rios e reservatórios (2)	
USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA		
- Índice de exploração de águas (5)	- Percentual anual de água subterrânea extraída no total das reservas de águas avaliadas (14)	- Uso industrial de água subterrânea (2)
- Uso de água subterrânea per capita (2)	- Usos de água subterrânea/ usos totais (2)	- Total de água subterrânea usada por setor (3)
USO DO SOLO		
- Aptidão agrícola dos solos	- Áreas aráveis, pastos plantados e áreas cultivadas (14)	- Áreas protegidas/ área total da bacia (27)
- Área de terras agricultáveis e culturas permanentes (1)	- Cobertura da terra (3)	- Destino das embalagens de agrotóxicos (14)
- Depleção dos recursos minerais	- Emissão de N e P na água e no solo (balanço nutritivo) (14)	- Extração de recursos minerais
- Mudança em área e em usos de pastagens (10)	- N proveniente de adubos e da criação animal (14)	- P proveniente de adubos e da criação animal (14)
- Percentagem da área cultivada no total da área (14)	- Percentagem da área de culturas com uso de agrotóxicos em relação ao total das áreas (14)	- Potencial de recursos minerais na área da bacia e reservatórios (14)
- Projetos extrativos, agropecuárias e industriais existentes e planejados na área da bacia (14)	- Produtividade das terras e potencial (3)	- Susceptibilidade à erosão por classe de aptidão agrícola do solo (14)
- Taxa de crescimento das terras agrícolas, da pecuária, do extrativismo e desmatamento (14)	- Taxa de crescimento de terras aráveis (14)	- Tipos de usos do solo praticados na área (14)
- Tipo e intensidade dos usos da terra na bacia (14)	- Terra agricultável per capita (27)	- Uso da terra (3) (7)
- Uso de fertilizantes na bacia (1) (14)	- Uso da terra agrícola (7)	
OUTROS		
- Indicadores de usos dos recursos hídricos da bacia (3)	- Intensidade de uso das águas subterrâneas da bacia	- Intrusão de água salgada (10)
- População dependente das águas subterrâneas	- Produção madeireira (27)	- Retiradas de água doce
<p>FONTES – (1) CSDI (2001); (2) PERH/SP, 2004-2007 (2005); (3) CSIR (2001); (4) ANZECC (2000); (5) EUROSTAT (2003); (6) RECENSEMENT DE L'AGRICULTURE - CANADÁ; (7) EAUUK; (8) CSIRO/ DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AND HERITAGE (2001); (9) UNSD (2001); (10) EEA (2003); (11) PRODES; (12) SIDNEY WATER; (13) ESDI; (14) CIDS; (15) UNDP (2005); (16) EPA (2003); (17) CETESB (2004); (18) OECD (2004); (19) WEF (2005); (20) MANITOBA CONSERVATION (2005); (21) WEG HORST (1996); (22a) PALMER (1965); (22b) PALMER (1968); (23) SCHAFFER e DEZMAR (1982); (24) NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2003); (25) MAGALHÃES e NETTO (2003); (26) MARANHÃO; (27) USDI; (28) TRNEE (2003); (29) THOMAS (2002)</p>		

QUADRO 5.3- INDICADORES DE USOS (2/2)

5.3.3. A dimensão Vulnerabilidades e seus indicadores

A dimensão Vulnerabilidades é central para o correto encaminhamento da questão da sustentabilidade. As vulnerabilidades estão diretamente associadas às fragilidades intrínsecas da bacia, de um lado, e à superveniência de eventos indesejáveis, tais como eventos extremos e acidentes, em intensidade superior à suportável pelas condições naturais no local considerado. Ela expõe os pontos fracos/condição de preparo da sociedade e dos administradores da bacia para enfrentamento dessas situações. Indicadores dessa vertente são importantes para informar a probabilidade de ocorrência desses eventos, as áreas de risco, as ações preventivas recomendáveis e o esforço de capacitação para minimização dos efeitos de eventos imprevisíveis, mas com histórico de ocorrência na bacia.

Os mais importantes indicadores de Vulnerabilidade apontados na bibliografia analisada nesta pesquisa se encontram relacionados no Quadro 5.4. Essa dimensão é aquela com maior número de indicadores propostos, o que levou à subdivisão do conjunto em oito grupos temáticos.

O primeiro desses grupos trata das vulnerabilidades ligadas a áreas e fatores notáveis. Ali estão indicadores que tratam de áreas relevantes para os ambientes aquáticos ou para a biodiversidade, legalmente protegidas ou não, e fatores que, por sua importância, retratam a qualidade ambiental dos corpos hídricos e das modificações percebidas nesses aspectos.

O segundo grupo congrega indicadores ligados a processos físicos que têm lugar na bacia hidrográfica, particularmente a erosão, assoreamento e os impactos sofridos pelos solos ali presentes. Indicadores associados a fatores climatológicos e hidrológicos formam o terceiro grupo, onde pontificam os eventos extremos. Já os indicadores que expressam as vulnerabilidades decorrentes das atividades antrópicas formam o grupo mais numeroso e cobrem um amplo espectro de situações que se estendem desde aquelas que resultam de processos e fenômenos urbanos, passando pelas procedentes de atividades agrícolas, exploração mineral, e alcançando até os que afetam a cobertura vegetal e o solo.

Os grupos seguintes estão ligados às vulnerabilidades do habitat (rios, lagos, lagoas e estuários), à qualidade geral dos corpos hídricos e à saúde humana. O último

grupo reúne os indicadores que refletem a ocorrência de incidentes/acidentes ambientais, um retrato direto das vulnerabilidades da bacia.

5.3.4. A dimensão Gestão e seus indicadores

O desenvolvimento de uma gestão integrada dos recursos hídricos, em bases modernas é o elemento que organiza em uma estrutura de gerenciamento da bacia, mais abrangente porque integradora, todos os temas de interesse para a sustentabilidade hidroambiental e todas as intervenções requeridas, estruturais e não estruturais. Através da gestão (e do planejamento que a orienta quanto às estratégias, táticas, prioridades, políticas públicas, consideração dos diferentes objetivos setoriais e regulamentações) a bacia hidrográfica é consolidada como uma unidade de processos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidráulicos, biológicos, econômicos, sociais e políticos, restabelecendo-se o equilíbrio entre disponibilidades e demandas, observadas as vulnerabilidades existentes e os possíveis riscos, compatibilizando-se objetivos e meios e tomando-se as decisões que melhor consultem os interesses da sociedade e assegurem o uso múltiplo e racional dos recursos hídricos.

Usos e vulnerabilidades formam o quadro de tensões a que uma bacia pode estar submetida e mantêm uma relação de antagonismo dialético com a gestão dos recursos hídricos.

Ao discutir as relações entre usos, vulnerabilidades e gestão, Ohlsson (1998) lembra que a escassez de água é comumente percebida como uma limitação de recurso natural de uma região, um caso clássico de vulnerabilidade, mas na verdade sinaliza uma falta de capacidade de adaptação e que seria melhor enfrentada se tratada como escassez de um recurso social. Para sustentar seu ponto de vista, de que a escassez é antes de tudo uma fragilidade na capacidade social de gestão dos recursos existentes, ele argumenta que as adaptações ou mudanças são mais difíceis onde faltam instituições sociais, recursos humanos e expertise técnica para lidar com situações críticas desse tipo, o que acarreta mais quatro efeitos, além dos impactos que, por si só, a escassez produz:

ÁREAS E FATORES NOTÁVEIS		
- Abundância de espécies relevantes selecionadas (1)	- Áreas protegidas como uma percentagem da área total (1) (27)	- Áreas de mananciais de abastecimento público protegidas em relação à área total de mananciais (2)
- Áreas de proteção regulamentadas por ano (2)	- Áreas expostas a acidificação e eutrofização (10)	- Áreas protegidas – estuarinas e marinhas (4)
- Áreas terrestres protegidas (4)	- Concentração de metais pesados em tecidos orgânicos (3)	- Espécies extintas, ameaçadas e vulneráveis (4)
- Extensão das áreas conservadas (3)	- Locais de especial interesse científico (3)	- Tendências populacionais de espécies selecionadas (3)
FÍSICAS		
Geral		
- Área afetada por desertificação (1)	- Desertificação (3)	- Rebaixamento do lençol freático na área da bacia (14)
Erosão e Assoreamento		
- Área afetada por erosão	- Área afetada por erosão do solo (2) (9)	- Assoreamento de reservatório (14)
- Assoreamento do leito dos rios (14)	- Diminuição profundidade média dos principais rios da bacia (14)	- Estabilidade das margens de rios vadeáveis (16)
- Indicador de erosão (2)	- Modificações na morfologia do leito dos rios (14)	- Nº de amostras com teor médio de sais acima do esperado na área da bacia (14)
- Potencial de erosão (4)	- Riscos de erosão decorrentes do trabalho agrícola do solo (6)	- Riscos de erosão hídrica (6)
- Riscos de erosão eólica (6)		
Solos		
- Acidificação de solos (3)	- Área afetada por salinização (2) (9)	- Concentração de metais pesados em sedimentos (3)
- Cobertura do solo	- Degradação da terra (3)	- Estimativa de perda de solo (14)
- Manejo inadequado da terra agrícola (7)	- Mudanças no uso do solo (4)	- Perdas anuais estimadas de solo agrícola (2)
- Perda de terras agricultáveis e do potencial produtivo (14)	- Perda de solo (3) (7) (8)	- Riscos de salinização do solo (6)
- Riscos de salinização do solo (6)	- Salinização de solos (3)	- Taxa de perda de terra aráveis (14)
- Terra contaminada por aglomeração humana (3)		
CLIMATOLÓGICAS E HIDROLÓGICAS		
Geral		
- Custos de assistência a áreas atingidas por desastres naturais (3)	- Escassez de água (13)	- Inundações e secas (3)
Climáticas/ Eventos Extremos		
- Dias de racionamento no fornecimento de água/ ano (14)	- Enchentes: frequência e intensidade de eventos (2)	- Frequência, duração e extensão dos períodos de carência de água (14)
- Frequência de inundações e vazões de pico (8)	- Índice de seca do Bureau of Reclamation (21)	- Índice de severidade de seca de Palmer (22A)
- Índice de suprimento de água superficial (1)	- Índice de umidade de Palmer (22B)	- Inundações (8)
- Níveis de inundação de rios (7)	- Nº de eventos de inundação por ano na bacia (2)	- Nº de escorregamentos de taludes por ano (2)
- Nº de eventos de inundação x área urbana atingida em cada evento (2)	- Terra afetada por desertificação (15)	
Hidrológicas		
- Alterações no regime hídrico (secas e enchentes) (14)	- Áreas de nível freático ascendente (4)	- Mudança nas vazões dos rios (16)
- Relação demanda/ disponibilidade (7)	- Relação Q_{medial} / demandas totais (2)	- Relação $Q_{7,10}$ / demandas totais (2)
DECORRENTES DE AÇÕES ANTRÓPICAS		
Geral		
- Área de florestas como percentagem da área da bacia (1)	- Área contaminada por resíduos tóxicos (9)	- Cargas orgânicas e materiais tóxicos lançados no corpos hídricos por ano
- Cargas poluentes que chegam aos estuários procedentes de fontes continentais (3)	- Demanda de O ₂ pelos sedimentos	- Descargas industriais, agrícolas e municipais feitas diretamente em corpos hídricos (9)
- Destruição de habitats aquáticos (4)	- Geração de resíduos perigosos (9)	- Incidentes de poluição (7)
- Intensidade de desmatamento (1)	- Nutrientes em rios (7)	- Rebaixamento excessivo do nível d'água
- Poços com indícios de contaminação	- Perda de patrimônio histórico, cultural, sítios arqueológicos e terras indígenas (14)	- Substâncias perigosas na água (7)
- Resíduos perigosos (1)	- Superfície impermeabilizada anualmente na bacia	
Associadas a Fenômenos e Processos Urbanos e Industriais		
- Aglomerados urbanos vulneráveis a desastres naturais (9)	- Aglomerados urbanos vulneráveis a desastres naturais (9)	- Área de aglomerados urbanos formais (1)
- Cargas poluidoras de esgotos urbanos (DBO, DQO, SS, Ptotal e Coliformes fecais) (11)	- Carga anual de materiais tóxicos lançada no ambiente e que chega aos corpos hídricos	- Cobertura de tratamento de esgotos/ população municipal (13)
- Disposição adequada de resíduos em aterros (3)	- Disposição final do lodo (11)	- Disposição de resíduos municipais (9)
- Efetividade das políticas de redução de nutrientes e cargas orgânicas em águas servidas (10)	- Frequência de desastres naturais (9)	- Geração de resíduos sólidos municipais (1)
- IQR (2)	- Lançamento de N e P de unidade de tratamento de águas servidas (10)	- Nº de dias de corte no fornecimento de água tratada x população atingida em cada corte (2)
- Nº de dias de corte no fornecimento de água tratada x população atingida em cada corte (2)	- Perdas físicas na rede (7)	- Planos e programas de melhoria do sistema de drenagem urbana (12)
- Porcentagem de tanques subterrâneos em conformidade com as exigências ambientais (2)	- Produção de resíduos sólidos domésticos e industriais (14)	- Produção anual de resíduos sólidos <i>per capita</i> (3)
- Produção de resíduos perigosos (14)	- Qualidade da água potável (10)	- Remoção de poluentes por dispositivos de captura no sistema de drenagem urbana (12)
- Substâncias perigosas em lagos (10)	- Substâncias perigosas em rios (10)	- Urbanização por domínio ecológico
- Vida útil dos aterros em uso (3)		
Associadas à Atividade Agropecuárias e Extrativistas		
- Acesso do gado aos corpos hídricos (8)	- Áreas de nível freático ascendente (4)	- Áreas expostas a acidificação e eutrofização (10)
- Áreas das propriedades rurais menores que 30 ha/ área da bacia (2)	- Cercamento de drenagem (8)	- Consumo de fertilizantes (inorgânicos) (7)
- Desmatamento de micro-bacias (8)	- Diminuição da produção agrícola (14)	- Diminuição do valor da produção agrícola (14)
- Intensidade da atividade madeireira	- Matéria orgânica nos solos (24)	- Perda de terras agricultáveis e do potencial produtivo (14)
- Pesticidas na água (7)	- Taxa de perda de terras aráveis	- Taxa de desmatamento (9)
- Tipo e quantidade de agrotóxico utilizado (14)	- Uso de pesticidas agrícolas (1)	- Uso de pesticidas (2)
Afetando a Vegetação Natural e o Solo		
- Cobertura vegetal/ área total da bacia (2)	- Deficiência de uso de nutrientes (24)	- Escoamento superficial de nutrientes (24)
- Estado da vegetação ripária (8)	- Extensão e condição da vegetação aquática (4)	- Extensão e condição da vegetação nativa (4)
- Frequência de incêndios (3)	- Mudança de cobertura vegetal na zona estuarina (3)	- N, P e pesticidas em rios em bacias agrícolas (16)
- Perda de cobertura vegetal (24)	- Queimadas e incêndios florestais (4)	- Retirada da vegetação nativa (4)
Associadas à Atividade Industrial e Mineral		
- Acidentes envolvendo derramamento de óleo (3)	- Áreas afetadas por acidez (4)	- Áreas expostas a acidificação e eutrofização (10)
- Concentrações excessivas de Hg em pontos de lançamento de efluentes industriais (14)	- Concentração de metais pesados e compostos orgânicos presentes nas drenagens e em espécies vivas (14)	- Poluentes orgânicos persistentes (3)

QUADRO 5.4- INDICADORES DE VULNERABILIDADE (1/2)

HABITATS

Rios, Lagos, Reservatórios e Áreas Úmidas

- Área de ecossistemas relevantes selecionados (1)	- Biodiversidade e populações de espécies de peixes	- Comprometimento da qualidade da água dos futuros reservatórios: morfometria, tipologia dos solos, volume de fitomassa, profundidade média, tempo de residência da área afetada (14)
- Concentração de P em rios (10)	- Composição dos macroinvertebrados aquáticos (3)	- Diminuição da profundidade dos rios principais (14)
- Concentração de N em rios	- Concentração de P em lagos (10)	- Estado trófico dos lagos e reservatórios
- Diminuição da das espécies aquáticas (14)	- Diminuição da Pesca (14)	- Eutrofização dos corpos hídricos (14)
- Ecossistemas em risco (20)	- Estado da vegetação ripária (3) (8)	- Extensão de rio com irrigação (8)
- Extensão das áreas naturais remanescentes (3)	- Extensão das áreas úmidas (13) (16)	- Integridade do habitat aquático (3)
- Impactos sobre habitats de peixes e ecossistemas (10)	- Infestações de espécies exóticas (8)	- Perda de habitat (8)
- Mortandade de peixes (14)	- Perda de lagoas marginais (14)	- Substâncias perigosas em lagos (10)
- Redução de áreas úmidas	- Saúde da comunidade de peixes (3)	- Turbidez em rios (8)
- Substâncias perigosas em rios (10)	- Total de áreas úmidas protegidas ou recuperadas ou submetidas a intervenções destinadas à sua proteção/ total de áreas úmidas da bacia (2)	

Estuários

- Índice de saúde estuarina (3)	- Intrusões salinas (10)	- Intrusões salinas (10)
- Redução das área de mangue (14)	- Qualidade das águas estuarinas (7)	

QUALIDADE GERAL

- Acidificação dos corpos hídricos (9)	- Acidificação (7)	- Acidez de rios e lagos (16)
- Alterações dos nutrientes dos corpos hídricos (14)	- Alteração da qualidade da água (14)	- Áreas afetadas por acidez (4)
- Áreas afetadas por salinidade (4)	- Concentração de coliformes fecais em corpos hídricos (9)	- Concentração de Pb, Cd e Hg em corpos hídricos (9)
- Concentração de amônia nos rios (10)	- Concentrações excessivas de Hg em amostras de água na rede de distribuição (14)	- Conformidade com os padrões de qualidade das águas dos rios (7)
- Contaminação da água por resíduos tóxicos, nucleares e perigosos, por tipo de resíduo (14)	- Diversidade total de espécies (24)	- Excesso de cargas críticas de pH na água e no solo (14)
- Hg em tecido de peixes (13) (28)	- Níveis de toxidez por Hg em amostras de água na bacia (14)	- Níveis de toxidez por Hg em peixes e outros alimentos por nº de amostra (14)
- Nº de amostras com teor médio de sais acima do esperado na área da bacia (14)	- Nº de amostras com concentrações críticas de metais pesados (14)	- Nº de amostras com alteração do pH dos corpos hídricos da bacia (14)
- Nº de amostras com concentração de oxigênio dissolvido na água fora dos padrões (14)	- Nº de amostras dos corpos hídrico da bacia com bactérias e coliformes fecais acima dos padrões (14)	- Percentagem dos corpos hídricos superficiais c/ concentração de coliformes fecais acima dos padrões da OMS (14)
- Proporção de mananciais contaminados com agrotóxicos (14)	- Nº de amostras com aumento da quantidade de matéria orgânica nos corpos hídrico da bacia (14)	- Quantidade de amostras com altas concentrações de Hg na água bruta (14)
- Taxa de conformidade da água em relação a DBO (25)	- Qualidade da água potável (10)	
	- Taxa de conformidade da água em relação a OD (25)	

Rios

- Concentração de N em rios (10)	- Classificação de rios quanto à qualidade (10)	- Efetividade das políticas de redução de nutrientes e cargas orgânicas em águas servidas (10)
- Demanda bioquímica de oxigênio no rios (10)	- Matéria orgânica em rios (10)	- N e P em rios (10)
- Nº de amostras com aumento do teor de sedimentos em suspensão (14)	- Substâncias perigosas em rios (10)	- Turbidez nos rios (8)

Lagos, Lagoas e Reservatórios

- Acidificação da água do reservatório (14)	- Alterações das características físico-químicas da água do reservatório (14)	- Diminuição do nº de espécies aquáticas (14)
- Eutrofização do reservatório (14)	- P nos lagos (10)	- Qualidade biológica dos lagos (10)
- Substâncias perigosas em lagos (10)		

SAÚDE

- Coeficiente de incidência de cólera (14)	- Concentração de coliformes fecais em corpos hídricos (9)	- Incidência de doenças de veiculação hídrica (13) (28)
- Interdição de lagoas. Praias e demais balneários devido a episódios contaminantes (14)	- Notificações e óbitos por cólera, diarreia, gastroenterite, febre tifóide e paratifóide, doenças diarreicas e infecciosas intestinais (14)	- Nº de amostras com coliformes fecais acima dos padrões (14)
- Nº de amostras com coliformes totais acima dos padrões – sistema coletivo e alternativo (14)	- Nº de amostras com cloro residual fora dos padrões (14)	- Percentagem dos corpos hídricos superficiais com concentração de coliformes fecais acima dos padrões OMS (14)
- Proporção de prevalência de exames positivos de esquistossomose (14)		

INCIDENTES/ ACIDENTES AMBIENTAIS

- Frequência de desastres naturais (9)	- Nº de dias sem balneabilidade por causa de acidentes ambientais	- Nº de horas de interrupção de captações por acidentes ambientais
- Nº de pessoas com problemas de saúde decorrentes da conjugação de acidentes ambientais e uso da água	- Nº de amostras com coliformes totais acima dos padrões – sistema coletivo e alternativo (14)	- Nº de acidentes ambientais na bacia que levaram a alguma restrição ao acesso à água

FONTES – (1) CSDI (2001); (2) PERH/SP,2004-2007 (2005); (3) CSIR (2001); (4) ANZECC (2000); (5) EUROSTAT (2003); (6) RECENSEMENT DE L'AGRICULTURE - CANADÁ; (7) EA/UK; (8) CSIRO/ DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AND HERITAGE(2001); (9) UNSD (2001); (10) EEA (2003); (11) PRODES; (12) SIDNEY WATER; (13) ESDI; (14) CIDS; (15) UNDP (2005); (16) EPA (2003); (17) CETESB (2004); (18) OECD (2004); (19) WEF (2005); (20) MANITOBA CONSERVATION (2005); (21) WEG HORST (1996); (22a) PALMER (1965); (22b) PALMER (1968); (23) SCHAFFER e DEZMAR (1982); (24) NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2003); (25) MAGALHÃES e NETTO (2003); (26) MARANHÃO; (27) USDI; (28) TRNEE (2003); (29) THOMAS (2002)

Quadro 5.4- INDICADORES DE VULNERABILIDADE (2/2)

- Diminuição da produção agrícola (a agricultura é o setor usuário que mais consome água)
- Diminuição da produtividade
- Migrações
- Ruptura de instituições e relações sociais

No entanto, reconhece, é sempre possível otimizar economicamente o uso da água e aumentar a eficiência dos diversos usos. Por isso, o gerenciamento das mudanças é tão crítico e pode gerar *stress* social⁶⁰. A gestão, nessas circunstâncias, quando não se pode atuar sobre a oferta, deve (Ohlsson, op.cit.)

- orientar as demandas competitivas dos diferentes setores e populações de modo que se estabeleça uma percepção de que a distribuição do recurso escasso seja considerada justa
- promover mudanças tecnológicas para conseguir maior eficiência dos usuários finais dos produtos
- facilitar as mudanças sócio-econômicas para aumentar a eficiência alocacional
- investir no aumento da oferta de capacidade adaptativa dos recursos sociais com que se pode contar.

Abrams (1996), ao tratar da importância da capacitação das comunidades, antecipando-se a Ohlsson, chamou a atenção para a relação existente entre a capacidade das comunidades operarem, manterem e administrarem infra-estruturas de saneamento e as habilidades requeridas para isso, que devem existir no interior dessas comunidades. A não ser que as habilidades existentes no seio da comunidade casem com a complexidade das funções técnicas e administrativas necessárias, a infra-estrutura não será sustentável.

Análises e avaliações preliminares efetuadas relativamente ao desempenho do Proágua Semi-Árido, apontam nessa direção. Ao financiar o desenvolvimento de capacitação gerencial e institucional nos estados do Nordeste brasileiro de forma vinculada aos financiamentos de implantação e recuperação de infra-estrutura, foram criadas as bases para que essa infra-estrutura seja sustentável. Não por acaso, os estados do Nordeste se encontram hoje, de um modo geral, em melhores condições,

⁶⁰ Ohlsson (op.cit.) admite que a demanda por capacidade adaptativa dos recursos sociais, quando não atendida, pode levar a um ponto de ruptura social.

do ponto de vista da gestão dos recursos hídricos, que os da região Norte e Centro-Oeste. Esses resultados motivaram o governo brasileiro a propor ao Banco Mundial um novo programa, o Proágua Nacional, agora interessando todo o território nacional.

Simonovic (1997) declara ser o risco uma das questões chave da sustentabilidade e o seu gerenciamento um dos requisitos impostos pela adoção do conceito de sustentabilidade hidroambiental como meta maior da gestão. Esse autor propõe o produto da probabilidade de ocorrência de um evento indesejado pela conseqüências associadas a esse evento para avaliar o risco: eventos de baixa probabilidade capazes de produzir danos elevados comparados a eventos de alta probabilidade com capacidade de produzir danos de pouca monta devem ter tratamentos diferentes, segundo ele.

A percepção de risco pelas pessoas, incorretamente influenciada por visões ou expectativas tendenciosas ou compreensão distorcida, é outro fator importante e não pode ser desprezado. O gerenciamento dos riscos deve considerar as conseqüências dos eventos indesejados e sua probabilidade de ocorrência, juntamente com a percepção pública dos riscos envolvidos.

Healey (1992) expõe uma outra visão – menos unidimensional – do conflito e clivagem na sociedade e uma apreciação da diversidade das experiências relativas à vida urbana e ao ambiente, em busca de um pluralismo democrático e contra hegemonismos de grupos ou setores. A concepção do planejamento como um empreendimento comunicativo oferece maior potencial para constituir a forma democrática de planejamento no contexto contemporâneo.

Planejamento, segundo essa concepção, é um modo de ação escolhido após debate. Tem-se, assim, uma nova forma de planejamento, através da comunicação interdiscursiva.

Essa proposta se sustenta em vários argumentos, discutidos pela autora, dentre os quais

- o conhecimento é socialmente construído. As reivindicações de conhecimento – através das quais propõem-se as possibilidades de ação - são validados, nesta concepção, através do estabelecimento discursivo dos princípios de validade

- conhecimento para ação, princípios de ação e modos de agir são ativamente constituídos pelos membros de uma comunidade intercomunicativa, sempre observando-se suas particularidades de tempo e espaço.
- o desenvolvimento e comunicação do conhecimento, assim como o raciocínio, podem tomar muitas formas,
- as pessoas têm diferentes interesses e expectativas e
- as relações de poder têm um potencial opressor e dominador que estende desde a distribuição de recursos materiais até a textura interna das hipóteses e práticas consideradas como corretas.
- ações certas e erradas são aquelas a respeito das quais se pode chegar a um acordo, em tempos e locais particulares, através das diversas diferenças existentes entre as partes que integram o processo quanto a condições materiais, vontades, perspectivas morais, bem como inclinações e culturas expressivas. Não há necessidade de recurso a ideais fundamentais comuns ou princípios “de uma boa organização social” para guiar as partes
- o planejamento e seu conteúdo, de acordo com essa concepção é um modo de ação *escolhido*, depois de *debatido*. Para isso, os membros de uma comunidade necessitam discutir o que podem e devem fazer, por que e como.
- para ser libertador – e não dominador – a raciocínio intercomunicativo para os fins de *atuar no mundo* deve aceitar não só as diferenças em posição econômica e social, ou quanto a necessidades e quereres específicos mas também em sistemas de significado. Vemos as coisas diferentemente porque palavras, frases, expressões objetos são interpretados diferentemente de acordo com nosso sistema de referência.

Vale lembrar que a lei 9433, ao estabelecer a gestão descentralizada e a participação pública como “um método que enseja aos usuários, à sociedade civil organizada, às ONGs e outros agentes interessados a possibilidade de influenciar no processo de tomada de decisões” (Garrido, in MMA,2002, pg. 9) ela incorpora muitos desses conceitos que vêm sendo trabalhados pelos órgãos gestores, usuários e as representações da sociedade.

Em síntese, a gestão dos recursos hídricos, precedida pelo criterioso planejamento, é o grande diferencial. Duas bacias com condições semelhantes de disponibilidade, demandas e vulnerabilidades, podem, em função da gestão que nele for implantada, apresentar os seus recursos hídricos em condições globais bastante diferentes.

A gestão, por conseguinte, se interessa pelos indicadores relacionados com (i) a organização de CBHs e demais instâncias gestoras (municipais, estaduais e federais), (ii) as articulações verticais e horizontais com outras entidades e organismos bem como o vigor desses laços;(iii) a implementação dos instrumentos de gestão e os respectivos níveis de eficiência; (iv) o desenvolvimento da educação e da capacitação gerencial dos órgãos gestores de recursos hídricos com competência na bacia, dos setores usuários e dos representantes da sociedade; (v) a existência de planos e estruturas administrativas para encaminhamento de situações especiais, como o gerenciamento de reservatórios e áreas úmidas, o enfrentamento de eventos extremos e o gerenciamento de riscos. A vertente da gestão é o campo preferencial dos indicadores de desempenho e também o mais aberto às influências da GQT (gestão pela qualidade total) por conta dos já mencionados instrumentos e das metas estabelecidas para o Plano de Recursos Hídricos da Bacia.

Uma grande quantidade de indicadores pode ser lembrada para a gestão dos recursos hídricos. Há que ter muito cuidado para selecionar aqueles mais representativos, de forma a manter o número dentro de um intervalo aceitável, evitando repetições. Neste grupo se encontram indicadores de resultado que descrevem o nível de institucionalização da gestão dos recursos hídricos na bacia, o nível de articulação entre as diversas instituições com responsabilidade e/ou interesses na bacia, a rede social ligada à gestão dos recursos hídricos e à operacionalização dos instrumentos de gestão.

A inclusão desta dimensão no Sistema de Indicadores é uma inovação relação a propostas anteriores de Sistemas de Indicadores, inspirada pela GQT. A literatura técnica examinada propõe diversos indicadores de gestão, sendo os principais reunidos no Quadro 5.5 O exame desse quadro permite constar que os indicadores de gestão foram subdivididos em 8 grupos principais:

- Indicadores gerais
- Indicadores de políticas (econômicas, patrimoniais, orçamentárias, de regulamentação e de racionalização e otimização dos recursos)
- Indicadores dos instrumentos de gestão
- Indicadores de gestão da qualidade, da oferta e da demanda
- Indicadores de gestão do território e uso do solo
- Indicadores de participação pública
- Indicadores de educação e capacitação
- Indicadores de gestão de temas agrícolas, temas ambientais e de gestão da urbanização e processos urbanos.

5.4. Os Indicadores Seleccionados e o Sistema Proposto: A Montagem do SINPLAGE

As considerações apresentadas neste capítulo conduzem a uma decisões operativas quanto ao número, à seleção dos indicadores e a montagem do sistema proposto.

A primeira delas estabelece que os indicadores escolhidos deverão se subordinar à estrutura lógica DUVG, que se demonstrou ser a mais adequada para servir de fundamento de um sistema de indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas e satisfazer as principais propriedades indicadas no Capítulo 3.

A segunda decisão trata do número de indicadores que deve integrar o SINPLAGE e, quanto a isso, as próprias natureza, finalidade e concepção do sistema (apoiar decisores no planejamento e gestão de bacias; acompanhar mudanças e comparar UPHs e bacias entre si) exigem a identificação de regiões com problemas, as dimensões da estrutura lógica onde tais problemas se situam e a distância das condições atuais para as metas fixadas mediante rápida inspeção dos indicadores.

GERAL		
- Consistência (8)	- Capacidade do governo para gerenciamento ambiental (3)	- Esforço de gerenciamento (8)
- Estimativa dos benefícios diretos produzidos pelas intervenções implantadas / ano (2)	- Gerenciamento integrado dos recursos hídricos (14)	- Grau de progresso na implantação do sistema (2)
- Implementação de acordos ratificados (1)		
POLÍTICAS		
Econômico-Financeiras		
- Criação de estímulos à utilização da irrigação localizada (14)	- Criação de novos mecanismos para o financiamento dos serviços de saneamento (14)	- Criação de instrumentos econômicos-financeiros (14)
- Compensação financeira aos municípios pela inundação de suas áreas para a construção de reservatórios (14)	- Destinação de subsídios para projetos ambientais (14)	- Estímulo ao aproveitamento dos reservatórios artificiais para criação de pescado (14)
- Gastos provinciais com gerenciamento de resíduos (3)	- Investimentos em esgotamento sanitário abastecimento de água e coleta de lixo (14)	- Investimentos na difusão de biodigestores
- Princípio poluidor-pagador (8)	- Reciclagem de resíduos (3)	- Tarifação da poluição (14)
- Valor dos resíduos reciclados (3)		
<u>Geração de Emprego e Renda</u>		
- Contribuição para criação de empregos em áreas de conservação (3)	- Contribuição econômica de espécies de água doce utilizadas comercialmente (3)	- Contribuição econômica de espécies estuarinas utilizadas comercialmente (3)
Alocação Orçamentária		
- Adoção voluntária de sistemas de gerenciamento ambiental por grandes empresas (3)	- Alocação orçamentária para a pesquisa ambiental (3)	- Alocação orçamentária para a conservação da biodiversidade (3)
- Alocação orçamentária para a educação ambiental (3)	- Custos de mitigação e prevenção de desastres naturais (9)	- Custos com dragagem (14)
- Gastos provinciais com gerenciamento de resíduos (3)	- Gastos efetuados na prevenção e limpeza dos recursos hídricos (14)	- Investimentos na melhoria da navegabilidade (14)
- Investimentos em pesquisa e extensão agrícola (14)	- Investimento nos recursos do patrimônio natural (3)	- Relatórios ambientais por departamentos do governo (3)
- Recursos previstos/ recursos efetivamente dispendidos (2)	- Uso voluntário de contabilidade ambiental e relatório ambiental (3)	
Políticas Patrimoniais		
- Estado dos recursos naturais/ patrimônio natural (3)	- Inventário florestal (9)	- Inventário de flora e fauna (9)
Regulamentação		
- Estruturas nos rios	- Licenciamento (8)	- Regulamentação do uso da água segundo seus múltiplos usos
Racionalização e Otimização		
- Aumento da eficiência dos prestadores de serviços de saneamento (14)	- Adoção de irrigação noturna	- Otimização de sistema de irrigação (14)
- Redução do desperdício de água, incluindo edição ou revisão de normas técnicas para sistemas de água e instalações hidráulicas em edificações (14)		
INSTRUMENTOS DE GESTÃO		
Geral		
- Recursos X Demandas (8)		
Planos		
<u>PRHs e PERHs</u>		
<u>Contingência e Ações Emergenciais</u>		
- Detecção de poluentes (8)	- Inundações (8)	- Planos de contingência para floração de algas (8)
<u>Recuperação</u>		
- Planos de recuperação hidroambiental (26)	- Plano de recuperação em áreas (4)	
<u>Uso do Solo</u>		
- Nº de planos Diretores municipais de uso e ocupação do solo articulados com o PRH/ Nº total de municípios da UGRHI, Estado, bacia(2)		
<u>Ambientais</u>		
- Implementação de projetos ambientais em nível de bacia (14)	- Implementação de projetos alternativos de combate à seca já desenvolvidos (14)	
<u>Outros</u>		
- Planos e programas de melhoria do sistema de drenagem urbana (12)		
Enquadramento		
- Extensão de rios enquadrados (2)	- Percentual de extensão de rios fora da meta de enquadramento	
Outorgas e Licenças		
- Criação de critérios para a concessão de outorgas, segundo as classes de uso dos corpos hídricos (14)	- Demandas por outorga de irrigação / total de outorgas (14)	- Licenciamento (8)
- Nº de intervenções de regularização outorgadas por ano (2)	- Tempo médio de concessão de outorgas (2)	- Total de outorgas outorgadas (2)
- Uso das águas (8)		
Cobrança		
- Arrecadação de taxas de drenagem urbana (12)	- Cobrança pelo uso da água (8)	- Preço da água (10)
- Princípio poluidor-pagador (8)	- Taxa de reflorestamento (9)	- Taxa de inadimplência (26)
Sistema de Informações		
- Criação de um banco de dados integrados sobre os recursos hídricos (14)		
Fundos		
- Recursos de fundos de recursos hídricos efetivamente aplicados na bacia correspondente a investimentos previstos no PRH da bacia (2)	- Recursos de fundos de recursos hídricos efetivamente aplicados na bacia correspondente a investimentos previstos no PRH da bacia / Recursos totais disponíveis nesses fundos(2)	
Fiscalização		
- Autos de infração quanto a outorgas concedidas	- Percentagem das notificações por agrotóxicos, no total dos agravos na área rural (14)	
Outros		
- Implementação dos comitês de bacias (14)		

QUADRO 5.5- INDICADORES DE GESTÃO (1/2)

GESTÃO DA QUALIDADE, DA OFERTA E DA DEMANDA

- Adequação do volume de água extraído à demanda efetiva da cultura (14)
- Construção de escadas nas barragens para permitir a transposição da ictiofauna (14)
- Interligação de trechos não-navegáveis (14)
- Nº de amostras realizadas para vigilância da qualidade da água – sistema coletivo (14)
- Otimização dos métodos de irrigação (aumento da eficiência do sistema)
- Recursos X Demandas (8)
- Tendências de salinidade (8)

- Adoção de irrigação noturna, principalmente em áreas com carência hídrica (14)
- Distribuição de águas superficiais (8)
- Investimentos na difusão de biodigestores (14)
- Nº de amostras realizadas para vigilância da qualidade da água – sistema alternativo (14)
- Otimização dos sistemas de irrigação (14)
- Regimes de vazão de rios (regime fluvial) (8)
- Transporte da água para irrigação por tubulações, evitando a evaporação nos canais (14)

- Detergentes zero-P (8)
- Dragagem de trechos críticos (14)
- Mudanças dos teores de substâncias tóxicas nos processos de produção e nos produtos (14)
- Obras de transposição de barreiras – eclusas e canais (14)
- Proteção das fontes e dos mananciais na área da bacia (14)
- Revitalização/ implantação de infra-estrutura portuária (14)

GESTÃO DO TERRITÓRIO E DO USO DO SOLO

- Classificação de habitats dos rios (15)

- Controle de processos erosivos (14)

- Planícies de inundação alienadas (8)

PARTICIPAÇÃO PÚBLICA

- Implementação de acordos ratificados (9)

- Participação e representatividade de CBHs (2)

- Participação na proteção das águas (8)

EDUCAÇÃO E CAPACITAÇÃO

- Alocação orçamentária para educação ambiental (3)
- Associativismo de aqüicultores na área da bacia (14)
- Nº de homens hora de treinamento oferecido com recursos do sistema/ ano (2)

- Alocação orçamentária para pesquisa ambiental (3)
- Nº total de programas de educação ambiental com foco em recursos hídricos extra-rede escolar (2)

- Extensão na irrigação (8)
- Nº total de programas de educação ambiental com foco em recursos hídricos da rede escolar (2)

TEMAS AGRÍCOLAS

- Terras aráveis e permanentemente cultivadas (1)

- Uso agrícola do solo

TEMAS AMBIENTAIS

- Capital ecológico (24)
- Objetivos das vazões ambientais (8)

- Cobertura de unidades de conservação
- Reflorestamento anual (14)

- Difusão das medidas de conservação ambiental no meio rural (14)

URBANIZAÇÃO E PROCESSOS URBANOS

- Área de aglomerados urbanos
- População em aglomerados urbanos (formais e informais) (1)

- Áreas de habitações informais em aglomerados urbanos e seus arredores
- População vivendo abaixo da linha de pobreza (1)

- Densidade de domicílios

FONTES – (1) CSDI (2001); (2) PERH/SP,2004-2007 (2005); (3) CSIR (2001); (4) ANZECC (2000); (5) EUROSTAT (2003); (6) RECENSEMENT DE L'AGRICULTURE - CANADÁ; (7) EA/UK; (8) CSIRO/ DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AND HERITAGE(2001); (9) UNSD (2001); (10) EEA (2003); (11) PRODES; (12) SIDNEY WATER; (13) ESDI; (14) CIDS; (15) UNDP (2005); (16) EPA (2003); (17) CETESB (2004); (18) OECD (2004); (19) WEF (2005); (20) MANITOBA CONSERVATION (2005); (21) WEG HORST (1996); (22a) PALMER (1965); (22b) PALMER (1968); (23) SCHAFFER e DEZMAR (1982); (24) NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2003); (25) MAGALHÃES e NETTO (2003); (26) MARANHÃO; (27) USDI; (28) TRNEE (2003); (29) THOMAS (2002)

QUADRO 5.5- INDICADORES DE GESTÃO (2/2)

Assim, apesar de aumentarem a compreensão de fenômenos ou processos específicos, quando se trata de um sistema de indicadores para planejamento e gestão de bacias, um grande número de indicadores dificulta a apreensão, pelo gestor, dos fatos indicados, além de aumentar o esforço dispendido com aquisição de dados e os custos de operação e manutenção do sistema. Para cada dimensão, um número de indicadores deve ser selecionado para representar a bacia. Canedo de Magalhães (2006) adverte quanto à dificuldade de um gestor lidar com um número elevado de parâmetros/indicadores e, por essa razão, recomenda que um pequeno número de indicadores integre tal sistema.

O sistemas de indicadores propostos na literatura técnica, os mais importantes já comentados nos Capítulos 3 e 4 desta tese, são eloqüentes sobre as dificuldades enfrentadas quando o número de indicadores ultrapassa doze. Referindo-se ao caso da Austrália e a indicadores de sustentabilidade, Fairweather e Napier (1998) comentam que em muitas áreas importantes, aquela nação não dispõe dos dados necessários, das ferramentas analíticas ou da compreensão científica que permitam a seus pesquisadores afirmar se os padrões atuais de mudança do ambiente natural são sustentáveis e consideram ser prioridade absoluta a melhoria da quantidade e da qualidade dos dados ambientais existentes. É preciso, portanto, que o número de indicadores de tal sistema se mantenha dentro de limites administráveis e, aqui, "administrável" envolve aquisição, manutenção, compreensão e emprego das informações de cada indicador do sistema.

Essas considerações levam ao critério de que o número de indicadores deve ser o menor possível, sem que haja perda dos objetivos perseguidos. E a adoção da estrutura DUVG impõe a paridade de indicadores por dimensão, como critério adicional.

Além disso, os indicadores a serem selecionados devem atender às seguintes condições:

- serem relevantes e originários do espaço de gestão dos recursos hídricos

- serem de fácil determinação ou estimativa confiável, quando não se dispuser de medições diretas, asseguradas a sua validade científica e a disponibilização tempestiva em diferentes situações;
- serem determináveis ou estimáveis para todo o território nacional⁶¹
- serem confiáveis e representativos; ter precisão adequada para as condições vigentes na UPH ou na bacia e compatível com a metodologia de estimativa ou determinação
- permitirem a comparação entre as bacias ou UPHs segundo os mesmos critérios gerais

Outro cuidado recomendado por Canedo de Magalhães (2006) é evitar indicadores que guardem uma correlação muito elevada entre si. De fato, adotar indicadores com alto coeficiente de correlação poderia abrigar redundâncias indesejadas, repetições de um conhecimento já comunicado por meio de um deles. Uma última característica considerada é que os indicadores selecionados tenham sensibilidade para acusar mudanças sem, no entanto, serem afetados pelos “ruídos de fundo”.

Assim, o menor número possível seria quatro (um indicador por dimensão da estrutura DUVG). Todavia, um indicador por dimensão não atende aos critérios fixados. Entre outras restrições, um indicador por dimensão não cobre todo o espaço de gestão e não engloba todos os aspectos relevantes; não permite contemplar a quantidade e qualidade dos recursos hídricos juntamente com a variabilidade das disponibilidades em função dos registros históricos ou intervenções antrópicas na bacia. No caso de bacias virgens, em estado de desenvolvimento primevo, dado que suas disponibilidades são superlativas face aos usos mínimos que ali se registram e às imperceptíveis evidências de degradação, é possível valer-se de apenas quatro indicadores (um por dimensão DUVG). Para bacias desse tipo, as necessidades de gestão são muito reduzidas e o gestor não tem muito o que fazer, a não ser monitorar sua evolução e detectar mudanças. Nos demais casos, esse número não atende às necessidades do gestor.

⁶¹ Esse critério eliminou muitos indicadores com maior nível de elaboração e reduziu a lista de possibilidades. Indicadores como o IQA e o IQR não conseguiram atendê-lo, repetindo-se aqui fenômeno descrito por Anand e Sen (1994) que tiveram que restringir os indicadores que integram o IDH a um pequeno conjunto, por serem os únicos disponíveis em todo o universo de aplicação (os países existentes) do índice que conceberam. A escolha de mais indicadores inviabilizaria a determinação do IDH para um grande número de países e impediria o seu maior objetivo, que é comparar o desenvolvimento das nações.

A escrutinização dos vários indicadores considerados neste trabalho revelou um conjunto de oito indicadores - dois indicadores por dimensão, apresentados nos itens seguintes - capazes de permitir a cobertura do espaço da gestão dos recursos hídricos, atender aos critérios propostos, associar os principais fatores relevantes, capturar a diversidade existente em cada bacia e exprimir a sua identidade única. Mesmo em bacias nos estágios de desenvolvimento maduro ou saturado, oito indicadores ainda exibem sensibilidade para traduzir as suas situações.

Além disso, como o caráter “administrável” de um dado número de indicadores também depende da forma como são apresentados, Escolheu-se apresentá-los em formato tabular e em formato gráfico, como um diagrama de teia, de modo a permitir o acolhimento da diversidade de aspectos que devem ser apreciados e controlados na gestão dos recursos hídricos de uma bacia. Esse tipo de diagrama permite, com uma rápida inspeção visual, a visão do conjunto e a identificação dos indicadores que devem ser melhor examinados, em razão de anomalias locais ou de sua própria evolução reduzindo significativamente o número daqueles que devam ser considerados pelo gestor, conforme adiante se abordará. Ficam assim atendidas as ponderações de Canedo de Magalhães(2006), sem perda do poder de informação do sistema. Em qualquer caso é preciso ter claro que os indicadores representam um encontro consistente, agregador e generalizador da Ciência (inovadora, detalhista, complexa) com a Política (simplificadora, esclarecedora, mobilizadora do poder de transformar) através da Gestão.

A seguir são apresentados os indicadores selecionados para integrar o SINPLAGE

5.4.1. Indicadores selecionados para a disponibilidade

Os Indicadores de Disponibilidade são voltados para estabelecer os estoques de água disponíveis para quaisquer usos presentes ou futuros na bacia. As perguntas essenciais que eles devem responder é: *quanta água existe na bacia, UPH ou sub-bacia submetida a estudos? quanta água pode ser adicionada?*. Os dois indicadores selecionados para representar a disponibilidade são:

- Disponibilidade hídrica alocável (D1)
- Potencial de vazão regularizável (D2)

a. D1 – Disponibilidade hídrica alocável

A determinação da disponibilidade hídrica em um ponto de interesse em uma bacia ou UPH é a primeira e mais premente questão vinculada ao planejamento e gestão dos recursos hídricos dessa bacia ou UPH, constitui o núcleo de toda a gestão de recursos hídricos e tem repercussão direta sobre a pactuação de vazões nos exutórios das UPHs ou sub-bacias com vistas à manutenção da qualidade das suas águas e o suprimento das demandas de água dos usuários outorgados.

A adoção da vazão natural média como representação da disponibilidade hídrica não é satisfatória, pois ela não deixa perceber as interferências humanas e mascara a sazonalidade, as variações interanuais - dispersões intrínsecas aos processos naturais – e os usos da água. As decisões e previsões requeridas pela gestão dos recursos hídricos sobre as disponibilidades hídricas não são adequadamente informadas pela vazão natural média apenas.

Por disponibilidade hídrica total (DHT) em uma seção de um rio entende-se toda a água que a bacia pode ofertar nessa seção, com uma permanência de 95%, desconsideradas quaisquer utilizações ou retiradas de água nessa seção ou a montante dela. A disponibilidade hídrica é uma função da precipitação pluviométrica na bacia, do escoamento superficial, relevo, geologia, cobertura vegetal e outros aspectos hidrológicos e ambientais. Desse modo, a disponibilidade hídrica total corresponde à vazão da série de vazões naturais com uma permanência de 95% do tempo (Q95), determinada a partir da curva de permanência de vazões em uma estação hidrométrica aí instalada (Searcy, 1959; Cole et al., 2003).

Em rios com regularização, a disponibilidade hídrica total (DHT) é a vazão regularizada com 100% de garantia pelo sistema de reservatórios construído e em operação a montante da seção do rio submetida a estudos - Q_{reg}^{62} - acrescida da vazão incremental, com permanência de 95%, do trecho não regularizado da bacia a montante da seção em exame ($Q_{95_{inc}}^{62}$).

Assim, a disponibilidade hídrica total em uma seção qualquer da bacia é dada por

⁶² **Q_{reg}** também é probabilística (embora a dispersão de valores seja menor) dependendo das regras de operação estabelecidas pelo Operador do Sistema.

$$DHT = Q95 \quad (5.1)$$

no caso de rios não regularizados, ou

$$DHT = Q_{reg} + Q95_{increm} \quad (5.2)$$

para os rios com regularização a montante do ponto considerado.

Entretanto a disponibilidade hídrica total, por si só, não informa quanto dela já foi comprometido com extrações do corpo hídrico para diferentes fins. Por isso, escolheu-se para primeiro indicador de disponibilidade hídrica de uma bacia a DISPONIBILIDADE HÍDRICA ALOCÁVEL (D1) que expressa a disponibilidade hídrica em uma seção da bacia pela relação

$$D1 = (DHT - \Sigma c_i) / DHT \quad (5.3)$$

onde

$D1_i$ = disponibilidade hídrica alocável

DHT = disponibilidade hídrica total, sendo

DHT= Q95 em rios sem regularização

DHT= $Q_{reg} + Q95_{increm}$ em rios com regularização a montante da seção i

Σc_i = somatório das vazões consumidas pelos diferentes usos de água a montante da seção da bacia selecionada para estudo

o que permite o acompanhamento das variações da disponibilidade hídrica alocável nos diferentes pontos da bacia e ao longo do tempo.

O indicador de disponibilidade D1 – Disponibilidade hídrica alocável, responde à pergunta básica de todos os gestores de bacias hidrográficas: *com quanta água poderemos contar para atendimento de nossas necessidades pelos próximos x anos?*

Ao responder essa pergunta, o indicador põe de lado outros indicadores menos abrangentes e lança luzes sobre a resposta à pergunta essencial, evidenciando a água com que se conta aos consumos existentes. Considerando-se a disponibilidade hídrica total e os consumos, sinaliza-se que as águas retiradas e retornadas podem ter novas oportunidades de utilização adiante, o que, definitivamente, não pode acontecer

com as vazões consumidas as quais, por isso, afetam a disponibilidade hídrica alocável da bacia.

A disponibilidade hídrica alocável pode ser entendida, de alguma forma, como uma representação de outros indicadores de disponibilidade menos significativos ou pensados em outros termos, dentre os quais podem ser citados: precipitação média anual, coeficiente de sazonalidade, Q_{mt}, Q₉₅, retiradas de águas superficiais, derivações e transposições da bacia e/ou para a bacia; processos de urbanização que acarretem impermeabilização dos terrenos; lançamento de efluentes, retorno de águas usadas para irrigação; regularização de vazões fluviais para geração de energia ou navegação; construção, remoção e sedimentação de reservatórios e bacias de retenção, canalização de rios e de diques marginais; drenagem e restauração de áreas úmidas (“wetlands”). A disponibilidade hídrica alocável, tal como definida neste trabalho, é também indicativa da susceptibilidade às situações de escassez de água.

Os dados necessários para a determinação ou estimativa de D1 podem ser obtidos em diversos locais. Os dados referentes a disponibilidades podem ser obtidos junto à ANA e com os órgãos gestores estaduais; os dados de demanda e consumo podem ser encontrados em publicações, censos e amostragens do IBGE e nos cadastros nacional e estaduais de usuários de recursos hídricos. Adicionalmente podem ser pesquisados bancos de dados dessas instituições, agências governamentais, concessionárias de serviços públicos, estudos de impacto ambiental apresentados para licenciamento de empreendimentos, bem como instituições acadêmicas.

A determinação de D1 é feita a partir da

- regionalização das vazões Q₉₅ para a área desejada,
- determinação do valor de Q₉₅ para a seção escolhida e
- inventário de todos os consumos de água cadastrados a montante da seção.

Na medida em que esses dados não estejam conhecidos, podem ser usadas estimativas das vazões Q₉₅ (como uma fração de Q_{mt} ou a partir de q₉₅⁶³).

⁶³ Q₉₅ = vazão específica para uma permanência de 95%, medida em l/s/km²

A disponibilidade hídrica alocável (D1) pode ser determinada bianualmente. Os dados para sua determinação poderão ser obtidos no Relatório de Conjuntura que a ANA publicará a partir de 2008

O Quadro 5.6 reúne alguns dados básicos, parâmetros hidrológicos e os valores da Disponibilidade Hídrica Alocável para pontos selecionados nas bacias dos rios Tietê, Velhas, Tapajós, Jutai e Verde Grande, tomadas para um breve exame.

Por ele pode-se ver a posição extremamente confortável das bacias dos rios Jutai e Tapajós com D1 de 1,00. Por outro lado, pode-se notar a situação crítica vivida na Bacia do Rio Verde Grande, que apresenta baixos valores de Q95 e onde verifica-se valores negativos para D1. Essa bacia é palco de intensa atividade de irrigação e na foz do rio Gorutuba, por exemplo, foi determinado um valor de -2,82 para D1, sendo que a irrigação responde pela maior parte do consumo de água na bacia a montante daquele ponto.

A situação dramática detectada por D1 na bacia do Verde Grande tem amparo na realidade. Ela tem registrado diversos conflitos por uso da água entre os setores usuários da bacia, já se registraram perdas de produção por falta de água e, pelo menos uma vez, a ANA teve que intervir para instituir racionamento de água. O valor negativo de D1 também é não apenas indicativo de intenso uso de água subterrânea na região, o que também encontra eco nas observações feitas, mas também em episódios de secamento do rio pela conjugação a baixa disponibilidade hídrica com o excesso de uso⁶⁴.

O gráfico da Figura 5.4 permite apreciar os diferentes valores de D1 estimados para a bacia do Rio Tietê. Enquanto a bacia do Tietê se apresenta em situação crítica no seu trecho inicial - o Alto Tietê - onde D1 alcança valores muito baixos (0,04 no ponto 1, a montante da foz do Rio Pinheiros).- e vai melhorando à medida que segue para sua foz no Rio Paraná, (onde D1 alcança o valor de 0,87) no rio Paraíba do Sul D1 se mostra bastante estável ao longo de seu curso, com os consumos sendo repostos pelas vazões incrementais - exceção feita para a região de Barra do Piraí, onde a transposição que serve o Sistema Light (cujo valor varia entre 119,1 e 160 m³/s) responde por uma abrupta queda de D1, só recuperada mais adiante com a entrada dos rios Piabanha e Paraibuna.

⁶⁴ Mais comentários sobre a disponibilidade hídrica no Rio Verde Grande são apresentados no Capítulo 6 desta tese.

A situação do Alto Tietê seria muito mais grave se não se contasse com a transposição da UGRHI 05 (Piracicaba-Jundiaí-Capivari) através do Sistema Cantareira, que aduz 31m³/s para a Região Metropolitana de S. Paulo e a produção de um grande número de poços profundos, adiante mencionada.

As bacias dos rios Jutaí, Tietê e Verde Grande, bem como a do Tocantins-Araguaia se encontram estudadas de maneira mais completa no Capítulo 6 desta Tese, dedicado a aplicações do SINPLAGE.

b. D2 – Relação entre Q_{mlt} e Disponibilidade Hídrica Total (DHT)

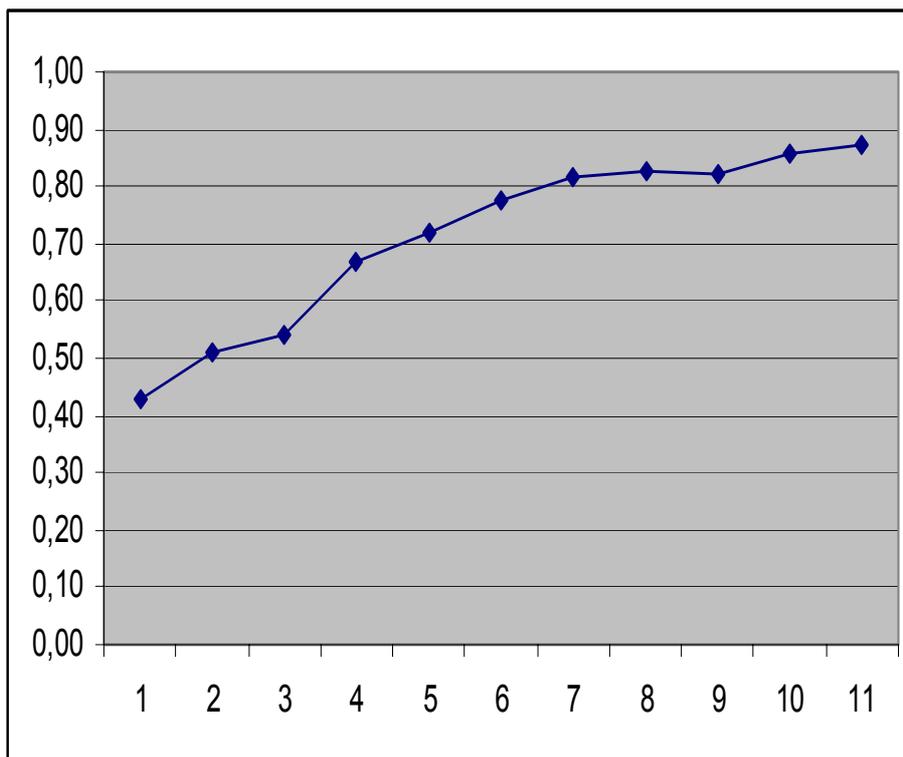
A relação entre a vazão com 95% de permanência e a vazão média de longo período, permite estimar a primeira em função da segunda, na medida em que este índice for conhecido. **A vazão de 95% é um valor característico do comportamento em estiagem de uma bacia** e a vazão média é síntese de todas as vazões ao longo do tempo. A vazão média corresponde à média aritmética das vazões naturais médias diárias observadas durante um dado intervalo de tempo, referida a um mesmo período. Bacias situadas em terrenos arenosos com elevadas porosidade e permeabilidade costumam apresentar valores de Q₉₅ menos distantes de Q_{mlt} do que bacias situadas em terrenos cristalinos ou em climas semi-árido. O indicador D2, portanto, também revela algo sobre o regime de vazões da bacia submetido a exame .

O indicador D2 considera a diferença entre a vazão média (Q_{mlt}) e a disponibilidade hídrica total (vazão regularizada no ponto considerado acrescida da vazão incremental com 95% de permanência) e, em seguida, o normaliza em relação à disponibilidade hídrica total. Assim,

$$D2 = (Q_{mlt} - DHT) / Q_{mlt} \quad (5.4)$$

sendo

$$DHT = Q_{reg} + Q_{95_{inc}} \quad (5.5)$$



LEGENDA

- 1 Início da UGRHI Tietê-Sorocaba
- 2 Tietê a montante do Jundiá
- 3 Tietê a jusante do Jundiá
- 4 Tietê, a montante da foz do Capivari
- 5 Tietê, a jusante da foz do Capivari
- 6 Rio Tietê, a montante da foz do Piracicaba
- 7 Rio Tietê, a jusante da foz do Piracicaba
- 8 Início UGRHI Tietê-Jacaré
- 9 Rio Tietê, a montante do Jacaré
- 10 Rio Tietê, a jusante da foz do Jacaré
- 11 Início da UGRHI Tietê Batalha
- 12 Início da UGRHI Baixo Tietê

Figura 5.4 – D1 - Disponibilidade Hídrica Alocável no Rio Tietê



Figura 5.5
 Bacia do Rio Iguaçu
 Localização dos pontos referidos nos quadros de indicadores

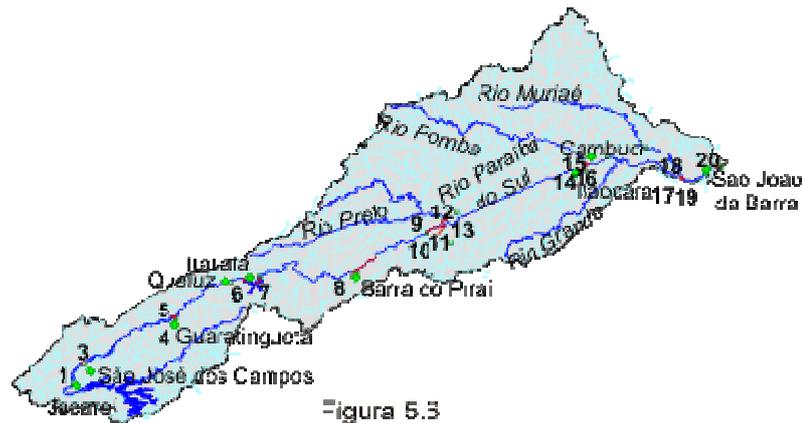


Figura 5.6
 Bacia do Rio Paraíba do Sul
 Localização dos pontos referidos nos quadros de indicadores



Figura 5.7
 Bacia do Rio das Velhas
 Localização dos pontos referidos nos quadros de indicadores

Quadro 5.6 – Valores de D1 para algumas Bacias Hidrográficas

BACIA	PONTO	DISTÂNCIA DA NASCENTE (km)	Retiradas totais r (m³/s)	CONSUMO TOTAL c (m³/s)	DISP HIDRICA* Qreg + Q95incr (m³/s)	D1 (Q95- Σci) / Q95
TIETÊ						
	TTE					
Início da UGRHI Tietê-Sorocaba	4	190,6	136,3	28,4	49,5*	0,43
Foz do Tietê (final UGRHI BT)	20	963,8	225,9	60,6	483,0	0,87
VELHAS						
	VEL					
Rio das Velhas, em Sabará	1	85,0	0,9	0,2	7,3	0,97
Rio das Velhas, a jusante de Belo Horizonte	2	157,6	17,2	3,6	17,7	0,79
Rio das Velhas a montante da foz do Rio Parauninha	4	445,8	19,7	4,9	42,8	0,89
Foz do Rio Parauninha	5	215,0	0,4	0,3	16,6	0,98
Rio das Velhas, a jusante da foz do rio Parauninha	6	449,3	20,1	5,1	59,4	0,91
Foz do Rio das Velhas	7	688,8	21,4	5,9	102,3	0,94
TAPAJÓS						
	TPJ					
Foz do Teles Pires	1		2,9	1,8	1491,1	1,00
Foz do Juruena	2		11,4	8,9	1979,2	1,00
Foz do Tapajós	3		15,4	11,2	5226,2	1,00
VERDE GRANDE						
	VDG					
Rio Verde Grande a montante da foz do Rio Vieira	1	41,92	0,14	0,10	0,06	-0,69
Foz do rio Gorutuba	7	220,84	3,07	2,23	0,51	-3,37
Foz do Verde Pequeno	11	155,06	0,78	0,56	0,32	-0,76
JUTAÍ						
	JUT-01		0,06	0,02	381,3	1,00

D2 também pode ser entendido como um sinalizador do grau de regularização já alcançado e daquele que pode ser atingido. Se Q_{mlt} e DHT tiverem valores muito próximos, D2 será pequeno, indicando que já há pouco espaço para regularização de vazões. Quando não existe regularização na bacia ou no trecho da bacia considerado,

$$DHT = Q_{95} \quad (5.6)$$

Situações como a do Rio Verde Grande evidenciam que D1 não traduz todo o cenário de disponibilidade hídrica da bacia. Na verdade, durante 50% do tempo tem-se vazões iguais ou maiores que Q_{mlt} e, se se dispuser de capacidade de regularização, a disponibilidade hídrica de uma bacia pode crescer significativamente. Um segundo indicador de disponibilidade pode ser de grande valia para informar a distância entre o valor de Q_{mlt} e o de Q_{95} bem como quanto mais pode ser conseguido mediante intervenções adequadas na bacia. Esse segundo indicador é a RELAÇÃO ENTRE Q_{mlt} e DHT (D2)

A vazão média também pode ser entendida como o potencial de máxima regularização da bacia na seção considerada. Na prática esse valor costuma ser limitado a $0,7Q_{mlt}$.

Entretanto se os reservatórios construídos, de um lado, regularizam vazões, do outro podem trazer problemas de outras naturezas. Depois de examinar o balanço disponibilidade x demandas e falta de garantia para os suprimentos destinados a abastecimento de urbano/doméstico de água, para irrigação, industrial e ambiental em várias bacias espanholas, Segura e Yagüe (1995) apontam os seguintes problemas observados na Espanha envolvendo disponibilidades hídricas e o uso de reservatórios:

- Deterioração e uso inadequado de parte da infraestrutura
- Deterioração de canais de água e ecossistema por conta da baixa qualidade das águas e vazões mínimas insuficientes
- Usos conflitantes em períodos de racionamento e em áreas submetidas a esse tipo de restrição de uso.
- Inadequação de medidas de prevenção e controle de cheias e ações defensivas

Esses autores concluem que as demandas por novos reservatórios crescerão, já que a margem de disponibilidade segue se estreitando e impõem medidas

destinadas a economizar e reciclar os recursos existentes, assim como à mobilização de novos volumes para assegurar a disponibilidade (regularização de vazões através de reservatórios). Lembrem que a Espanha perde $1,15 \times 10^6$ t de solo fértil devido à erosão e 65 hm^3 da capacidade dos reservatórios do Estado anualmente em decorrência de assoreamento experimentado por eles (0,2% da capacidade total por ano). Nesse sentido, a presença de faixa protetora de vegetação no perímetro do reservatório reduz o assoreamento e o afluxo de nutrientes no corpo hídrico.

O indicador D2 –RELAÇÃO ENTRE Qmlt E DHT - responde às perguntas *qual a distância entre Qmlt e DHT e quanta água pode-se agregar às disponibilidades alocáveis presentemente, mediante construção de reservatórios e estruturas hidráulicas que regularizem as vazões dos cursos d'água?* Essa pergunta, evidentemente, se apresenta de forma mais aguda quando D1 se reduz e se aproxima de valores críticos.

Quando inexistente regularização na bacia ou no trecho da bacia tomado para estudo, o indicador responde à primeira pergunta e lança luzes sobre o potencial de regularização existente. Quando já há regularização, o indicador busca informar sobre a segunda pergunta.

Como bem situaram Segura e Yagüe (op.cit), o número de reservatórios tende a crescer nas bacias em processo de desenvolvimento e naquelas circunvizinhas. Portanto, associado a D1, o Indicador D2 abraça elementos relativos à relação entre Qmlt, DHT e Q95, à existência de reservatórios, à necessidade/possibilidade de mais reservatórios e à capacidade de reservação em uma dada bacia.

A regularização promovida com o concurso de reservatórios também introduz modificações na morfologia e no regime dos rios, com alterações nas flutuações de nível e repercussões sobre as lagoas marginais, nas vazões de base e nas vazões extremas, cujas quantidade, duração e sazonalidade deixam de acompanhar o que constituía a norma e podem introduzir impactos de outra natureza.

Os dados necessários para a determinação ou estimativa de D2 podem ser obtidos em diversos locais. Os dados referentes Q95, Qreg e Qmlt podem ser obtidos junto à ANA ou com os órgãos gestores estaduais. Adicionalmente podem ser pesquisados bancos de dados dessas instituições, agências governamentais, concessionárias de serviços públicos, empresas operadoras das estruturas hidráulicas

e estudos de impacto ambiental apresentados para licenciamento de empreendimentos, bem como instituições acadêmicas.

A determinação de D2 é feita a partir da regionalização das vazões Q95 e Qmlt para o ponto desejado e dos valores de DHT (soma da vazão regularizada a montante do ponto em estudo com a vazão incremental entre o ponto em estudo e a estrutura de regularização imediatamente a montante desse ponto). Na medida em que esses dados não estejam conhecidos, podem ser usadas estimativas das vazões Q95 (como uma fração de Qmlt ou a partir de q_{95}^{65} e qmlt) e a área de drenagem a montante.

A disponibilidade hídrica pode ser determinada bianualmente. Os dados para sua determinação poderão ser obtidos no Relatório de Conjuntura que a ANA publicará a partir de 2008.

O Quadro 5.7 reúne valores de D2 para alguns pontos das bacias dos rios Paraíba do Sul e Iguaçu, tomadas para um breve exame. As Figuras 5.5 e 5.6 mostram a localização dos pontos estudados respectivamente nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Iguaçu

5.4.2. Indicadores selecionados para a dimensão Usos

A dimensão Usos é o contraponto da Disponibilidade. Ela abrange os vários aspectos associados aos Usos, desde as retiradas de água dos corpos hídricos até a diluição de efluentes, tratando dos aspectos quantitativos e qualitativos.

Toda a bacia ou UPH tem um perfil típico de uso dos recursos hídricos, de acordo com o seu estágio de desenvolvimento e o nível de atividade econômica ali instalado. Em muitos lugares não se dispõe de inventários de usos não consuntivos e consumo de água nas bacias, UPHs ou sub-bacias; a situação melhora quando se trata de dados sobre retiradas de água nesses locais, porém, muitas vezes, uma parte do que se apresenta como retirada é, de fato, uso consuntivo e não há indicações

⁶⁵ q_{95} = vazão específica para uma permanência de 96%, medida em l/s/km².
qmlt = vazão específica de longo termo, também medida l/s/km²

Quadro 5.7 – Valores assumidos pelo Indicador D2 para alguns pontos das bacias dos rios Paraíba do Sul e Iguaçu

PONTO	PONTO	DISTÂNCIA DA NASCENTE (km)	DHT* (m ³ /s)	Qmlt (m ³ /s)	D2**
Rio Paraíba do Sul em S. José dos Campos	PBS-1	276,88	76,713	84,50	0,092
Rio Paraíba do Sul em Guaratinguetá	PBS-5	409,03	99,311	156,46	0,356
Rio Iguaçu a montante da foz do Rio Negro	IGU-1	258,2	33,3	138,2	0,759
Rio Iguaçu a jusante da foz do Rio Negro	IGU-3	274,7	87,1	347,7	0,750
Rio Iguaçu a jusante de Porto Vitória	IGU-5	417,7	327,5	545,3	0,399
Rio Iguaçu a montante da foz do Rio Jordão	IGU-8	581,6	377,0	757,1	0,502
Rio Iguaçu a jusante da foz do Rio Jordão	IGU-10	593,7	517,0	866,0	0,403
Rio Iguaçu a montante da foz do Rio Chopim	IGU-11	732,1	523,0	1043,0	0,499
Rio Iguaçu a jusante da foz do Rio Chopim	IGU-13	736,0	573,9	1238,5	0,537
Foz do Rio Iguaçu	IGU-15	1021,8	590,9	1544,9	0,618

FONTE: Banco de Dados da ANA/SPR

NOTAS: (*)DHT = VAZÃO REGULARIZADA. + VAZÃO INCREMENTAL; (**) D2 = (Qmlt-DISP. HÍDRICA)/Qmlt; (***)Valores de disponibilidade hídrica e Qmlt a jusante de Santa Cecília deduzidos da vazão transposta (119m³/s)

sobre a qualidade das águas retornadas. Usos também envolvem a mudança de qualidade das águas da bacia ou da UPH, mesmo que as quantidades não sejam afetadas. O conhecimento sobre onde, como e quanta água é usada em uma bacia é essencial para o seu planejamento.

A distinção entre retiradas e consumo de água é muito importante. Em algumas bacias, ou em trechos delas, as retiradas podem exceder as disponibilidades enquanto o consumo ainda se mantém abaixo desse limite.

A pergunta essencial a ser respondida pelos indicadores de uso é: *quanta água é usada na bacia, UPH ou sub-bacia submetida a estudos para atender as necessidades das atividades econômicas que ali produzem bens e serviços?* Os dois indicadores selecionados para representar os usos da água são:

- Retiradas totais (U1)

- Relação entre DBOrem e DBOassim (U2)

a. U1 - Retiradas totais em relação a Qmlt

Representa a soma de todas as retiradas de água na bacia. Por retiradas entende-se as abstrações ou remoções de volumes de água das fontes – superficiais ou subterrâneas - existentes para todos os tipos de uso.

A distinção entre retiradas e consumo de água é importante. Em qualquer bacia ou UPH tem-se

$$\Sigma \text{retiradas} = \Sigma \text{consumos} + \Sigma \text{retornos} \quad (5.7)$$

onde

- Retiradas: quantidades de água removidas de um corpo hídrico ou um aquífero para emprego fora deste corpo.
- Consumos: corresponde à parcela das águas retiradas do corpo hídrico que evapora, transpira, é incorporada aos produtos agrícolas ou industriais, absorvida por humanos e gado ou, ainda, pode ser removida do ambiente hídrico imediato e, por isso, não regressa ao corpo hídrico de onde foi extraída. O consumo de água é a diferença entre o volume de água extraído dos corpos hídricos da bacia e o volume de água devolvido.
- Retornos: consistem na quantidade de água que é devolvida aos corpos hídricos da bacia, depois de usadas ou depois de tratamento de modo que ela se torna novamente disponível para um novo uso.

As águas superficiais também podem ser usadas sem extração do corpo hídrico onde se encontram, como no caso de geração de energia, recreação ou navegação, bem como uso ecológico da água para manutenção das funções do habitat (o que inclui preservação da ictiofauna da vida silvestre e da biodiversidade, preservação das áreas úmidas, diluição de prismas salinos e manutenção da zona de mata ciliar ao longo dos cursos d'água).

Vazões transferidas da bacia são retiradas consuntivas de água, enquanto vazões transferidas para a bacia podem ser apropriadas como vazões regularizadas aduzidas à bacia, contribuindo assim para o aumento da disponibilidade hídrica total.

O indicador U1 – Retiradas Totais em relação a Q_{mlt} pode ser entendido como um integrador, sob os conceitos por ele abrangidos, de um amplo conjunto de indicadores com menor abrangência, maior especificidade e voltados para tipos de uso, a saber: consumo urbano per capita (total, superficial, subterrânea); diluição de efluentes per capita; taxa de redução do uso de água per capita (retiradas e consumos); dotação média por ha irrigado na bacia, depleção anual de reservatórios; grau de regularização das vazões; cobertura de saneamento básico (abastecimento de água, coleta e afastamento de esgotos e tratamento de esgotos); MW gerados de energia por km² ou hm³ de reservatório; volumes anuais efetivamente importados (ou exportados)

O indicador U1 – Retiradas Totais em relação a Q_{mlt} busca responder à pergunta *“Quanta água é extraída da bacia para usos “offstream” relativamente à vazão média?”*

As retiradas totais de uma bacia podem ser obtidas em bancos de dados de órgãos gestores de recursos hídricos, como o Banco de Dados da Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, da Agência Nacional de Águas, ou extraídas dos Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas que tenham sido elaborados para a Bacia.

Estimativas de demandas podem ser estabelecidas com base em padrões de usos unitários – urbanos (domésticos, comerciais, serviços públicos e industriais abastecidos por rede pública), industriais (por tipologia de indústria e correlações com o porte – representado pelo número de empregados ou pela produção), rurais e animais e irrigação (a partir de informações do IBGE, Censo Agropecuário o cadastramentos específicos)

A determinação do indicador U1 é feita obtendo-se ou estimando-se o somatório de todos os tipos de retiradas da bacia ou UPH a montante do ponto considerado e dividindo o valor encontrado pela vazão média de longo termo no ponto considerado.

O Quadro 5.8 exemplifica valores do indicador U1 para pontos da bacia do rio Iguaçu.

Quadro 5.8 - Valores do indicador U1 para pontos selecionados no Rio Iguaçu

<i>Ponto</i>	<i>Urbano</i>	<i>Rural</i>	<i>Animal</i>	<i>Industrial</i>	<i>Irrigação</i>	<i>Retiradas Totais</i>	<i>U1</i>
IGU-1	6,892	0,162	0,085	9,260	0,332	16,792	0,12
IGU-3	7,607	0,300	0,249	10,205	0,443	18,804	0,05
IGU-5	7,853	0,393	0,426	10,405	0,512	19,589	0,04
IGU-7	7,874	0,400	0,442	10,441	0,516	19,674	0,03
IGU-10	8,343	0,496	0,664	11,104	0,580	21,188	0,02
IGU-11	8,519	0,577	0,901	11,168	0,624	21,789	0,02
IGU-13	9,040	0,671	1,193	11,781	0,668	23,353	0,02
IGU-15	9,326	0,861	1,779	11,944	0,769	24,679	0,02

b. U2 - Relação entre as cargas de DBO remanescente e assimilável nos corpos hídricos

A DBO avalia globalmente a qualidade da água através da medição de O₂ requerida para a decomposição microbológica, por oxidação da matéria orgânica presente em um corpo hídrico ou amostra de água. É, portanto, uma medida da quantidade de matéria orgânica presente em uma amostra de água ou uma medida da quantidade de oxigênio necessária para que os micro-organismos convertam a matéria orgânica presente em águas poluídas, lamas ou efluentes industriais em inorgânica por meio de processos oxidantes. Ela é determinada em laboratório, em testes padronizados, como a quantidade de oxigênio consumido (mg de O₂ consumidos por 1 l de água amostrada) durante um período de 5 dias a 20° C, pela diferença entre as leituras iniciais e finais do oxigênio dissolvido na amostra.

A demanda bioquímica de oxigênio não é um composto específico, mas traduz um quadro de poluição ambiental orgânica, a ponto do Clean Water Act considerar a DBO como um poluente convencional. Altos valores de DBO podem sugerir a conveniência de verificar a existência de contaminação fecal ou aumento de carbono orgânico dissolvido de fontes não humanas e animais, que podem restringir o desenvolvimento e o uso da água, prejudicando a saúde do ecossistema e tornando necessário tratamentos por vezes dispendiosos

Todos os corpos hídricos possuem uma determinada quantidade de oxigênio livre dissolvido em um dado volume de água a uma dada temperatura e pressão atmosférica. Concentrações adequadas de OD são necessárias para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, especialmente para a vida de peixes e organismos aquáticos, bem como a prevenção de odores ofensivos. Além disso, os ambientes aquáticos possuem uma DBO natural, ligada aos organismos que nele vivem e à matéria vegetal procedente das margens do corpo hídrico.

A escolha da relação carga de **DBOrem/carga de DBOassim** abriga neste indicador o uso dos recursos hídricos para diluição de efluentes e, ao mesmo tempo, uma avaliação da qualidade dos corpos hídricos e da quantidade de água alocada para este fim: ela é uma estimativa da qualidade da água disponível e também uma indicação da eficiência necessária nos processos de tratamento de efluentes. No caso de tratamento de esgotos, o principal objetivo dos processos convencionais é reduzir a DBO de modo que o teor de oxigênio dos corpos hídricos receptores desses efluentes não seja significativamente reduzido, nem que parcelas importantes da vazão desses corpos nos pontos examinados sejam indisponibilizadas de algum modo.

A DBO permite comparar amostras através da medida do oxigênio contido em uma amostra de água em dois momentos (t_0 e t_f – este último cinco dias após o primeiro) mas não oferece medida da concentração de qualquer outra substância em particular. Para o SINPLAGE, escolheu-se como indicador U2 a relação entre a carga de DBO presente em um corpo hídrico em um dado ponto considerado, descontados eventuais tratamentos a que tenha sido submetida (denominada carga de DBO remanescente – DBOrem) e a carga de DBO assimilável (DBO assim) nesse mesmo ponto. Ele responde à pergunta: *Qual a relação existente entre a cargas orgânicas presentes em um dado ponto de um corpo hídrico e a carga máxima admissível nesse mesmo ponto, observados os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 para a classe de enquadramento desse trecho do corpo hídrico?* Essa questão também pode ser formulada como “ *qual a relação existente entre a vazão existente em um dado ponto de um corpo hídrico, onde se registra uma dada carga de DBO, e a disponibilidade hídrica que deveria ali existir para que a concentração de DBO máxima admissível pela resolução CONAMA 357 não seja ultrapassada, observada a classe de enquadramento do trecho do corpo hídrico onde se situa o ponto considerado.*

Os dados relativos a medidas de DBO de corpos hídricos podem ser obtidos juntos aos órgãos gestores de recursos hídricos e órgãos licenciadores ambientais,

concessionárias de serviços públicos de águas e esgotos, responsáveis por reservatórios, prefeituras municipais. Medidas de DBO são regularmente incluídas em programas de monitoramento da qualidade de águas superficiais conduzidos por empresas públicas de saneamento básico e de controle de qualidade ambiental. Levantamentos das condições de saneamento dos municípios, como a PNSB (IBGE, 2002) e o SNIS (Brasil, Ministério das Cidades, 2004) também são importantes fontes de dados, agregados por municípios e concessionárias de águas e esgotos. Planos de recursos hídricos e planos estaduais de recursos hídricos também podem suprir as informações necessárias para determinação do indicador.

A determinação de valores de DBO de corpos hídricos pode ser feita a partir de campanhas de monitoramento e sua extensão para diferentes pontos do corpo hídrico ou por meio de modelagem (dependendo da distribuição de pontos de medição disponíveis). Nesses casos não se mede a carga de DBO produzida (a carga de DBO resultando da concentração x vazão), mas a concentração de DBO, em termos de mg de O por litro de água, que efetivamente é requerida dos corpos hídricos para oxidação da matéria orgânica.

Para regiões em que os valores de DBO não estejam disponíveis para o estudo a ser empreendido ou em um ponto específico, podem ser empregadas estimativas de produção de DBO per capita, no caso de diluição de esgotos domésticos; estimativas por tipologia de indústrias, no caso de efluentes industriais; e estimativas dos valores per capita de populações rurais e unidades equivalentes animais (UEA). Tomando-se as respectivas populações e produções (no caso das indústrias) obtém-se estimativas da carga de DBO produzida, da qual se deduz os tratamentos a que são submetidas (ou decaimentos) chegando-se à carga de DBO remanescente (Crem) que chega aos corpos hídricos para ser oxidada pelo O₂ dissolvido nas águas.

A carga assimilável, por seu turno, é determinada considerando-se o enquadramento do corpo hídrico e os limites admissíveis para a classe correspondente. Para um rio classe 2, por exemplo, a Resolução CONAMA 375 estabelece um limite de 5mg/l de DBO. Então a carga orgânica assimilável, em t/dia é dada por:

$$C_{\text{assim}} = \text{conc} \times Q_i \times 0,0864 \text{ t/dia} \quad (5.8)$$

Sendo

conc= 5 mg/l de DBO_{5,20}

Q_i = a disponibilidade hídrica no ponto i considerado em m³/s (Q95 ou Qreg+Q95increm.- conforme já referido na descrição de D1)

o que equivale a

$$\text{Cassim} = 0,432 \text{ Qi} \quad (5.9)$$

Finalmente, o indicador U2 é obtido por

$$\text{U2} = \text{Crem/Cassim} \quad (5.10)$$

Neste trabalho a auto-depuração dos corpos hídricos não foi considerada. Não obstante, tal efeito pode ser levado em conta mediante uma regra de decaimento ou dos próprios valores quando determinados diretamente ou por modelagem.

A demanda bioquímica de oxigênio abrange e representa indiretamente outras medidas de mesma natureza ou com objetivo próximo, podendo ser mencionadas, entre outras, a concentração de coliformes fecais nas águas, porcentagem de população com instalações adequadas de coleta e tratamento de esgotos, mortalidade infantil, estado nutricional de crianças (águas com tratamento inadequado são responsáveis por numerosas doenças que vitimam ou fragilizam a população infantil), investimentos em coleta e tratamento de esgotos, acesso a água segura.

O Quadro 5.9 reúne valores determinados para o indicador U2 - Relação entre as cargas de DBO remanescentes e assimiláveis em diferentes pontos das bacias dos rios das Velhas e Iguaçu bem como na foz dos rios Jutaí, Teles Pires, Juruena e Tapajós

Quadro 5. 9– Valores do Indicador U2 para diferentes pontos de algumas bacias brasileiras

Ponto estudado		CARGA DBOrem t / dia	CARGA DBOassim t / dia	U2
Bacia do Rio das Velhas				
Rio das Velhas em Sabará	1	4,35	3,14	1,387
Rios das Velhas depois de BHZ	2	194,52	7,66	25,411
Rio das Velhas a montante da foz do Parauninha	4	209,42	18,47	11,337
Foz do Rio das Velhas	7	213,39	44,2	4,828
Foz do rio Parauninha	5	0,9	7,19	0,125
Bacia do Rio Iguaçu				
Iguaçu a montante da foz do Rio Negro	1	126,18	14,38	8,777
Iguaçu a jusante da foz do Rio Negro	3	140,75	37,61	3,742
Iguaçu a jusante de U. Vitória	5	145,41	141,48	1,028
Iguaçu a jusante do Rio Jangada	7	145,89	141,48	1,031
Iguaçu a jusante da foz do Rio Jordão	10	154	223,34	0,690
Iguaçu a montante da foz do Rio Chopim	11	158,14	225,94	0,700
Iguaçu a jusante da foz do rio Chopium	13	167,54	247,92	0,670
Foz do rio Iguaçu	15	174,36	255,26	0,683
Rio Jutai				
Foz do rio Jutai	-	0,42	164,73	0,003
Bacia do Rio Tapajós				
Foz do Teles Pires	-	15,13	644,17	0,023
Foz do Juruena	-	7,04	855,03	0,008
Foz do Tapajós	-	38,07	2257,74	0,017

Notas: (1) Nos valores acima não foi considerada auto-depuração. (2) O Banco de Dados ANA/SPR ainda não acolheu as melhorias nas condições de tratamento de esgotos da Grande Belo Horizonte, razão pela qual U2 se mostrou tão elevado no ponto Rio das Velhas a jusante de Belo Horizonte

A Figura 5.8 reúne em gráfico os valores do indicador U2 - Relação entre as cargas de DBO remanescentes e assimiláveis nos corpos hídricos para diversos pontos da bacia do rio Tietê. No sentido montante-jusante.

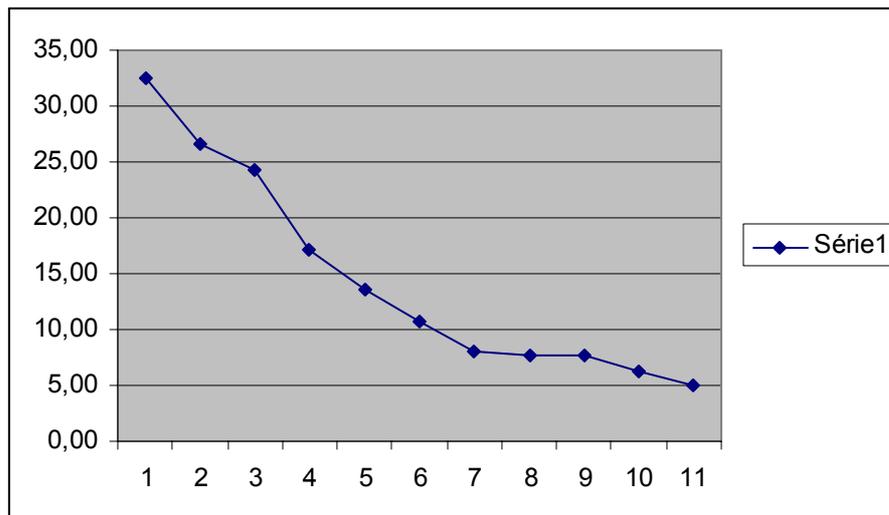


Figura 5.8 - Valores de U2 ao longo do rio Tietê

5.4.3. Indicadores de vulnerabilidades selecionados

A dimensão Vulnerabilidade inclui todas as situações que envolvam fragilidade ou criticidade (potencial ou efetiva) que afetem a bacia hidrográfica quer do ponto de vista da preservação (onde se busca a manutenção e a ampliação da situação de proteção) quanto à degradação (onde o objetivo é recuperar os elementos e ambientes degradados e, assim, melhorar a condição dos recursos hídricos).

Para tanto, considera-se os aspectos dos meios físico, biótico e social, assim como suas interações cruzando-se variáveis naturais e antrópicas. Cada aspecto é analisado do ponto de vista dos elementos benéficos à preservação e daqueles que contribuem para a degradação ambiental da bacia.

Os dois indicadores selecionados para representar a vulnerabilidade de um bacia hidrográfica no SINPLAGE são:

- Área da cobertura vegetal nativa em relação à área total da bacia
- Grau de destinação adequada de resíduos sólidos domiciliares (RSD) produzidos

a. V1- Área da cobertura vegetal nativa remanescente

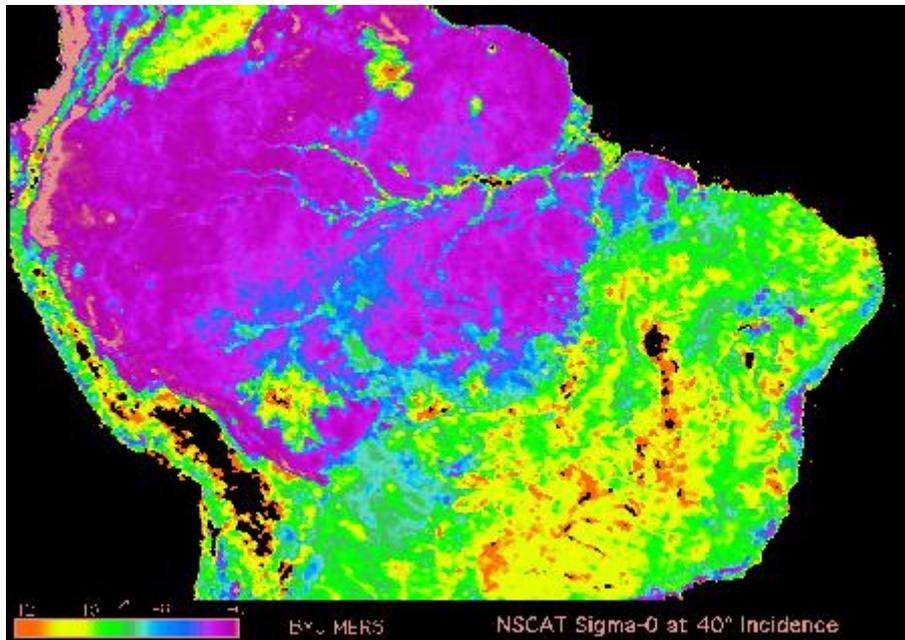
A cobertura vegetal nativa é um importante indicador da estabilidade e integridade da bacia hidrográfica. O arranjo da cobertura vegetal retrata um equilíbrio continuamente construído pelos fatores fisiográficos e climáticos. A ela se contrapõe a vegetação antrópica instalada a partir da intervenção do homem na ocupação do território da bacia em uma seqüência que começa com o desflorestamento (com a extração de madeira), a implantação de projetos pecuários (com queimadas que acabam com o que não foi aproveitado na exploração madeireira) ,e mais adiante, com culturas agrícolas temporárias. Essas etapas de conquista de territórios, genericamente designada de “expansão da fronteira agrícola” leva irremediavelmente à deflagração de processos erosivos, diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial, perda da umidade do solo, rebaixamento do NA, assoreamento dos cursos d’água e, nos locais mais expostos ao processo, à chegada de poluentes e nutrientes aos corpos hídricos e instalação de processos de desertificação. A perda de vegetação nativa está também associada à substituição de ambientes naturais por ocupações antrópicas, das quais a mais notável é o surgimento de cidades e a expansão urbana. A destruição da vegetação nativa também reduz a área total de habitats de espécies e pode contribuir para a perda de biodiversidade e o crescimento anômalo da população de algumas espécies.

Portanto a cobertura vegetal nativa remanescente é uma boa medida da vulnerabilidade global da bacia ou UPH em exame e pode substituir as informações proporcionadas por vários outros indicadores ligados aos fenômenos acima relacionados.

O indicador V1 - **Área da cobertura vegetal nativa remanescente na UPH em relação à área total da UPH bacia** é estabelecido medindo-se a área total de vegetação nativa existente na bacia ou UPH, ou a montante de um ponto examinado e dividindo-se o valor encontrado pela área total da bacia. Ele responde à pergunta *“Quanto, da área total da bacia ou da UPH, se encontra protegida por vegetação nativa e pode, por isso, ser considerada menos vulnerável que as restantes porções da bacia ou UPH que foram desmatadas e antropizadas?”*

A cobertura vegetal nativa existente na bacia em um dado momento pode ser determinada a partir da análise de imagens de satélite ou de estudos anteriores realizados ali. Programas de tratamento de imagens e processamento de imagens são

de grande valia nessa tarefa. Planos de bacia costumam trazer essas informações já processadas na forma de mapas, dos quais se pode extrair a área ocupada pela vegetação nativa em cada UPH.



Fonte: NASA, 2007

Figura 5.9 - Distribuição das principais classes de cobertura vegetal na Amazônia, obtida a partir de dados de radar do NSCAT(NASA Scatterometer).- No mapa, a floresta amazônica aparece em roxo e azul, o cerrado em verde e em amarelo e as plantações e as regiões montanhosas, escarpadas, sem desenvolvimento antrópico se apresentam em preto

O indicador V1 para cada UPH é determinado por

$$V1 = S_{\text{vegnat}} / S_{\text{tot}} \quad (5.11)$$

Onde

V1 = Índice de cobertura vegetal nativa

S_{vegnat} = Área ocupada por vegetação nativa na UPH

S_{tot} = Área total da UPH

O Quadro 5.10, a seguir apresentado exemplifica a aplicação deste indicador para cinco unidades da Bacia do Tocantins-Araguaia. As áreas antropizadas foram

classificadas por segmentação aplicada às imagens de satélite da bacia, com um erro estimado de mais ou menos 5%

Quadro 5.10 – Valores do indicador V1 para algumas UPHs da bacia do Tocantins-Araguaia

UPH	Área da UPH (km ²)	Área de vegetação nativa (km ²)	V1
Alto Araguaia	62.640	12.528,01	0,20
Alto Mortes	42.130	10.032,45	0,25
Alto Tocantins	51.201	10240,20	0,20
Sono	45.687	36549,27	0,80
Submédio Tocantins	26.865	18805,65	0,70

Para identificação das UPHs da bacia do Tocantins-Araguaia, ver capítulo 6 deste trabalho.

b. V2 – Grau de destinação adequada de resíduos sólidos domiciliares (RSD) produzidos

O Século XX viu a produção dos resíduos sólidos crescerem a ponto de constituírem um grande problema com repercussões diretas sobre os recursos hídricos, mormente quando abandonados sem uma disposição adequada, capaz de impedir que cheguem e se misturem aos cursos d'água, em geral pequenos córregos afluentes, contaminando-os com sua carga orgânica e atingindo o lençol freático através da infiltração do chorume e outros líquidos.

No caso da gestão dos recursos hídricos, o inadequado tratamento de resíduos sólidos e sua relação com a quantidade produzida representam importante vulnerabilidade da bacia, pois eles podem não apenas afetar a qualidade dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos mas também contribuir para amplificação dos efeitos de chuvas mais fortes, enchentes, danos materiais e destruição em geral, bem como por em risco a saúde das populações que se servem dessas águas para diferentes fins. O grau de tratamento dos resíduos sólidos, por traduzir a pressão da atividade antrópica, oferece um importante "insight" sobre os padrões de conduta e as

relações que a sociedade estabelecida em uma bacia mantém com os recursos naturais, em particular com os recursos hídricos, e o meio ambiente, sendo, deste modo, um importante indicador de vulnerabilidade

Um dos principais poluentes resultantes da disposição de resíduos sólidos é o chorume, líquido escuro resultante da degradação bioquímica dos resíduos lançados em lixões, aterros não controlados ou nas margens das drenagens que chegam aos corpos hídricos com altas concentrações de compostos orgânicos, alta demanda bioquímica de oxigênio e pH ácido, além de diversos compostos potencialmente tóxicos. Por serem os resíduos sólidos muito variáveis, a composição do chorume também o é, dependendo adicionalmente de outros fatores ambientais, como as condições locais, o tempo de disposição e a forma de operação do aterro, entre outros, podendo apresentar altas concentrações de sólidos suspensos, metais pesados e compostos orgânicos originados da degradação de substâncias metabolizáveis como carboidratos, proteínas e gorduras. O chorume pode se infiltrar com facilidade no solo e alcançar o lençol freático. Sua solubilidade, aliada ao fluxo do lençol d'água, permite que ele se disperse e atinja poços tubulares; e a presença de compostos de alta toxicidade em sua composição pode ter graves conseqüências.

Escorregamentos de lixões depositados nas margens de córregos agravam ainda mais a situação, pois carregam chorume e resíduos diretamente para as águas, entulham-nas com detritos, estrangulando seus canais, quando não os obstruem totalmente. Além disso, a mistura lixo e água produz uma massa fluída com grande poder de erosão das margens do rio, ampliando os desbarrancamentos.



Fonte: UFRRJ(2007)

Figura 5. 10 – Duas situações comuns envolvendo lixo e recursos hídricos: obstrução de pontes e poluição de mananciais

Em suma, os resíduos sólidos são na maioria das vezes acumulados em depósitos caóticos, heterogêneos, sem nenhum tratamento, institucionalizados, que

precisam ser ordenados e administrados e o chorume é muito mais agressivo do que os esgotos lançados “*in natura*” nos corpos hídricos. O crescimento da população, sua concentração nas áreas urbanas e o aumento da produção de lixo *per capita* tornaram os resíduos sólidos uma grave ameaça à saúde pública e aos corpos hídricos. Por essa razão, urge reduzir a geração de lixo e monitorar periodicamente a disposição dos resíduos sólidos em toda a bacia para assegurar-se de sua correta situação..

Nesse sentido, a Cetesb publica anualmente, desde 1997, um Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares (Cetesb, 2004a; 2006) que informa as condições sanitárias e ambientais dos locais de disposição final e tratamento de resíduos sólidos domiciliares nos 645 municípios do Estado de S. Paulo, a partir de inspeções realizadas em cada uma desses locais. Para exprimir essas condições, seus técnicos criaram o IQR – Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos e o IQR Valas (Índice de qualidade de aterros em valas), representados por valores de 0 a 10⁶⁶. Recentemente, durante a elaboração do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim (ANA/Sondotécnica Engenharia de Solos, 2007) determinou-se o IQR para os municípios com sede nessa bacia seguindo a metodologia da CETESB. Tal iniciativa deveria ser estendida a todos os municípios brasileiros e os Planos de Recursos Hídricos deveriam usar esse índice, porém os órgãos ambientais estaduais estão muito longe de poder realizar sistematicamente essas inspeções e publicar seus resultados.

Assim, a alternativa são informações obtidas junto aos municípios sobre a quantidade de resíduos sólidos domiciliares produzida diariamente, a existência de serviços de coleta, a frequência com que ela acontece(quando existe) e a forma de disposição final. A PNSB (IBGE, 2002) e o SNIS (Brasil, Ministério das Cidades, 2003; 2004) são também fontes de dados sobre a situação dos resíduos sólidos de todos os municípios brasileiros. No caso do planejamento e gestão de recursos hídricos a PNSB (Tabela 110 - Quantidade diária de lixo coletado, por unidade de destino final do lixo coletado) juntamente com informações prestadas pelos municípios, pode ser uma fonte de dados quando não for possível inspecionar cada sítio de disposição final de resíduos sólidos domiciliares na bacia. Um último recurso é a estimativa dos RSD gerados per capita em função da população urbana, conforme indicado na Tabela 5.2, mas nesse caso pouco se pode afirmar sobre as condições de disposição final, presumidamente inexistente.

⁶⁶ Valores de IQR entre 0,0 e 6,0 representam condições **inadequadas**; entre 6,1 e 8,0 são indicativos de condições **controladas**; valores entre 8,1 e 10,0 refletem condições **adequadas**

Tabela 5.2 – Estimativa de RSD a partir da produção *per capita* da população urbana

População urbana (hab)	Produção <i>per capita</i> média de RSD (kg/hab*dia)	Desvio padrão
Até 5.000	1,7	1,2
De 5.001 a 10.000	1,5	1,0
De 10.001 a 20.000	1,3	0,8
De 20-.001 a 50.000	1,2	0,6
De 50.001 a 100.000	1,2	0,6
De 100.0001 a 500.000	1,3	0,4
De 500.0001 a 2.500.000	1,1	-

Fonte: IBGE (2002)

Considerados os aspectos acima discutidos, selecionou-se o **Grau de destinação adequada dos resíduos sólidos produzidos** na bacia (ou UPH) definido como segundo indicador de vulnerabilidade (V2) do SINPLAGE. Esse indicador responde à questão “*Dos resíduos sólidos produzidos na bacia ou na UPH, ou a montante do ponto considerado, qual a porcentagem que é adequadamente disposta e, dessa forma, não contribui para a degradação dos recursos hídricos?*”

O indicador é estimado a partir dos dados reunidos sobre a produção e a disposição dos resíduos sólidos na bacia para um dado ponto considerado, através da fórmula:

$$V2 = (RSD_{\text{adisp}} / RSD_{\text{prod}}) \quad (5.12)$$

Onde

V2= Grau de destinação adequada dos resíduos sólidos produzidos na bacia ou UPH tomada para exame

RSD_{adisp} = quantidade de resíduos sólidos que recebe destinação adequada (em aterros controlados ou usinas de compostagem ou incinerados) a montante do ponto considerado em t/dia.

RSD_{prod} = quantidade de RSD produzida na área da bacia a montante do ponto considerado (em t/dia)

O procedimento para estimativa de V2 consiste, então, em levantar as seguintes informações nos planos de bacia, bancos de dados ou em inventários estaduais sobre resíduos sólidos realizados periodicamente ou ainda em inventários de saneamento básico, como o PNSB, para os municípios com sede na bacia:

- a geração de RSD nos municípios situados a montante do ponto em exame,
- a parcela que recebe destinação adequada nos diferentes municípios a montante do ponto considerado.

O Quadro 5.11 reúne, a título de exemplo, valores determinados para V2 para pontos selecionados na bacia do rio Verde Grande.

Quadro 5.11 – Valores do Indicador V2 para pontos selecionados da Bacia do Rio Verde Grande

Ponto selecionado	Quantidade de RSD produzida (t dia)	Quantidade de RSD adequadamente disposta (t dia)	V2
Foz do Vieira	398,65	224	0,562
Foz do Gorutuba	212,34	0	0
Rio Verde Grande a montante da Foz do Gorutuba	485,90	224	0,461
Foz do Verde Pequeno	53,70	0	0
Foz do Verde Grande	751,93	224	0,298

Fonte dos dados relativos à produção e disposição adequada de resíduos sólidos na bacia: PNSB (2002).

5.4.4. Indicadores de Gestão selecionados

A administração dos recursos hídricos compreende, naturalmente, todas aquelas funções típicas de qualquer administração, ligadas ao planejamento, coordenação, controle, organização e tomada de decisão, que se materializam, em geral, nas seguintes atividades:

- Avaliação de potencialidades e disponibilidades de recursos hídricos
- Avaliação de qualidade e enquadramento dos corpos de água
- Estimativas de demandas e usos

- Formulação de planos, programas e projetos
- Avaliação e controle da implantação e operação de sistemas hídricos
- Viabilização da sustentabilidade técnica, econômica e político-institucional das obras e serviços hídricos
- Implantação de sistemas informáticos de recursos hídricos
- Exercício do poder de polícia administrativa
- Controle dos usos da água, através da outorga, cobrança, fiscalização
- Articulação intersetorial e interinstitucional
- Implantação de sistemas de alerta e assistência durante as calamidades climáticas
- Avaliação e monitoramento hidro-ambiental.

De acordo com o critério de paridade entre as dimensões da estrutura DUVG, foram selecionados dois indicadores, cada um encerrando um conjunto de atributos associados entre si e diretamente ligados à gestão dos recursos hídricos:

- Suíte Institucional I
- Suíte Instrumental

a. G1 - Suíte Institucional I

A lei 9433 de 08 de janeiro de 1997 e as leis estaduais correspondentes estabelecem as entidades que deverão responder pela gestão dos recursos hídricos no país e nos estados, bem como os instrumentos que deverão ser usados. A análise do conjunto de leis e resoluções do CNRH, bem como das estruturas administrativas evidencia uma seqüência racional de criação/implantação dessas instituições/instrumentos, a constituição do anterior criando as condições ou representando o atendimento de condições estabelecidas para a criação do subsequente. Tem-se assim um contínuo de realizações, com marcos bem definidos, ao qual se denominou Suíte Institucional I.

O primeiro marco dessa suíte é a existência de um órgão gestor dotado da independência ou autonomia necessária, com uma equipe técnica adequadamente dimensionada em número, formação e capacitação específica. Ele é a semente de toda a gestão de recursos hídricos e deve ser a primeira iniciativa de gestão. Nos rios de domínio da União esta condição se encontra totalmente atendida desde 2000, quando a Agência Nacional de Águas foi criada. Nos rios de domínio estadual a

situação é variada, mas caminha para o atendimento em todos os Estados. Nesse momento da gestão dos recursos hídricos no Brasil, considerou-se atendido o primeiro marco da Suíte Institucional I se o Estado onde se situa a bacia tem um Departamento responsável pelo planejamento e gestão dos recursos hídricos subordinado diretamente a um Secretário de Estado, com autonomia administrativa e recursos financeiros definidos. Exemplos de órgãos gestores em pleno funcionamento são o DAEE-SP, o IGAM (MG), o IEMA (ES) a Superintendência de Recursos Hídricos de Sergipe e a Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte.

No caso de bacias com rios federais e estaduais prevalece sempre a situação mais atrasada pois a velocidade de um comboio é determinada pelo vagão cujas características o tornam o mais lento (Consórcio ICF Kaiser-Logos, 1999c)

O segundo marco é a existência de um CBH constituído e operando na bacia, com diretoria democraticamente eleita e câmaras técnicas. Estágios pré-comitê não são considerados na avaliação. O terceiro estágio de evolução na Suíte Institucional é a existência de um Plano de Recursos Hídricos elaborado e aprovado para a bacia, sem o que o quarto estágio não pode acontecer: a lei 9433 impõe como condições para o estabelecimento da cobrança pelo uso da água em uma bacia a existência de um CBH e de um Plano de Recursos Hídricos para a mesma. A aprovação da cobrança é, por sua vez, pré-requisito para a criação da Agência de Bacia, o quinto e último marco da Suíte institucional I do SINPLAGE. Desse modo, a Agência de Bacia é o coroamento de um processo que dura anos de trabalho continuado no sentido de consolidar a gestão racional, participativa e descentralizada dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica.]

O estabelecimento de G1- SUITE INSTITUCIONAL I é feito de forma objetiva, verificando-se a existência ou não de cada elemento do conjunto. Se o marco correspondente está atendido atribui-se 0,2 pontos; do contrário, atribui-se zero ponto. Soma-se a pontuação atribuída aos cinco itens e esse é o valor de G1. Bacias com todos os elementos da Suíte recebem grau 1,0 para G1. Bacias de rios com dominialidade estadual em estados que ainda não estruturaram minimamente o seu órgão gestor estadual (OGE), não têm CBH, nem plano de bacia (por conseguinte não podem ter os dois outros elementos), têm o valor de G1 igual a zero. Assim, o indicador G1 de uma bacia resulta da avaliação da situação de cada elemento integrante da Suíte, segundo os critérios definidos na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Critérios para determinação do Indicador G1 - Suite Institucional I

Marco	Situação	Pontos
OGE independente	Não existe um órgão gestor independente*, com autonomia orçamentária	0,00
	Há um OGE, independente e capacitado	0,20
CBH constituído	Inexistente	0,00
	Existe um Comitê formado há mais de 2 anos, que congrega os principais atores da bacia, com diretoria eleita e câmaras técnicas operando, que discute e delibera sobre temas de interesse para a bacia	0,20
Plano de bacia elaborado e aprovado	Não há Plano de Recursos Hídricos da bacia aprovado pelo CBH	0,00
	Plano aprovado, em implementação	0,20
Cobrança aprovada	Inexistente	0,00
	Aprovada pelo CBH	0,20
Agência instalada e cobrança operacionalizada	Inexistente	0,00
	Criada há mais de 1 ano e operacional	0,20

- **PENALIZAÇÃO:** Bacias que possuem CBHs há mais de 5 anos e com PRH já desenvolvido e aprovado, em cuja bacia tenham sido registrados eventos críticos ou de poluição ambiental no ano avaliado (inundações recorrentes, vazamentos de reservatórios ou diques de contenção, rupturas de diques e barragens, etc.) com rebatimento sobre os recursos hídricos sofrem uma penalização de:
 - 30% na primeira ocorrência
 - 50% nas ocorrências seguintes do mesmo tipo que tenham lugar até 540 dias depois da primeira..

Valores da Suíte Institucional I determinados para diferentes bacias do país se encontram reunidos no Quadro 5.12

Quadro 5.12 – Valores do Indicador G1 - Suíte Institucional I - para diversas bacias e UPHs

Bacia	UPH	OGE	CBH	PRH	Cobrança	Agência	Sum	Pen	Valor G1
Jutaí		0,20	0	0	0	0	0,20	-	0,2
Tapajós		0,20	0	0	0	0	0,20	-	0,2
Juruena		0,20	0	0	0	0	0,20	-	0,2
Teles Pires		0,20	0	0	0	0	0,20	-	0,2
Verde Grande		0,20	0,2	0	0	0	0,4	-	0,4
Doce		0,20	0,2	0	0	0	0,4	-	0,4
Paraíba do Sul		0,20	0,2	0,2	0,2	0,2	1,00	Sim(2)(4)	1,0
Tocantins(1)		0,20	0,0	0,0*	0	0	0,2	-	0,2
Tietê	A.Tietê	0,20	0,2	0,2	0	0,2	0,8	Sim(3)(4)	0,8
	PCJ	0,20	0,2	0,2	0,2	0,2	1,00	-	1,0
	Tietê-Sorocaba	0,20	0,2	0,0	0	0	0,4	-	0,4
	Tietê-Jacaré	0,20	0,2	0,0	0	0	0,4	-	0,4
	Tietê-Batalha	0,20	0,2	0,0	0	0	0,4	-	0,4
	Baixo- Tietê	0,20	0,2	0,0	0	0	0,4	-	0,4

Notas: (1) O Rio Tocantins tem um Plano Estratégico de Recursos Hídricos sendo iniciado;(2) Paraíba do Sul passível de penalização por conta de dois acidentes ambientais (vazamentos de barragem de rejeitos no mesmo local em menos de 3 anos); (3) Alto Tietê passível de penalização do valor de G1 por conta das recorrentes enchentes na RMSP que tantos prejuízos acarretam para os moradores. (4) A penalização aplicável às Bacias do Alto Tietê e do Paraíba do Sul foram relevadas por se tratar da primeira edição SINPLAGE.

b. G2 - Suíte Instrumental

Os instrumentos de gestão preconizados na lei 9433 representam ferramentas indispensáveis para a gestão e acolhe-los representa reconhecer essa importância.

A Suíte Instrumental funciona nos mesmos moldes da Suíte Institucional I, correspondendo a uma avaliação da existência e funcionamento dos instrumentos de gestão preconizados na lei 9433. Em síntese, a suíte instrumental afere se os instrumentos de gestão previstos em lei estão operacionais para a bacia. Ela examina os Instrumentos Outorga, Enquadramento, Plano de Recursos Hídricos e Sistema de

Informações sobre Recursos Hídricos de forma objetiva (existe e funciona ou não existe/não atende às necessidades).

No caso do enquadramento, que deve ser formulado nos planos de recursos hídricos como meta, o olhar se dirige para a existência e implementação de um programa de efetivação, como previsto na Resolução CONAMA 357, mais especificamente para o seu progresso, verificando-se a efetividade do enquadramento proposto.

O estabelecimento de G2- SUÍTE INSTRUMENTAL é feito percorrendo-se cada instrumento de gestão e verificando-se em que estágio se encontra o mesmo.. Caso ele se encontre operacional, atribui-se 0,2 pontos; do contrário, passa-se ao instrumento seguinte.

No caso particular dos instrumentos PRH e Cobrança, que já entraram na Suíte Institucional, o exame não se dá do ponto de vista da existência ou inexistência (já promovido na Suíte Institucional I);. Para o PRH, a avaliação se direciona para o progresso na implementação (verifica-se se sua implementação está de acordo com o programado no próprio plano ou suas revisões, situação em que se contabiliza 0,2 pontos para o instrumento) e a Cobrança é apreciada em termos do grau de adimplência verificado (em termos de valor cobrado e não de usuários outorgados). Se o grau de adimplência é igual ou maior a 85% atribui-se 0,2 à operação do instrumento e na hipótese do nível de adimplência ser menor que 85% o instrumento recebe zero pontos.

O valor final do Indicador G2- Suíte Instrumental será dado pelo somatório dos pontos atribuídos a cada instrumento. O Quadro 5.13 a seguir apresenta a aplicação dos critérios e determinação do valor da Suíte Instrumental para a Bacia do Paraíba do Sul.

Quadro 5.13 – Bacia do Paraíba do Sul - Suíte Instrumental⁶⁷

Item da Suíte	Avaliação	Pontuação
Plano	Sim. Acaba de ser aprovado pelo CEIVAP um novo plano. O plano anterior não foi integralmente cumprido. A nota atribuída beneficia a bacia pelo fato de o novo Plano estar sendo iniciado agora.	0,2
Outorga	Sim. A ANA é a responsável pelas outorgas	0,2
Cobrança	Apesar de aprovada em 2001, a inadimplência alcança cerca de 10% do valor a ser arrecadado. A CSN – a maior usuária das águas do rio Paraíba do Sul – ingressou com ação contra a cobrança e vem depositando em juízo (o que tecnicamente não se configura como inadimplência, mas na prática resulta em uma receita efetivamente disponível inferior ao que deveria ser arrecadado)	0,0
Enquadramento	Ainda não foi objeto de qualquer deliberação. Não há metas de enquadramento propostas no PRH recentemente aprovado e não existe programa de efetivação	0,0
Sistema de Informações sobre a Bacia	Apesar de existirem diversos bancos de dados sobre temas específicos da bacia (CNARH, HIDROS, etc.) eles estão longe de constituir o Sistema de Informações sobre os Recursos Hídricos da Bacia. OS três estados se encontram em níveis diferentes de apropriação e manejo das informações existentes sobre a bacia.	0,0
TOTAL RIO PARAÍBA DO SUL		0,4

5.4.5. Fluxograma de determinação dos indicadores do SINPLAGE

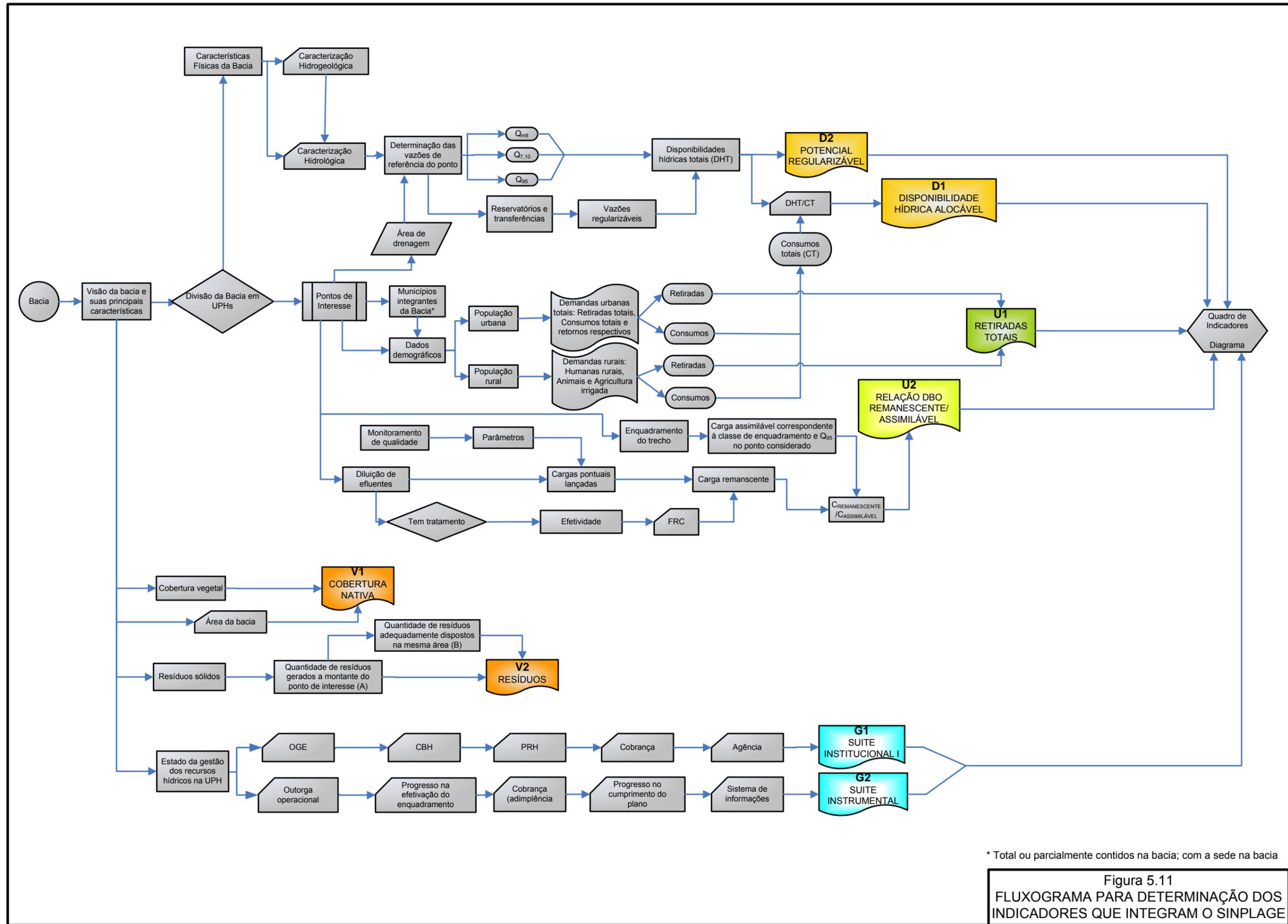
A Figura 5.11 resume os caminhos a serem percorridos para a determinação dos diversos indicadores do SINPLAGE, nos termos expostos nos itens 5.4.1 a 5.4.4.

5.5. A Consideração da Espacialidade e da Temporalidade no Sistema de Indicadores

A lei 9433 preconiza que a unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos é a bacia hidrográfica. A aplicação dessa determinação tem, todavia, despertado/enfrentado uma série de situações que evidenciam dificuldades de diversas naturezas.

A primeira e mais importante é que **as bacias não são homogêneas**. Portanto, o primeiro acolhimento da variabilidade espacial e agregação/desagregação das feições de interesse para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos de uma bacia se alimenta do **reconhecimento dos trechos homogêneos existentes na bacia**. As características físicas (principalmente aquelas ligadas aos recursos

⁶⁷ Pontuação estabelecida para a bacia como um todo



hídricos), a ocupação do espaço e as atividades antrópicas nelas se manifestam diferentemente (em quantidade e em qualidade) e a conjugação dessas feições conduzem ao reconhecimento das aqui denominadas Unidades de Planejamento Hídrico (UPHs), às quais se aplicam tratamentos próprios e para as quais cumpre estabelecer indicadores. As bacias do Paraíba do Sul e a bacia do Tocantins-Araguaia exemplificam muito bem esse primeiro componente da espacialidade.

Um segundo fator é a **dominialidade** que, quando combinada com essas diferenças localizadas, alimenta a subdivisão das bacias segundo critérios influenciados por fatores políticos que têm levado a visões fragmentadas e independentes em vez de serem compreendidas como partes de um todo.

Isso pôde ser observado na divisão do Estado de S. Paulo em UGRHIs, na dificuldade dos CBHs dessas UGRHIs pensarem não apenas a UGRHI isoladamente mas a UGRHI na Bacia a que pertence e na desconsideração, em mais de um plano de recursos hídricos dessas UGRHIs, das contribuições de montante ou do trecho não paulista da bacia(Consórcio JMR-Engecorps, 2005a; 2005d). Foi também percebido nas reações e comentários oferecidos à divisão do território nacional em bacias hidrográficas, constante do Subprograma I.4 que integra o Plano Nacional de Recursos Hídricos, durante o Seminário realizado em Brasília, de 21 a 23MAR07 Manifesta-se na reivindicação dos CBHS dos afluentes mineiros em realizarem seus Planos de Recursos Hídricos de forma independente do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce, cujas águas correm em Minas Gerais e no Espírito Santo (Maranhão2005)

A dominialidade é uma das muitas manifestações de uma mal resolvida concepção federativa. Em bacias onde o rio principal e alguns rios secundários são de dominialidade federal e as sub-bacias são de dominialidade estadual tem-se verificado que os CBHs das bacias estaduais possuem prioridades diferentes e até competem com o CBH da porção federal da bacia, que devia ser o integrador dos diversos comitês da bacia. A idéia da bacia como unidade de planejamento é comprometida pelos CBHs das sub-bacias afluentes que, em muitos casos se vêem e atuam como enclaves autônomos.

Um terceiro modo de olhar a espacialidade é através da **agregação de informações** (por bacias, sub-bacias, unidades de planejamento hídrico, municípios

e/ou estados) para os tratamentos estatísticos pertinentes e primeira avaliação de indicadores.

O reconhecimento de UPHs como regiões homogêneas em uma bacia hidrográfica é um passo necessário para o correto planejamento e gestão dos recursos hídricos da bacia e deve ser empreendido nas primeiras etapas de estudos, não sendo admissível, entretanto, que se perca de vista a unidade da bacia na diversidade de aspectos que a constituem e a condicionam.

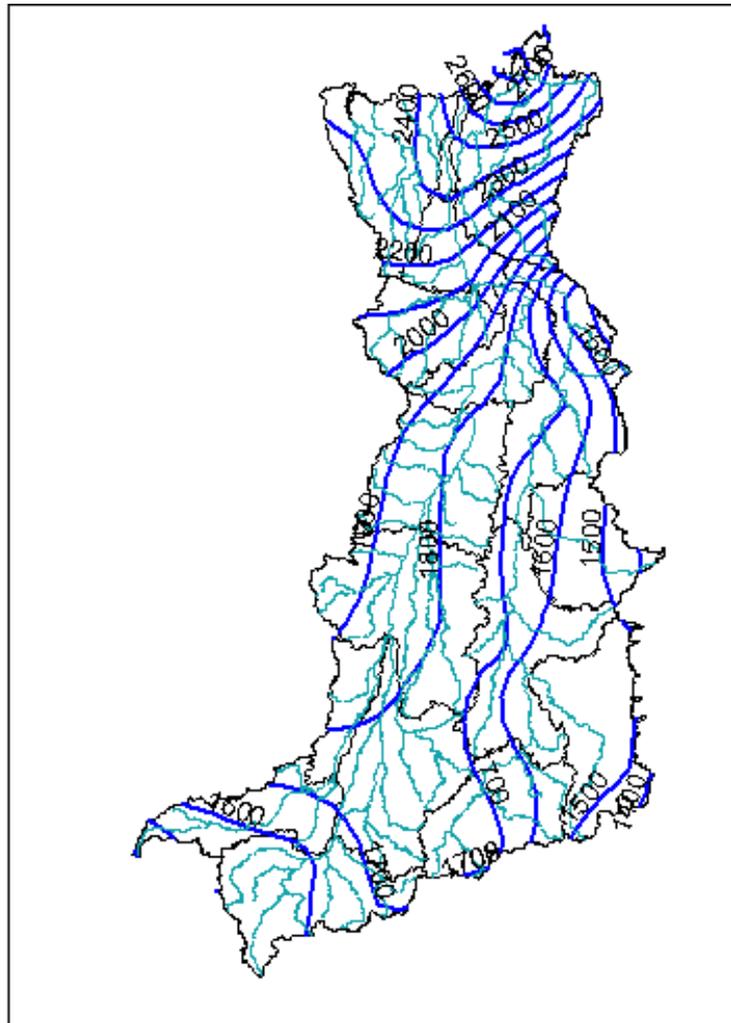
Há numerosas razões para que a espacialidade seja considerada. Dentre as principais, podem ser lembradas:

- A disponibilidade hídrica, em termos quantitativos, qualquer que seja o parâmetro ou o indicador eleito para descrevê-la, não é a mesma em todos os pontos da bacia. A precipitação pluviométrica varia em intensidade e regime; o escoamento superficial e a infiltração dependem da geologia, da pedologia, da cobertura vegetal e da geomorfologia. Os métodos usados para estender as séries de medidas das estações pluviométricas e fluviométricas a diferentes pontos da bacia passam por estabelecer regiões homogêneas quanto ao comportamento hidrológico. A Figura 5.12 apresenta, a título de exemplo, as isoietas para a região hidrográfica Tocantins-Araguaia (Antunes, 2007) permitindo perceber como a precipitação varia nessa bacia.
- Os usos de água que, mesmo sem envolver retiradas ou extrações de água dos corpos hídricos, podem impor mudanças no regime de vazões em um trecho da bacia, por conta da implantação de estruturas hidráulicas, necessárias para operacionalização desses usos. Isso altera o quadro de disponibilidades hídrica a jusante desses pontos, originalmente estabelecido com base nas vazões naturais.
- Os usos de água que extraem vazões dos corpos hídricos em pontos determinados da bacia, com consumo total ou parcial, como o abastecimento urbano de água⁶⁸, a irrigação e, num extremo, as transposições de bacias, estas últimas responsáveis por mudanças radicais no quadro de disponibilidades.
- Os lançamentos de efluentes nos corpos hídricos, que representam retornos de vazões extraídas noutros pontos e modificam a qualidade das águas (pelo

⁶⁸ O retorno de 80% das retiradas feitas para abastecimento urbano de água é um valor médio usado a miúdo em estimativas dessa natureza.

menos em um trecho a jusante do ponto de devolução) podendo torná-las impróprias para certos usos nesses trechos, dependendo das concentrações do efluente.

- As restrições e regulamentações dos corpos hídricos da bacia, resultantes da construção de estruturas hidráulicas e do respeito a necessidades de outros usuários
- As susceptibilidade ou fragilidades a ações da dinâmica externa do planeta (intemperismo, erosão, assoreamento), natural ou acirrada por atividades antrópicas, que afetam a qualidade das águas para determinadas finalidades.
- As características morfológicas e de habitat dos diversos corpos hídricos que fazem parte da bacia.



Fonte: Antunes (2007)

Figura 5.12 - Isoietas anuais na região hidrográfica Tocantins-Araguaia (valores em mm)

A temporalidade também precisa ser acolhida. Há processos e fenômenos sazonais, intra-anuais, interanuais e plurianuais, assim como certos locais estão sujeitos a usos sazonais e a variações no sentido, taxa evolutiva, amplitudes e velocidades, todas dependentes de uma ampla gama de fatores. A temporalidade confere novos matizes à espacialidade.

Por último, cabe lembrar que, mesmo se apresentando aos olhos do gestor em boas condições de desenvolvimento, uma bacia pode exibir, localmente, pontos críticos, demandantes de intervenções de porte permanentes ou emergenciais sobre os problemas identificados. A UGRHI Alto Tietê, na Bacia do Tietê, é um exemplo dessa situação.

5.6. A Representação Tabular e Gráfica do Sistema Proposto

O SINPLAGE pode se manifestar de forma tabular ou gráfica.

A forma tabular consiste em uma tabela ou planilha que possui nas colunas os diversos indicadores e nas linhas os diversos pontos selecionados para determinação dos indicadores na bacia ou UPHs (pontos de estudo), em geral as fronteiras de UPHs reconhecidas ou pontos selecionados de alocação de água. Exemplos da forma tabular de representação dos indicadores em pontos de estudo da bacia são apresentados no Capítulo 6 desta Tese

A segunda forma reúne, em um diagrama de teia, os indicadores determinados para um ponto qualquer de uma bacia, mediante a plotagem do valor do indicador ou emprego do indicador normalizado, já que, no diagrama de teia, a distância radial do centro à região periférica varia de 0 a 1 (ou de 0 a 100%, como nos diagramas que constituem as Figuras 5.13 a 5.16).

Um diagrama de teia (também designado como diagrama de radar, por sua forma semelhante às telas de radar) é um gráfico bi-dimensional capaz de representar três ou mais variáveis por eixos que partem de um mesmo ponto em diferentes direções. Eles permitem uma avaliação visual do estado ou nível de performance de vários indicadores simultaneamente. Eles delimitam um espaço conceitual ao longo de seus múltiplos eixos, ao longo dos quais podem ser plotados os dados pertinentes. No caso em tela, os eixos correspondem aos vários indicadores que integram o SINPLAGE.

Para um dado ponto selecionado de estudo de uma bacia são plotados em cada eixo os valores correspondentes aos indicadores que, em seguida, são ligados e originam um polígono, que representa um perfil composto da situação do planejamento e gestão dos recursos hídricos naquele ponto da bacia, permitindo uma apreciação conjunta e simultânea dos indicadores representativos de fatores relacionados com a planejamento e gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica. Por convenção, um ponto, de qualquer eixo, situado muito próximo do centro do diagrama e origem de todos os eixos é um valor baixo ou uma situação indesejada para o indicador; de forma semelhante, pontos da periferia do diagrama são situações desejadas. Isso pode obrigar, em alguns casos, à normalização dos valores de alguns indicadores que integram o SINPLAGE.

A Figura 5.13 reúne, em um diagrama de teia, os indicadores para um ponto teórico de uma bacia imaginária. Nela é possível identificar três envoltórias: aquela de cor verde, denominada envoltória de metas (EM), que passa pelos valores que os indicadores selecionados deverão assumir no estado de “fim de plano” para a dimensão considerada, de acordo com as metas estabelecidas no PRH da bacia; a segunda envoltória, denominada envoltória de valores críticos (EVC) e representada pela poligonal fechada de cor vermelha, corresponde aos valores mínimos que os indicadores podem assumir, abaixo dos quais são considerados críticos, isto é, algo absolutamente indesejado e inadmissível, também explicitado no mesmo PRH; e o terceiro corresponde à envoltória dos indicadores determinados em um instante t de observação, durante a vigência do Plano de Recursos Hídricos da bacia, designada envoltória do período reportado (EPR).

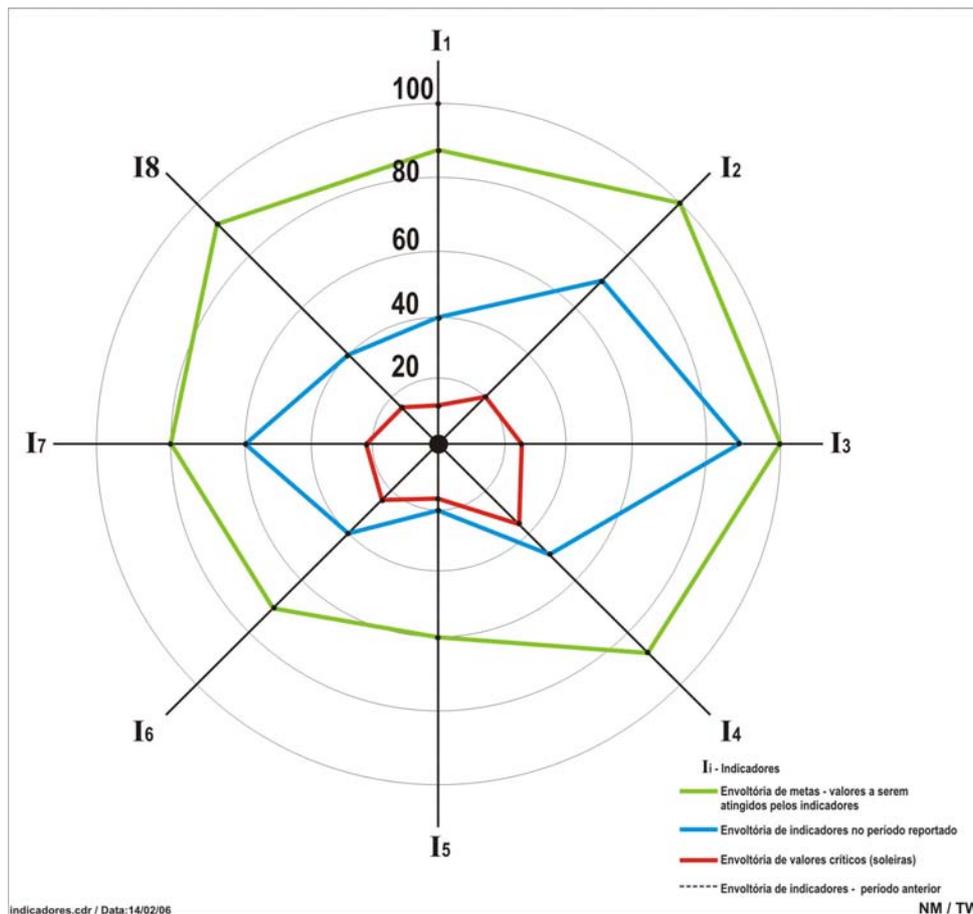


Figura 5.13 - Diagrama de teia para indicadores integrantes do SINPLAGE de uma bacia imaginária

A representação gráfica tem inúmeras vantagens sobre a representação tabular, isto é, por matriz de valores dos indicadores, a maior delas sendo a de permitir, mediante uma simples inspeção visual, determinar onde estão as anomalias e redirecionar as atenções do gestor para as mesmas, abstraindo-se dos indicadores que estão bem. Isso significa reduzir mentalmente o sistema de indicadores a um subsistema, restrito aos indicadores cujos resultados se apresentam fora do intervalo aceitável ou desejado, isto é, administrar a exceção, reduzir significativamente o número de indicadores que devem receber um tratamento mais detalhado para compreensão do que está ocorrendo e informar a decisão sobre as medidas corretivas ou remediativas que devem ser tomadas. No caso da Figura 5.13, o indicador I5 se apresenta muito próximo do seu valor crítico, seguido de I4 e I6, enquanto os demais estão a distâncias confortáveis dos limites críticos. O quadro assim desvelado recomenda uma ação corretiva ou uma concentração de recursos (físicos, financeiros ou humanos) em atividades que melhorem I5, afastando-o da proximidade desse valor crítico. Ações semelhantes, porém com intensidade menor, são igualmente

recomendáveis para ações/intervenções que melhorem I4, I6, I8. Para I1, I2, I3 e I7 a recomendação é no sentido de manter o ritmo e a intensidade das ações ligadas a esses indicadores, mantendo seu crescimento em direção aos valores meta (li_{meta}). A presença das três envoltórias de indicadores no mesmo gráfico possibilita a análise integrada dos mesmos face às metas e a limites inferiores admissíveis e a consideração do sistema de indicadores referentes à dimensão considerada. O exame das quatro dimensões que integram a estrutura conceitual proposta permite a análise integrada e sistêmica da bacia através do sistema de indicadores proposto.

As figuras 5.14. a 5.16 oferecem a exame três diagramas de teia, cada um correspondendo a uma situação teórica instalada em uma bacia imaginária, submetida a tensões e para a qual foram determinados indicadores de uma determinada dimensão⁶⁹.

O primeiro caso (Figura 5.14), pelas posições relativas das três envoltórias, é indicativo de uma bacia em excelentes condições na dimensão sob exame ou cujo estágio de desenvolvimento ainda tensiona pouco os recursos hídricos, como se desprende da proximidade relativa das envoltórias de metas estabelecidas (EM) e de indicadores verificados no período reportado (EPR). Pode-se notar a proximidade relativa dessas duas envoltórias, sendo que os indicadores I5 e I6 até excederam as metas correspondentes e os indicadores I1, I2, I3, I6 e I7 praticamente coincidem com os valores das metas a que se referem ou se encontram a menos de 10% dos mesmos. A inexistência de uma envoltória do período anterior deve significar tratar-se do primeiro relatório desse tipo. Esse conjunto de evidências sugere um pouco mais de atenção e concentração de recursos sobre os fatores descritos por I4 e I8, um pouco mais atrasados em relação às metas e a manutenção das demais ações gerenciais em curso.

⁶⁹ A escolha um ponto de uma bacia teórica foi feita para facilitar as exemplificações nesse documento.

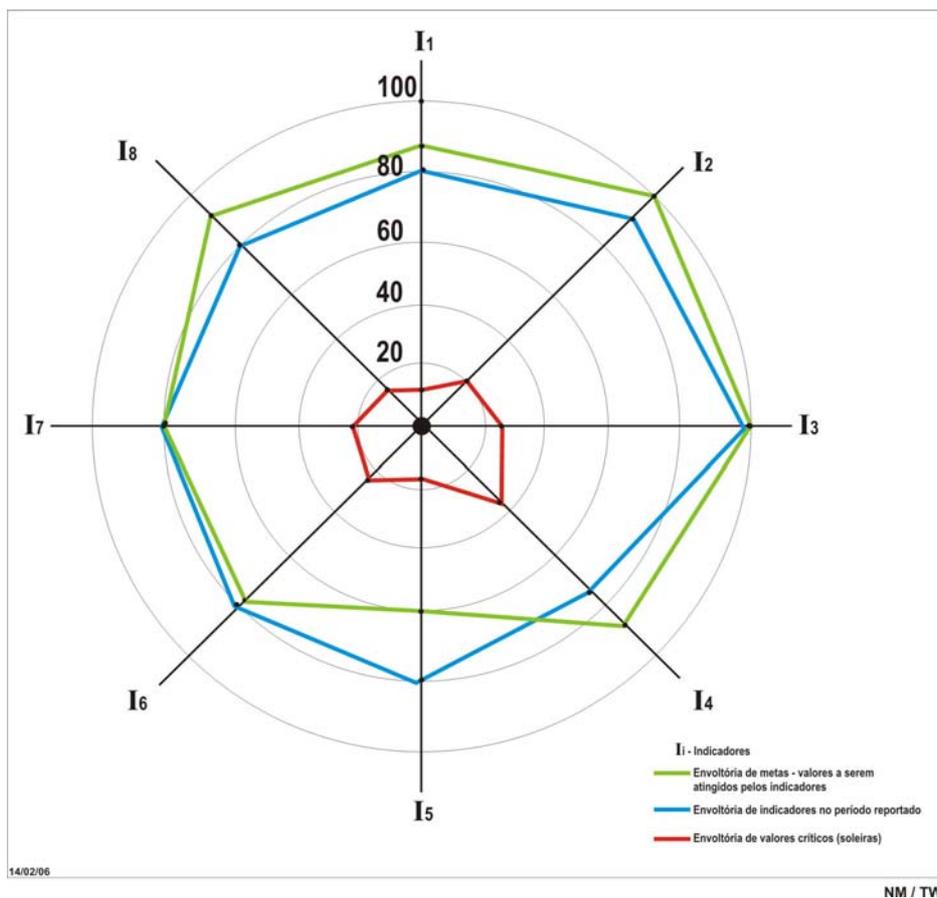


Figura 5.14. Diagrama de teia de uma bacia teórica

A Figura 5.15. mostra uma bacia em boas condições, ainda que não tão notáveis como a da Figura 5.14., indicando uma bacia algo mais tensionada no que respeita aos seus recursos hídricos, mas certamente sob uma gestão eficaz, como atesta a envoltória dos indicadores no período reportado (EPR), bastante distante da envoltória de valores críticos (EVC) para esses indicadores e sua proximidade da envoltória das metas, que reúnem os valores a serem atingidos pelos indicadores no horizonte de tempo fixado por seus gestores. Nessa figura também está presente uma outra envoltória, caracterizada por uma linha pontilhada, que une os valores registrados no período imediatamente anterior ao reportado para os indicadores representativos da dimensão considerada na bacia (EVA). Ele permite apreciar como as ações/intervenções realizadas (ou não) no período reportado afetaram os indicadores e a evolução verificada no intervalo definido por esses dois momentos.

Pode-se notar, por exemplo, que I2 experimentou significativo avanço (cerca de 35 pontos percentuais) – o mais notável no período e aproximando-se muito da meta determinada - provavelmente resultante de uma concentração de esforços e recursos (humanos, físicos e financeiros) sobre questões que influem no valor desse indicador.

Isso provavelmente é consequência de uma decisão dos gestores da bacia no sentido de promover ações na área representada por esse indicador, que exibiu a performance mais baixa relativamente à meta fixada. Também merecem registro:

- A pouca variação de I5, I6 e I3, com os valores dos dois primeiros praticamente coincidentes com as metas respectivas, denotando que a gestão dos recursos hídricos cuidou para que os aspectos associados a esses indicadores fossem objeto de um trabalho tático de manutenção dos resultados obtidos no período anterior.
- Os progressos de I1 e I8, embora não tão notáveis que os de I2
- Os recuos observados em I4 e I7

As condições retratadas sugerem que, no próximo período, os gestores da bacia se concentrem em dois dos oito indicadores selecionados. A breve apreciação conduzida permite recomendar que a atenção dos gestores da bacia seja dirigida para os aspectos que influem no valor dos indicadores I7 e I4, concentrando o foco da gestão onde ela precisa ser exercida com mais intensidade, avaliando as causas e ações alternativas, tomando decisões, concentrando recursos, etc.

O terceiro caso, representado pela Figura 5.16, traz a exame uma bacia com graves problemas de gestão dos recursos hídricos, situação diametralmente oposta à revelada pela Figura 5.15, provocada por uma ocupação intensa ou por uma gestão inexistente ou muito frágil. Nela, os pontos correspondentes aos indicadores na EPR (envoltória dos indicadores do período reportado) se mostram muito próximos dos pontos da EVC (envoltória de valores críticos) referentes a esses mesmos indicadores e muito distante dos pontos da envoltória de metas – valores a serem atingidos por esses indicadores ao final do horizonte do plano. Os valores de I2 e I6 revelam-se os mais críticos: o primeiro se localiza sobre a envoltória de valores críticos enquanto o segundo se situa dentro da zona crítica. Os valores determinados para os demais indicadores no período reportado revelam que ainda se encontram muito distantes daqueles fixados como metas.

A comparação com a envoltória do período imediatamente anterior (EPR_{t-1}) também é bastante esclarecedora. Pode-se constatar que quatro indicadores pioraram (I1, I2, I6 e I8), dois praticamente não exibiram variação (I3 e I7) e só dois melhoraram (I4 e I5). A recuperação de I4 foi importante no período reportado (avançou cerca de 20 pontos percentuais), pois ele saiu da zona de valores críticos; em compensação I6

e I2, que no período anterior não estavam na zona crítica, pioraram sensivelmente, sendo que o primeiro ingressou na zona crítica.

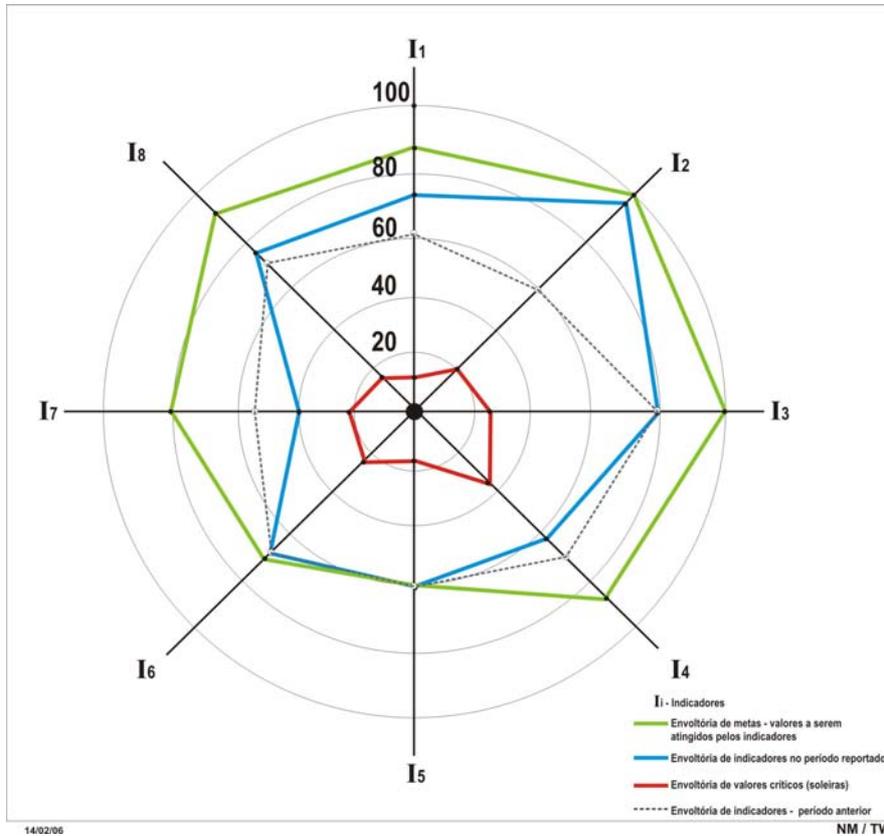


Figura 5.15 – Diagrama de teia – caso de uma bacia com boas condições gerais

A avaliação do conjunto de indicadores dessa bacia imaginária evidencia que a gestão da mesma enfrenta uma gradual perda de controle: ou faltam recursos, ou as ações/intervenções decididas não são as mais adequadas ou a implementação das mesmas não vem acontecendo. A deterioração geral dos indicadores do último período reportado para o atual e a grande distância dos seus valores atuais para as metas estabelecidas recomenda uma reavaliação geral do plano e a adoção imediata de medidas de emergência para evitar o colapso, com o apoio dos órgãos gestores.

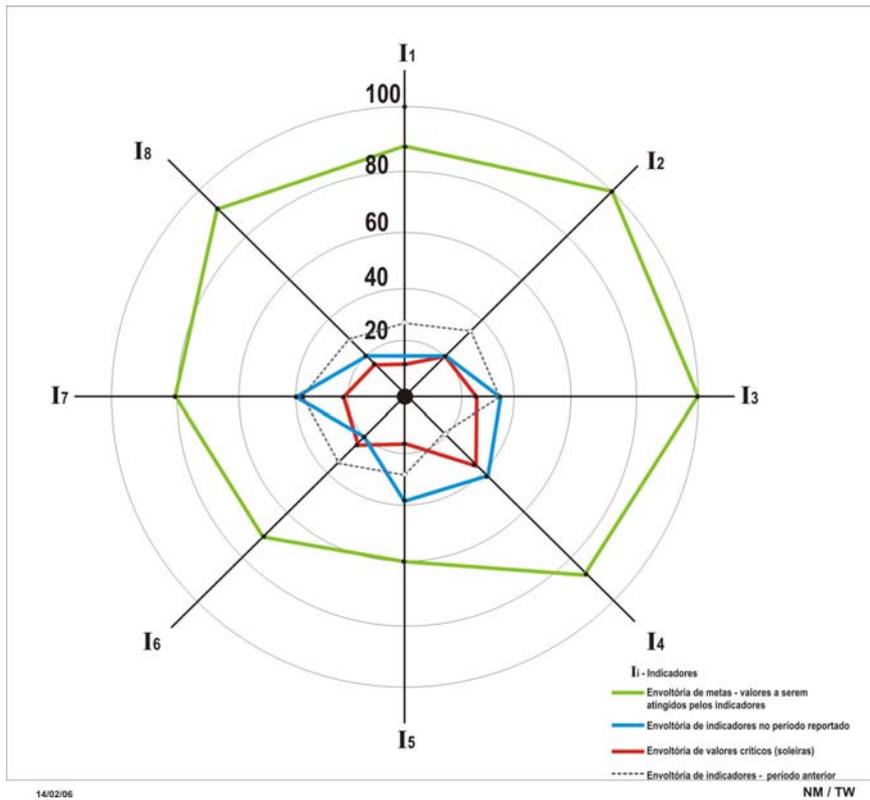


Figura 5.16 – Diagrama de teia – caso de uma bacia com problemas

Se a situação da bacia representada na Figura 5.16 correspondesse à de fim de plano, seria possível afirmar que a gestão foi mal sucedida e que ela se encontra muito próxima de um arranjo caótico.

CAPÍTULO SEIS

APLICAÇÕES DO SISTEMA PROPOSTO

*In questioning the important is to pose the right question; and in observing, it is necessary to find the essential as distinguished from the nonessential.*⁴⁴¹

Baghavan Sri Sathya Sai Baba

6.1. Introdução

Descrito e discutido o SINPLAGE, este capítulo se concentra em apresentar algumas aplicações desse Sistema de Indicadores a algumas bacias brasileiras, em consonância com os objetivos propostos para a tese. Como se recorda, ao fixá-los, no Capítulo 2, a promoção de aplicações do sistema proposto a bacias selecionadas foi um dos objetivos parciais, subordinado ao objetivo maior de conceber um sistema de indicadores para o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos de uma bacia.

As aplicações também encontram outros empregos práticos: elas poderão contribuir para a síntese das informações dos Planos de Recursos Hídricos de Bacias e sua inserção nos respectivos Planos Estaduais de Recursos Hídricos e no Plano Nacional de Recursos Hídricos, tanto em seu formato tabular quanto no gráfico, bem como poderão apoiar a organização das bacias ou de trechos de bacias (designados como Unidades de Planejamento Hídrico - UPHs) em grupos com igual problemática. O indicadores que integram o SINPLAGE poderão ainda classificar as bacias brasileiras em um certo número de categorias para fins de planejamento e gestão.

Cinco bacias foram selecionadas para aplicação do SINPLAGE a partir de dois critérios básicos: o locacional (as bacias deveriam pertencer a diferentes regiões hidrográficas do Brasil) e o evolutivo (as bacias deveriam se encontrar em diferentes estágios de desenvolvimento). Usando esses critérios, foram escolhidas as bacias dos rios.

⁴⁴¹ Ao indagar é importante formular a pergunta certa; e ao observar, é necessário descobrir o essencial, distinguindo-o do supérfluo

- Jutai, (afluente do rio Amazonas pela margem direita e integrante da RH Amazônica),
- Tocantins-Araguaia (RH Tocantins-Araguaia, que também abriga as bacias dos rios Pará e Acará-Guamá),
- Paraíba do Sul, integrante da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste
- Tietê (afluente do rio Paraná pela margem esquerda, integrante da RH do Paraná) e
- Verde Grande (afluente do Rio S. Francisco pela margem direita – RH do S. Francisco)

A Figura 6.1 permite apreciar a situação dessas bacias no Brasil.



Figura 6.1.- Localização das bacias selecionadas para aplicação do SINPLAGE

Para a determinação dos indicadores do SINPLAGE foram utilizados elementos do Banco de Dados da ANA/SPR⁴⁴², do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da

⁴⁴² Como mencionado em outro local desta Tese, a ANA/SPR desenvolveu um banco de dados contendo informações de vazões características e demandas de todos os rios do Brasil. Esse banco serviu de base para a elaboração do

Bacia do Tocantins-Araguaia, ainda em elaboração (Consórcio Magna-Cohidro,2006), do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de S. Paulo 2004-2007(Consórcio jmr-Engecorps, 2005a; 2005c; São Paulo, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2006), PNSB (IBGE, 2002), SNIS (Brasil, Ministério das Cidades, 2003; 2004) Censo Demográfico (IBGE,2001), Censo Agropecuário,(IBGE, 1996) e os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – Dimensão Ambiental: Saneamento (IBGE,2004a ; 2004b).

Para cada bacia selecionada, com vistas à adequada situação do leitor, antes da apresentação dos resultados – o Quadro de Indicadores e os Diagramas de Teia para pontos selecionados – é feita uma breve descrição da bacia, com informações sobre a sua localização, área, unidades de planejamento hídrico (UPHs) estabelecidas neste estudo, características gerais da geologia, cobertura vegetal, demografia, atividades econômicas, características hidrológicas e principais demandas hídricas, estado da gestão e principais problemas associados aos recursos hídricos. Um mapa da bacia foi elaborado para complementar essa caracterização, contendo a sua situação no Brasil, a divisão política, as unidades de planejamento hídrico consideradas, a rede de drenagem principal, as principais cidades (e respectivas manchas urbanas), vias de transporte, reservatórios, usinas hidrelétricas, unidades de conservação, áreas úmidas existentes e a localização dos pontos que figuram no Quadro de Indicadores. A descrição das bacias não pretende ser exaustiva; sua finalidade é propiciar ao leitor uma visão geral da bacia, contra a qual contrastar os resultados obtidos.

Finalizando, são apresentados – em forma tabular e gráfica – os indicadores correspondentes aos pontos selecionados na bacia e tecidos alguns comentários sobre a conjuntura da bacia relativamente ao planejamento e gestão dos recursos hídricos revelada pelos indicadores.

PNRH no que concerne a disponibilidades hídricas. Ele se encontra em permanente desenvolvimento e deverá apoiar fortemente a elaboração do Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos a ser publicado em 2008.

6.2. Bacia do Rio Jutai

6.2.1. Breve descrição da bacia

A bacia do Jutai está situada na Região Hidrográfica Amazônica, entre as bacias dos rios Purus e Javari, ocupando uma área total de 81.320,73km². O principal rio é o Jutai, de dominialidade estadual, que nasce no Estado do Amazonas e desemboca no Rio Solimões, pela sua margem direita, depois de percorrer uma extensão de 1087 km, e receber como tributários os rios Guruena, Curuena, Bóia, Biá, Riozinho, Mutum e Jutazinho, os três primeiros pela sua margem esquerda. A Figura 6.2 apresenta uma imagem de satélite do trecho final do rio Jutai, com sua foz no Rio Solimões, e da cidade de Jutai. As principais fontes de informação sobre a bacia utilizadas nesta tese são o Banco de Dados da ANA/SPR, a Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado do Amazonas, a PNSB (IBGE, 2002), o Atlas de Saneamento (IBGE, 2004a) e o SNIS (Ministério das Cidades, 2003).

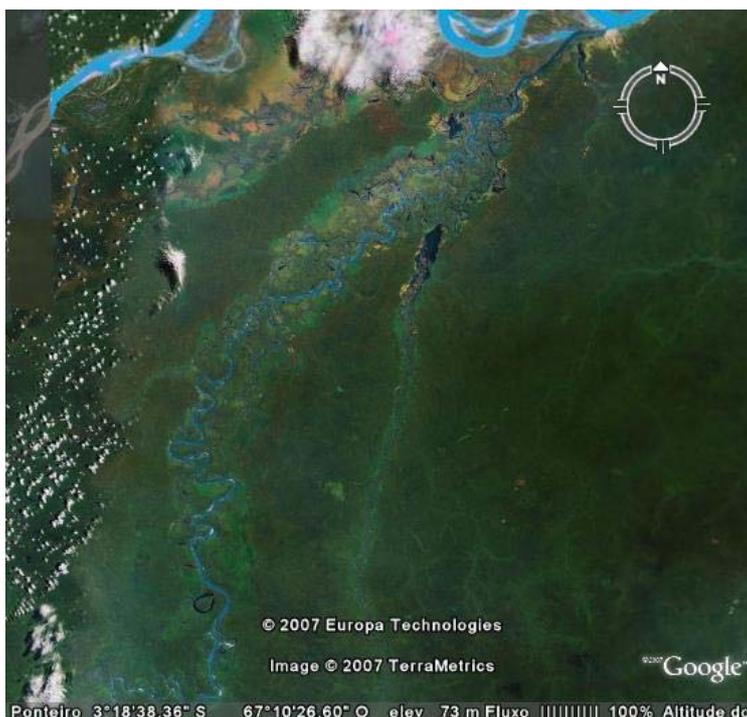


Figura 6.2 – Imagem GOOGLE do trecho final da bacia do Jutai, com a cidade de Jutai na foz.

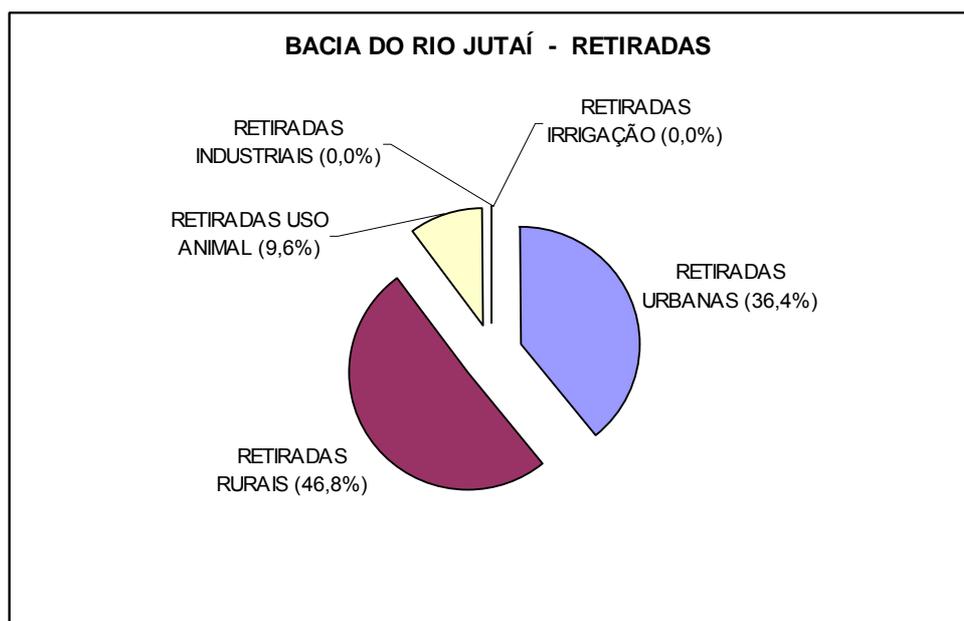
A bacia do Jutai banha terras de 11 municípios, dentre os quais Jutai, com 68.243km² (criado em 1955 e maior que o Estado do Rio de Janeiro) é o único que nela se encontra inteiramente contido. Os demais municípios, com as respectivas áreas na bacia estão relacionados no Quadro 6.1.

A cidade de Jutai, localizada na foz do Rio do mesmo nome, tem uma população total de cerca de 22500 habitantes, dos quais 7725 vivem na sede, em 1270 domicílios (IBGE,2004a - Levantamentos de campo realizados em 2004). A população rural corresponde a 14775 habitantes que vivem dispersos na bacia, dentre os quais 1600 índios das etnias Tikuna e Katikuna, distribuídos em 16 aldeias, o que confere ao município uma densidade demográfica de 0,32 hab/km².

Quadro 6.1 – Municípios com terras na Bacia do Jutai

Município	Área do município na bacia (km²)	Área do município na bacia (%)
Jutai	68.244	83,92
Carauari	11.333	13,94
Juruá	1.036	1,27
São Paulo de Olivença	298	0,37
Tonantins	194	0,24
Itamarati	90	0,11
Amaturá	54	0,07
Eirunepé	48	0,06
Santo Antônio do Içá	10	0,01
Benjamin Constant	9	0,01
Fonte Boa	4	0,00
Área Total	81.320	100,00

O Banco de Dados da Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (ANA/SPR) permitiu estimar a distribuição de demandas pelos diversos segmentos usuários de recursos hídricos na Bacia, como informa a Figura 6.3, da qual se pode concluir que os principais usos na bacia são os rurais, aqueles relacionados com a dessedentação de rebanhos e as retiradas pelas populações rurais. Em conformidade com o grau de urbanização da bacia, os usos rurais respondem por 46,8% dos usos totais estimados e superam os usos urbanos (36,4%). As retiradas totais foram estimadas em 0,06 m³/s na foz do rio Jutai e os consumos totais estimados alcançaram 0,02 m³/s.



Fonte: Banco de Dados ANA/SPR.

Figura 6.3.- Distribuição dos usos da água na bacia do Jutaí

A bacia é rica em Unidades de Conservação e Terras Indígenas como se depreende do exame do Quadro 6. 2

Quadro 6.2. UCs e TIs presentes na Bacia Hidrográfica do rio Jutaí⁴⁴³

Nome	Área (Km ²)
ESEC Jutaí-Solimões	2.574
RDS de Uacari	6.380
RESEX do Médio Juruá	2.595
RESEX Quiriru/Canama	4.153
RESEX Rio Jutaí	2.830
TI Espírito Santo	347
TI Estrela da Paz	129
TI Macarrão	446
TI Rio Biá	12.321
TI Santa Cruz de Nova Aliança	59
TI São Domingos do Jacapari	1.336
TI São Sebastião	627
TI Vale do Javari	85.444

Fonte: Instituto Sócio-Ambiental, ISA, 2007

As terras indígenas, no município de Jutaí, somam 9.621 km² ou 13,83% da área do município.

⁴⁴³ As áreas referem-se às áreas totais das TIs e UCs; muitas delas estão apenas parcialmente presentes na bacia. RDS = Reserva de desenvolvimento sustentável, RESEX= Reserva Extrativista. Ti= Terra indígena

Praticamente toda a bacia está coberta por floresta ombrófila densa, exceto uma parcela muito pequena, próxima da foz no rio Solimões, que corresponde a menos de 0,02%. Levando em conta a baixa ocupação demográfica e econômica da bacia do Jutaí, o Governo Federal, o Governo do Estado do Amazonas e algumas ONGs têm se empenhado em criar reservas extrativistas e reservas de desenvolvimento sustentável na região compreendida pelas bacias do Javari, Jutaí e Juruá. Já foram criadas 4 RESEXes (8636,91 km²) e mais três se encontram em estudos, destacando-se:

- a Reserva Extrativista do Rio Jutaí (Resex Rio Jutaí, com 2830 km²) beneficiando 809 pessoas em 116 famílias através da pesca e extrativismo vegetal (produção de látex, extração de óleos vegetais de uso medicinal) e assegurando que seus recursos naturais não sofrerão ação predatória;
- a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) de Cujubim, com 24.000km² (Amazonas, Secretaria de Desenvolvimento Sustentável, 2007), onde vivem cerca de 290 pessoas, pertencentes a 56 famílias. Elas têm como principal atividade a agricultura de subsistência, a pesca e o extrativismo. Alternativas econômicas sustentáveis - como a extração de óleos vegetais, a fruticultura, a horticultura e o cultivo de plantas medicinais – são estimuladas entre a população local, a fim de aumentar a renda das famílias e, ao mesmo tempo, evitar ações predatórias como a exploração madeireira sem planejamento.

O rio Jutaí corre de SW para NE e tanto ele como seus principais afluentes apresentam sinuosidade conspícua, indicativa de rios de planície, com baixa velocidade, numerosos paleomeandros e outras feições geomorfológicas próprias de áreas úmidas e planícies de inundação. Ele atravessa terrenos de idade holocênica representados por argilas, areias e cascalhos distribuídos em planícies aluvionares, terraços aluvionares e sedimentos fluvio-lacustres. As planícies aluvionares e os terraços marcam a transição entre ecossistemas terrestres e aquáticos e se mostram melhor drenados (DNPM, 2005a, 2005b, 2005c). Não obstante, são solos não consolidados, com baixa capacidade de suporte, lençol freático aflorante ou muito próximo da superfície, que em grande parte passam inundados longo período do ano, com camadas de matéria orgânica, favoráveis, portanto, a inundações com formação de lagos.

O rio Jutaí apresenta as seguintes vazões características:

Q_{95} : 381,33 m³/s

Q_{mit} : 3442,30 m³/s

Existindo apenas uma cidade na bacia, a análise das condições de saneamento básico se resume às da cidade de Jutaí, que podem ser assim resumidas:

- Abastecimento de água
 - Mediante 7 poços tubulares, um dos quais bombeia água para um reservatório metálico elevado, com capacidade para 100.000 litros. Não é feita desinfecção da água nem o controle de qualidade previsto na Portaria 1469 do Ministério da Saúde (Brasil, Ministério da Saúde, 2000).
 - As redes de distribuição são de baixa pressão, impedindo que a água alcance reservatórios domiciliares elevados e seu recobrimento é inadequado.
 - A vazão produzida é 30,93 l/s

- Coleta e tratamento de esgotos
 - Não há sistema de esgotos. A população utiliza fossas negras, secas e sépticas que enfrentam dificuldades de infiltração provocadas pela natureza argilosa dos terrenos.
 - As águas residuárias são lançadas nos quintais e ruas

- Resíduos sólidos
 - Atualmente os resíduos são lançados em um lixão, próximo a uma grota cuja drenagem é direcionada para o rio Jutaí. Há um projeto para usina e aterro sanitário.
 - Há coleta diária, quando não chove.
 - A produção de lixo estimada é 4,1 t/dia.

As fotos que compõem a Figura 6.4 ilustram o reservatório metálico elevado para abastecimento de água e as condições precárias de esgotamento sanitário na cidade.

Por ser a única cidade da bacia, Jutaí funciona como entreposto da bacia, escoando os produtos da região: mandioca, seguindo-se o abacaxi, cana-de-açúcar, melancia, milho, açaí e em grande expansão, a pupunha. A pesca desempenha importante papel para os seus habitantes e, nela, se destacam o tambaqui e peixes lisos; a pecuária é pouco significativa. Seis serrarias de pequeno e médio porte, além de duas marcenarias evidenciam que a atividade madeireira está presente na região. Quinze estabelecimentos comerciais de médio porte e setenta de pequeno porte resumem o universo econômico da bacia, que não possui agência bancária (apenas um banco postal).

O município apresenta IDH igual a 0,533 (Brasil=0,792 em 2005), Índice de Gini de 0,82, o que traduz má distribuição de renda e médio desenvolvimento humano (embora somente um pouco acima do limite que separa essa classe do baixo desenvolvimento humano). Em 2000, a renda per capita era R\$ 60,79 (cerca de 0,46 salário mínimo em março de 2000).



Fonte: IBGE(2004)
Jutaí - Reservatório elevado metálico,
com 100.000 l de capacidade



Fonte: IBGE(2004),
Jutaí: lançamento de esgotos
nos fundos das habitações



Fonte IBGE(2004),
Jutaí: esgoto estagnado na
calçada

Fonte: IBGE, 2004

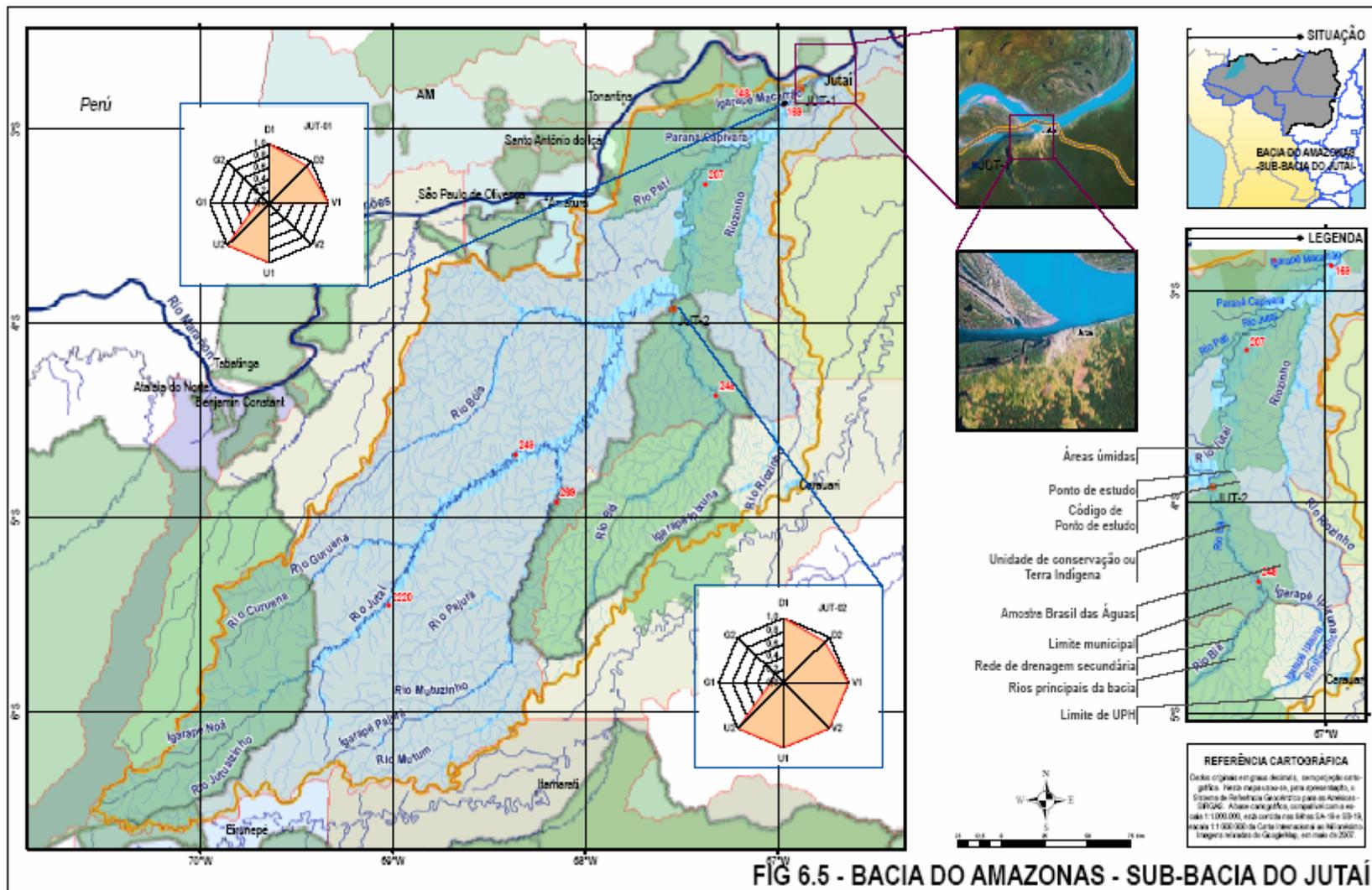
Figura 6.4- Água e esgotos em Jutaí

O órgão gestor de recursos hídricos no Amazonas é a Secretaria Adjunta de Recursos Hídricos da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS/SARH), cujas preocupações estão mais centradas nas questões ambientais, especialmente na gestão sustentável dos recursos naturais. A gestão é regida pela Lei 2.712 de 28 de dezembro de 2001 e já existe um Conselho Estadual de Recursos Hídricos, mas o Estado ainda não emite outorgas. Não existe CBH e nenhum rio foi objeto de enquadramento.

As populações tradicionais da bacia do Jutaí, em razão de trabalho de mobilização e conscientização conduzido por ONGs, possuem um elevado nível de organização e são muito ativas. Atualmente os moradores da reserva estão organizados e possuem uma associação legalmente reconhecida para representá-los (um sistema de rádio foi implantado para comunicação). O foco das ações na bacia está voltado para a conservação da qualidade ambiental e a preservação da biodiversidade. Não tem havido, até o momento, qualquer iniciativa relacionada com a gestão dos recursos hídricos. Não há – e nem se vê necessidade em curto prazo – um Comitê de Bacia Hidrográfica instalado na Bacia ou um Plano de Recursos Hídricos.

Um exame da carta geográfica da bacia do Rio Jutaí (escala 1:1.000.000) sugere que ela pode ser dividida em 3 unidades de planejamento hídrico (UPHs). Todavia, depois de analisada a situação geral da bacia no presente e suas perspectivas futuras de curto e médio prazo, considera-se desnecessário subdividi-la.

A Figura 6.5. apresenta um mapa da bacia do rio Jutaí, com diagramas de teia relativos aos pontos selecionados para estudo.



6.2.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia do Rio Jutáí e Resultados Obtidos

A Bacia do Jutáí foi escolhida para aplicação do SINPLAGE por suas características de baixa ocupação humana. Para determinação dos indicadores foram escolhidos inicialmente sete pontos, posteriormente reduzidos a dois, por força da uniformidade de condições verificadas, respectivamente Foz do Jutáí e Foz do Biá, cuja localização se encontra na Figura 6.5. No cálculo dos indicadores foram empregados dados constantes do Banco de Dados da ANA/SPR e da análise de imagens de satélite.

Os resultados obtidos figuram no Quadro 6.3 e nos diagramas de teia que integram a Figura 6.5. já referida.

Quadro 6.3– Bacia do Jutáí - Quadro de Indicadores

Ponto estudado	Descrição	Dist.nasc. (km)	Área drenagem (km ²)	D1	D2	V1	V2	U1	U2	G1	G2
JUT-01	Foz do Jutáí	367,9	12.915	1,000	0,889	1,000	0,000	0,999	0,997	0,200	0,000
JUT-02	Foz do Biá	220,8	9.930	1,000	0,889	1,000	1,000	0,999	0,997	0,200	0,000

Dado que

$$D1 = 1 \text{ e que}$$

$$U2 > 0,990$$

fica confirmado tratar-se de uma bacia praticamente virgem, para a qual não é necessário determinar todos os indicadores do SINPLAGE.

6.2.3. Comentários

Os resultados da aplicação do SINPLAGE à bacia do Jutáí confirmam o conjunto de dados levantados: uma bacia ainda intocada, em estágio primicial de desenvolvimento, com grande abundância hídrica, usos muito reduzidos, vulnerabilidade baixa e, certamente devido a esse cenário tão satisfatório, gestão circunscrita à ténue, por pouco necessária, presença de um órgão gestor estadual.

Cabe destacar a grande quantidade de água disponível para os diversos usos, que pouco demandam. No que concerne à dimensão Vulnerabilidade a situação também é muito tranqüila, com exceção do indicador V2 em Foz do Jutáí, que registrou um valor igual a zero, situação que deverá mudar brevemente por conta de obras previstas para uma usina de lixo e um aterro sanitário na cidade. Como era de se esperar, os indicadores da dimensão Gestão refletem sua inexistência; mas a comparação com os indicadores das três outras dimensões, todos com valores muito confortáveis, revela que, presentemente, a gestão dos recursos hídricos não carece de ser implantada nos termos previstos na lei 9433. A ação orientadora e fiscalizadora do órgão gestor ambiental poderá ser suficiente por muitos anos, antes que seja necessário operacionalizar uma específica gestão dos recursos hídricos.

6.3. Bacia do Tocantins-Araguaia

A segunda bacia escolhida para aplicação do SINPLAGE é a Bacia do Tocantins-Araguaia.

Trata-se de uma bacia que ocupa 9% do território nacional, e vem sendo palco de acelerada transformação ao longo dos últimos quarenta anos, com a expansão da fronteira agrícola, implantação de grandes aproveitamentos hidrelétricos e abertura de estradas. A Bacia do Tocantins é uma região inevitavelmente associada às rodovias Belém-Brasília e Transamazônica, a Carajás e ao aproveitamento do potencial hidrelétrico, que tem em Tucuruí sua expressão máxima na bacia. A Figura 6.6 reúne imagens de satélite da Mina N4E na Província Mineral de Carajás e do reservatório de Serra da Mesa.

A Bacia do Tocantins-Araguaia se insere na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia (RHTA) que corresponde a 11% do território brasileiro, tem uma área de drenagem igual a 918.823 km² e inclui duas áreas adjacentes à Bacia do Tocantins, a saber:

- A oeste, as bacias do rio Pacajá e demais afluentes do rio Pará, um emaranhado de canais que separa a Ilha do Marajó do continente;
- A leste, as bacias dos rios Acará, Guamá e Moju, adicionadas à RHTA em função de suas características fisiográficas, mais próximas do Tocantins do que dos rios do Nordeste Oriental.

A Bacia do Tocantins-Araguaia vem sendo objeto de um Plano Estratégico de Recursos Hídricos (PERH Tocantins-Araguaia), cuja etapa de diagnóstico deverá encerrar-se em Setembro de 2007. Para elaboração deste item do presente Capítulo, foram utilizados os trabalhos do Consórcio Magna-Cohidro (2006), ainda em elaboração), PNSB (IBGE, 2002), SNIS (Brasil, Ministério das Cidades, 2003; 2004) Censo Demográfico (IBGE,2001), Censo Agropecuário,(IBGE,1996),Eletrobrás (1977), ANA (2005 a,b,c)

6.3.1. Breve Descrição da Bacia

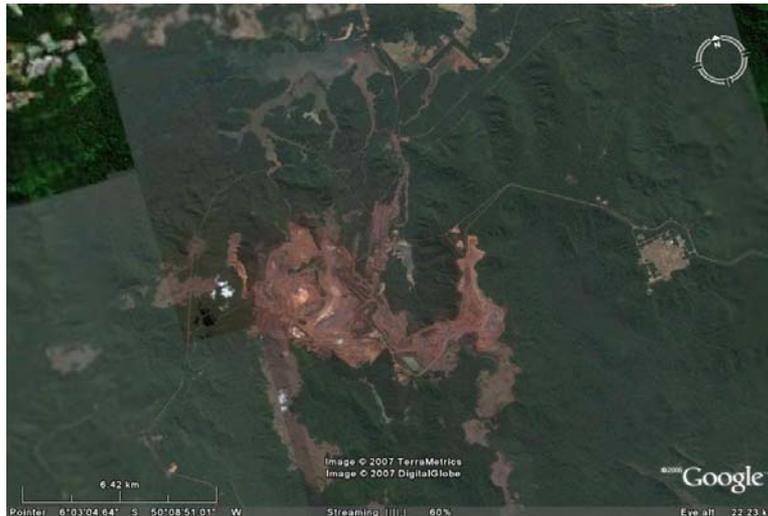
A Bacia do Tocantins-Araguaia se estende no sentido norte-sul, do paralelo 0°30' S ao paralelo 18° 05'S, ocupando uma área de aproximadamente 736.000km² distribuídos pelos estados de Goiás, Tocantins, Maranhão, Pará, Mato Grosso e o Distrito Federal, nos termos da Tabela 6.1, segundo um formato alongado no sentido Sul-Norte, direção geral também seguida pelos cursos d'água principais da Bacia.

Tabela 6.1. – A Bacia do Tocantins-Araguaia

Estado	Participação do estado na Bacia do Tocantins-Araguaia (%)	Participação do estado na RHTA (%)	Percentagem da RHTA no estado (%)
Goiás	25,7	21,4	57,7
Tocantins	36,3	30,2	100,0
Maranhão	3,8	3,3	9,3
Pará	16,5	30,3	22,3
Mato Grosso	17,6	14,7	15,0
Distrito Federal	0,1	0,1	13,3

A Figura 6.7 apresenta o Mapa da Bacia do Tocantins-Araguaia (estendido para cobrir toda a RHTA) permitindo observar as principais feições da bacia a seguir descritas.

Os dois principais rios da Bacia são o Tocantins e o Araguaia, se encontram próximo a Marabá, formando o trecho final do Tocantins, que deságua na Baía de Guajará Mirim, no Estado do Pará.



(a)



(b)

(Fonte Google, 2007)

Figura 6.6. Mineração e geração de energia na Bacia do Tocantins - Araguaia: (a) Mina N4E da Companhia Vale do Rio Doce em Carajás; (b) Reservatório da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa

O mais extenso deles, o rio Tocantins resulta da união do rio das Almas e do rio Maranhão. Nasce no Planalto de Goiás, ao norte de Brasília, e percorre cerca de 2400km drenando uma bacia com 764.96km², dos quais 306.310km² antes da confluência com o Araguaia. Os principais afluentes, até o Araguaia, estão na margem

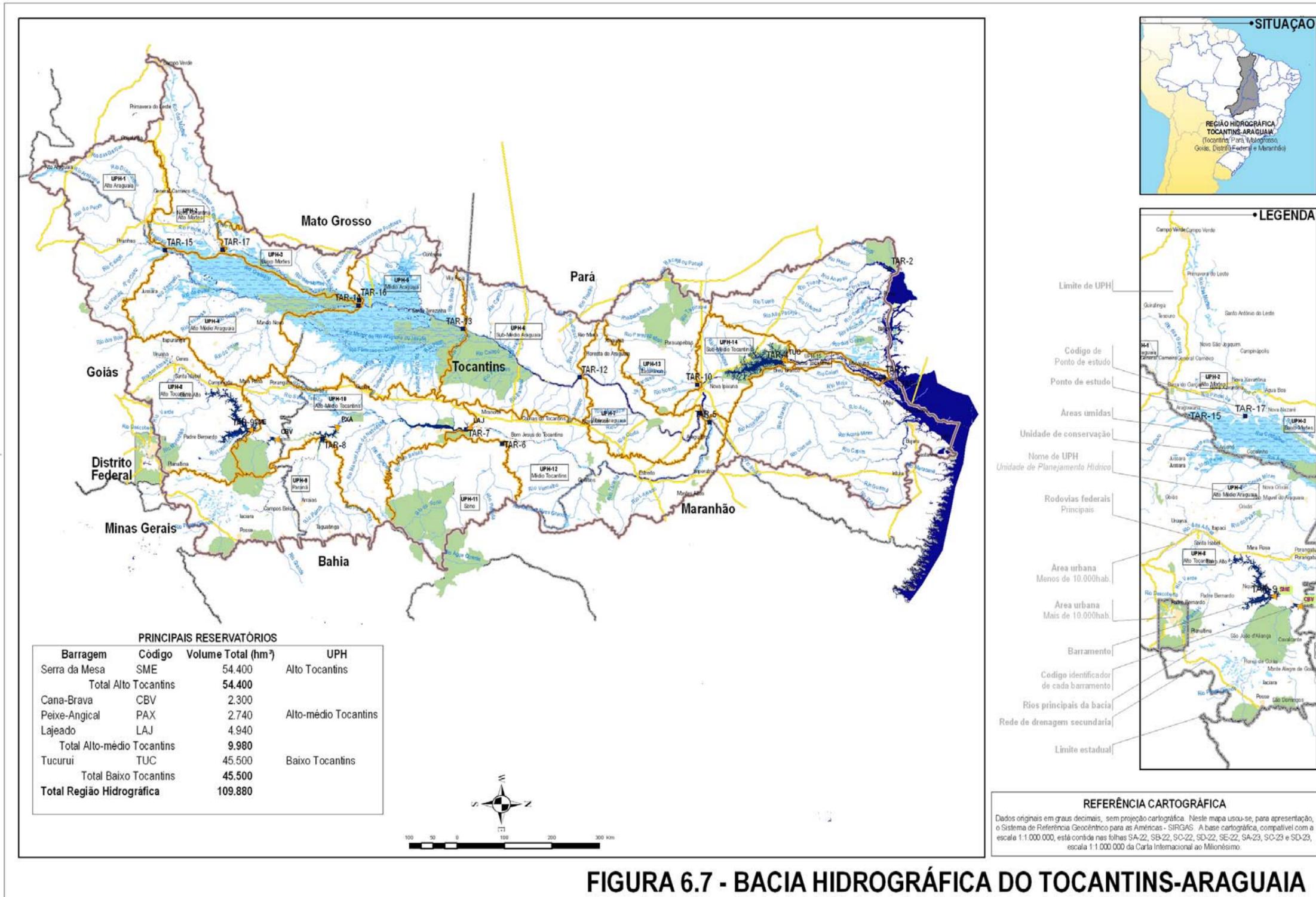


FIGURA 6.7 - BACIA HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS-ARAGUAIA

direita e são os rios Paranã, Manoel Alves, do Sono e Manoel Alves Grande. Depois de encontrar o Araguaia, destaca-se, pela margem esquerda, o rio Itacaiúnas.

O rio Araguaia tem uma área de drenagem equivalente a cerca de 385 mil km² e uma extensão de aproximadamente 2000km. Suas nascentes estão na Serra do Caiapó, numa altitude em torno de 850 m. Depois de descer encaixado 570m em 488km de percurso, ele forma extensa planície aluvial, onde são reconhecidas planícies de inundação, lagoas, ilhas, barras e meandros abandonados, formando uma ampla área úmida com grandes atrativos e importância ecológica, constituindo-se em uma área RAMSAR. Seus principais afluentes são o rio das Mortes, pela margem esquerda e o Vermelho, o Crixás-Açu e o Peixe pela margem direita.

No PERH Tocantins-Araguaia, que inclui todas as bacias da RHTA, a partir da informação hidrológica disponível e dos aproveitamentos hidrelétricos existentes foram reconhecidas 17 UPHs (15 na Bacia do Tocantins- Araguaia, além das UPHs Pará e Acará-Guamá). Essa divisão foi também adotada no presente trabalho, encontrando-se a delimitação dessas unidades na já mencionada Figura 6.7.

O Quadro 6.4 complementa a Figura 6.7 ao reunir as principais características das UPHs da Bacia do Tocantins-Araguaia, cuja área varia de 5.752 km² (a menor, a UPH Baixo Tocantins) a 86.100km² (a UPH Médio Araguaia)

Em razão das suas dimensões e da sua localização a bacia interessa um grande número de compartimentos geológicos, a saber:

- Coberturas Cenozóicas - 21% da bacia
- Formação Barreiras - 5% da bacia
- Bacia dos Parecis - 1% - da bacia
- Bacia do Amazonas 2% - da bacia

QUADRO 6.4 - CARACTERÍSTICAS DAS UPHs DA BACIA DO TOCANTINS-ARAGUAIA

TAR	UPH	Área (km ²)	Área (%)	Pop Urbana	Pop Rural	Pop Total	Municípios com sede na UPH	Rios Principais	IDH_M	Terras Indígenas (km ²)	Terras Indígenas (% da UPH)	PIB (R\$ x 1.000)	Abastec. Água (% da pop.)	Coleta esgotos (% da pop)	Tratam. Esgotos (% da pop)	Coleta Lixo (% da pop.)	Disposição Adequada Lixo (% da pop)
1	Alto Araguaia	62.640	6,8	246.239	54.344	300.583	38	Araguaia, Caiapó, Claro e das Garças	0,758	777,6	1,7	2.346.392	99	17	11	81	14
2	Alto Mortes	40.130	4,4	85.659	23.316	108.975	7	das Mortes	0,776	3.415,2	7,3	1.540.975	79	18	15	96	22
3	Baixo Mortes	21.584	2,3	0	7.360	7.360	4	das Mortes	0,717	4.385,2	9,3	91.758	nd	nd	nd	nd	nd
4	Alto médio Araguaia	69.822	7,6	146.798	62.432	209.230	27	Araguaia, Cristalino, Crixás-Açu	0,718	1.003,0	2,1	1.432.111	95	8	8	90	46
5	Médio Araguaia	86.160	9,4	98.751	44.455	143.206	17	Araguaia, Formoso, Javaés, Crisóstomo e Tapirapé	0,713	19.622,8	41,7	759.852	72	5	5	73	37
6	Sub-médio Araguaia	67.964	7,4	150.768	86.038	236.806	22	Araguaia, Piranhas, Arraiais do Araguaia e do Coco	0,701	229,5	0,5	1.195.975	56	0	0	54	0
7	Baixo Araguaia	36.760	4	257.873	93.132	351.005	28	Araguaia, Muricizal, Lontra e S. Maria	0,693	384,2	0,8	1.499.480	75	0	0	80	22
8	Alto Tocantins	51.201	5,6	406.594	141.987	548.581	42	Tocantins, Maranhão, das Almas e Tocantinzinho	0,735	73,4	0,2	2.748.279	97	14	10	87	42
9	Paraná	59.313	6,5	125.981	80.792	206.773	29	Paraná	0,675	-	-	712.685	100	9	6	80	8
10	Alto Médio Tocantins	72.946	7,9	1.238.378	358.943	1.597.321	42	Tocantins e Manuel Alves	0,753	330,2	0,7	2.849.930	93	5	5	84	50
11	Sono	45.687	5	19.496	25.067	44.563	11	Sono	0,649	948,4	2,0	87.898	100	0	0	91	0
12	Médio Tocantins	76.953	8,4	540.901	187.719	728.620	61	Tocantins, Manuel Alves Grande e Manuel Alves	0,67	6.039,9	12,8	1.906.516	96	12	11	76	0
13	Itacaiunas	41.219	4,5	226.790	105.341	332.131	5	Itacaiunas	0,705	4.561,0	9,7	1.847.950	100	18	1	77	22
14	Sub-médio Tocantins	26.865	2,9	37.853	91.695	129.548	5	Tocantins	0,679	3.805,4	8,1	1.300.689	63	1	0	95	0
15	Baixo Tocantins	5.752	0,6	130.457	54.204	184.661	5	Tocantins	0,704	216,3	0,5	1.844.702	91	25	1	59	10
-	Total UPHs Bacia	764.996	83	3.712.538	1.416.825	5.129.363	343	-	-	45.792,1	6,0	22.165.192	-	-	-	-	-
16	Pará	62.899	6,8	18.704	121.262	139.966	5	Pará, Anapu e Pacajá	0,634	545,4	1,2	479.135	71	0	0	33	0
17	Acará-Guamá	90.928	9,9	1.044.132	546.946	1.591.078	37	Acará, Guamá e Moju	0,75	694,2	1,5	14.444.394	79	7	1	78	15
-	Total UPHs RHTA	918.823	100	4.775.374	2.085.033	6.860.407	385	-	-	47.031,7	5,1	37.088.721	-	-	-	-	-

Fonte: Banco de Dados ANA/SPR; Consórcio Magna-Cohidro, 2006

- Bacia Sanfranciscana (grupo Urucuia) - 2% da bacia
- Bacia do Paraná 7% da bacia
- Bacia do Parnaíba 18% da bacia
- Cobertura do Cratón do São Francisco (Grupo Bambuí) - 2% da bacia
- Província Tocantins - 28% da bacia
- Faixa Móvel Gurupi - 0,1% da bacia
- Cráton Amazonas - 12% da bacia

A área da bacia do Tocantins-Araguaia corresponde a dois importantes biomas: a Floresta Amazônica e o cerrado. O bioma Amazônia ocupa as porções norte e noroeste da RHTA respondendo por cerca de 35% da mesma. O cerrado ocupa a porção sul, a partir do centro da RHTA, dominando cerca de 65 % da RHTA. Ecótonos Cerrado – Amazônia e Cerrado - Caatinga são registrados, com morfologia e anatomia distintas daquelas encontradas nos biomas adjacentes, sendo o primeiro, situado ao sul da UPH Baixo Tocantins e a NW da UPH Médio Araguaia, é o mais importante.

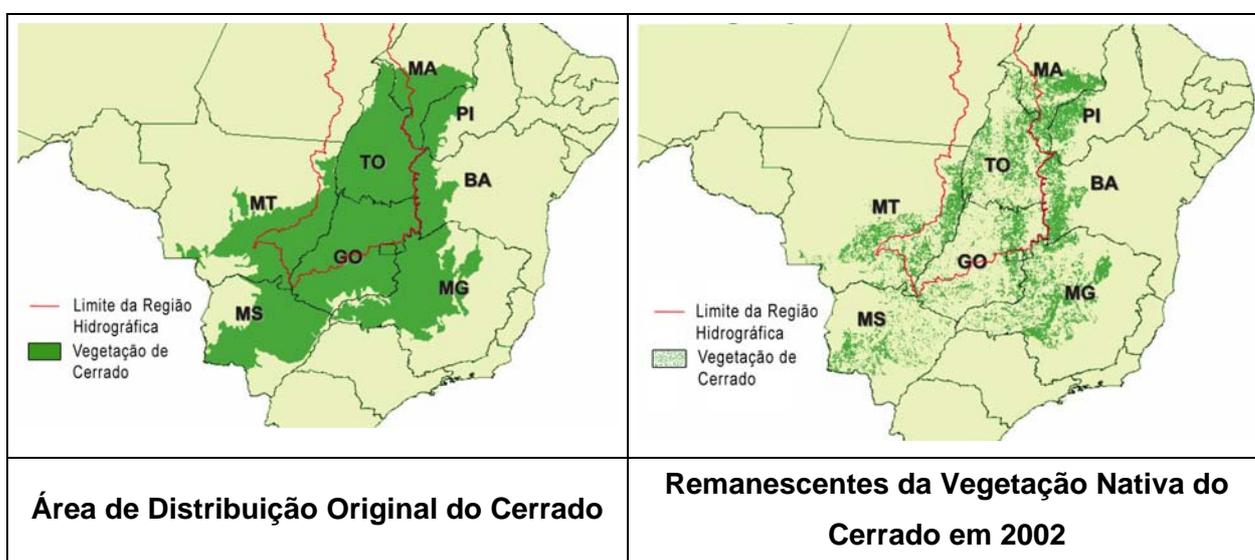
O bioma Amazônia é constituído por ecossistemas, dos quais o de maior expressão na RHTA é a floresta ombrófila densa, que se encontra nas porções norte e noroeste da bacia. O grande potencial madeireiro e o baixo custo das terras (quando não são griladas) tem estimulado o desmatamento verificado na região.

O cerrado ocupa a porção sul da bacia. Na maior parte da região ele se apresenta como uma formação aberta, com árvores e arbustos baixos e uma camada rasteira de gramíneas. Seis subgrupos podem ser reconhecidos na bacia o Cerradão (Savana Florestada), o Campo Cerrado (Savana Arborizada), o Cerrado de Pantanal (Savana Arborizada) , o Campo Pastagem (Savana), a Savana Parque e a Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo).

O cerrado também tem sofrido intenso desmatamento, voltado para a abertura de pastagens e cultivos ou devido ao crescimento desordenado das cidades e queimadas (manejo inadequado, falta de cuidado ambiental). A devastação a que o cerrado foi submetido e a postura assumida nas últimas décadas, segundo a qual esse bioma foi submetido a uma exploração mais intensa para atender às necessidades de produção agrícola e de desenvolvimento do agronegócio reduziram o cerrado a fragmentos descontínuos, pequenos e concentrados em número, imersos em uma

matriz predominantemente formada por pastos e culturas agrícolas (Maranhão, ined.), criando, dessa forma, um painel de degradação ambiental com perdas ainda não de todo avaliadas em biodiversidade.

O processo de desmatamento na bacia Tocantins-Araguaia foi intensificado a partir da década de 70, com a construção da rodovia Belém-Brasília, da hidrelétrica de Tucuruí e da expansão das atividades agropecuárias e de mineração. Ele continua sendo um dos grandes problemas bacia. A Figura 6.8 oferece uma visão do desmatamento ocorrido no Cerrado brasileiro, permitindo verificar como esse bioma foi intensamente devastado na bacia.



Fonte : Conservação Internacional Brasil (CI-Brasil) in: Consócio Magna Cohidro (2006)

Figura 6.8 – Destruição do cerrado no Brasil e na Bacia do Tocantins-Araguaia

Em direção oposta à destruição do Cerrado está a criação de unidades de conservação na bacia. Três delas, com restrição total de uso, perfazem 19.981 km² merecendo citação especial o Parque Nacional do Araguaia. A maior parte das unidades de conservação objetivam proteger remanescentes de Cerrado, bem como os ecótonos (áreas de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado).

A Tabela 6.2 reúne para cada UPH a área de vegetação nativa levantada na Bacia em 2005, bem como as áreas de Unidades de Conservação e áreas úmidas, delimitadas a partir de imagens de satélite.

Tabela 6.2 – Bacia do Tocantins-Araguaia: Vegetação nativa, unidades de conservação e áreas úmidas existentes por UPH

UPH	Área total da UPH (km ²)	Área veg nativa na UPH(km ²)	UCs (% da área da UPH)	Áreas Úmidas (% da UPH)
Alto Araguaia	62.640,04	12.528,01	0,40	4,3
Alto Médio Araguaia	69.822,38	20.946,71	0,14	52,8
Alto Médio Tocantins	72.945,91	29.178,36	6,82	5,6
Alto Mortes	40.129,81	10.032,45	7,92	21,5
Alto Tocantins	51.200,98	10.240,20	9,61	0,4
Baixo Araguaia	36.759,81	9.189,95	21,22	4,0
Baixo Mortes	21.583,96	4.316,79	2,11	60,1
Baixo Tocantins	5.751,94	4.889,15	8,00	12,7
Itacaiunas	41.219,28	20.609,64	9,40	1,2
Médio Araguaia	86.159,64	25.847,89	9,93	58,4
Médio Tocantins	76.952,60	15.390,52	26,67	2,7
Paraná	59.313,09	23.725,24	3,84	3,2
Sono	45.686,59	36.549,27	18,82	0,6
Submédio Araguaia	67.963,88	16.990,97	21,13	9,7
Submédio Tocantns	26.865,22	18.805,65	7,44	2,3
TOTAL GERAL	764.995,13	259.240,80	-	-

Fontes: Maranhão N. (ined) e Consórcio Magna-Cohidro (2006)

Cerca de 7 milhões de pessoas viviam em 2000 na RHTA, segundo o Censo 2000, dos quais 5.129 mil habitavam a Bacia do Tocantins-Araguaia, o que lhe conferia uma densidade demográfica de 6,7 hab./km², bastante inferior à do País (19,8 hab./km²). Essa população se distribui por cidades de porte variável, o grupo mais numeroso com menos de 5000 habitantes. Destacam-se, nesse quadro, as cidades de Imperatriz (MA, 230 mil habitantes), Palmas (TO, 137 mil habitantes), Araguaína (TO, 113 mil habitantes). Apesar de não localizadas na Bacia do Tocantins-Araguaia, Belém (PA, 1.280 mil habitantes, situada na RHTA, na UPH Acará-Guamá) e Brasília (DF, 2043 mil habitantes, fora da bacia mas exercendo forte influência econômica e política sobre o Alto Tocantins) são importantes pólos regionais. Dos 343 municípios que se encontram total ou parcialmente na bacia, apenas 23 têm a sede fora dos limites da

bacia. A UPH Alto Tocantins é a mais populosa (550 mil habitantes e a UPH Baixo Mortes é a menos habitada (apenas 7.360 habitantes em 21.584 km² e nenhuma cidade).

A malha rodoviária tem na BR-153 sua principal rodovia, que vem funcionando como eixo de penetração e ligação entre Belém e Brasília desde a sua abertura na década de 1960, ao longo da qual brotou a maioria das cidades da Bacia. Ela é complementada pela BR-230, a Rodovia Transamazônica, que se estende de Marabá a Altamira e pela MT-158.

A E. F. Carajás escoou a produção da Província Mineral de Carajás até o Porto de Itaqui no Maranhão atravessando o Pará e o Maranhão. A Ferrovia Norte-Sul, com 963 km já construídos, interliga a E. F. Carajás a Colinas do Tocantins, ao Sul, e ao Porto de Itaqui e pretende-se que seja uma via de transporte paralela à BR-153. A plataforma logística que a CVRD vem implantando e operando na região é vital para o escoamento de toda a produção da bacia.

O transporte hidroviário é ainda uma incógnita. O rio Tocantins já conta com cinco importantes barramentos desprovidos de eclusas e, deles, só Tucuruí está construindo eclusas (cujo término a cada ano é adiado com o contingenciamento das verbas destinadas para esse fim). O setor elétrico se escusa da construção dessas estruturas alegando que não pode onerar o consumidor da energia com os custos adicionais que elas representam enquanto o setor de navegação alega que, tendo interrompido o livre curso do rio, cabe ao setor elétrico – responsável pelo fato - a obrigação de restabelecê-lo. Essa situação configura um conflito intersetorial, que se estende a outras bacias nacionais e tem no licenciamento ambiental das hidrovias um complicador adicional: a hidrovia Araguaia-Tocantins está embargada judicialmente por problemas ambientais.

A bacia do Tocantins-Araguaia possui um grande potencial energético e já responde por 16% da potência instalada no Brasil. O PERH Tocantins-Araguaia (Consórcio Magna Cohidro, 2006) relaciona 136 aproveitamentos que totalizam 11.232MW: 25 em operação, 3 em construção, 34 com viabilidade concluída e já em projeto básico, 12 com estudo de viabilidade em elaboração e os demais apenas inventariados. Desses aproveitamentos destacam-se os de Serra da Mesa, Cana Brava, Peixe-Angical, Lajeado (L. E. Magalhães) e Tucuruí.

O Quadro 6. 5 relaciona as principais usinas em operação na Bacia do Tocantins.

Quadro 6.5.- Principais usinas em operação na região hidrográfica Tocantins-Araguaia.

UHE	Proprietário	Estado	Início de Operação	Potência (MW)	Área Reserv. (km ²)	Volume Reserv. (hm ³)	Qreg (m ³ /s)
Serra da Mesa	Furnas	GO	1998	1.275	1784,0	54.400	662
Cana Brava	Gerasul	GO	2003	465	138,7	2.360	664
Peixe-Angical	Enerpeixe	TO	2006	452	294,1	2.740	817
Lajeado	Investco	TO	2002	902,5	626	4.940	882
Tucuruí (I e II)	Eletronorte	PA	1984(I) e 2002(II)	8325	2430	45.500	4785

O potencial hidrelétrico do rio Araguaia concentra-se no baixo curso. No entanto, esse potencial não tem sido explorado até o presente em razão das restrições e discussões sobre os impactos ambientais que podem provocar.

Relevantes são igualmente os recursos minerais da bacia do Tocantins-Araguaia, destacando-se a Província Mineral de Carajás, com reservas medidas de 3,4 bilhões de toneladas de minério de ferro, 53,3 milhões de toneladas de manganês, além de níquel, cobre e ouro. A Província Mineral de Carajás se encontra na UPH Itacaiunas.

Em Goiás, na Província Mineral do Centro-Norte de Goiás, que ocupa áreas das UPHs Alto Tocantins, Alto Médio Tocantins e Alto Médio Araguaia, tem-se ouro (em Crixás), níquel (no complexo Niquelândia-Barro Alto) e amianto em Minaçu, com destaque para as jazidas de níquel, que representam 55% do total da produção brasileira. Outra atividade econômica que vem se desenvolvendo na bacia é o setor de agroenergia (álcool e biodiesel), especialmente no sul da bacia.

As condições de saneamento nas UPHs da Bacia do Tocantins-Araguaia estão resumidas no Quadro 6.4, já apresentado, onde foram tabuladas as coberturas de abastecimento de água, de coleta de esgotos, de tratamento de esgotos, de coleta de resíduos sólidos domiciliares e de disposição adequada desses resíduos em termos da percentagem da população atendida.

Ali é possível perceber que a Bacia desfruta de uma situação ainda longe da universalização do abastecimento de água, uma das metas do milênio: quatro UPHs

possuem cobertura inferior a 75% (Submédio Araguaia, 56%; Submédio Tocantins, 63%; Médio Araguaia, 72%; e Baixo Araguaia, 75%). Em compensação, 6 UPHs já alcançaram essa meta ou estão muito próximas dela: Alto Araguaia (99%), Alto-Médio Araguaia(95%), Alto Tocantins (97%), Paraná (100%), Sono (100%) e Itacaiunas (100%). O uso das águas subterrâneas é relevante no abastecimento público das cidades localizadas na bacia, especialmente aquelas servidas pelas concessionárias estaduais de Goiás (SANEAGO) e de Tocantins (SANEATINS).

A situação piora sensivelmente quando se analisa a situação da coleta de esgotos. Somente uma UPH possui cobertura superior a 20% (Baixo Tocantins) e a maioria possui menos de 10%: Alto-Médio-Araguaia (8%), Médio-Araguaia(5%), Submédio Araguaia (0%), Baixo-Araguaia (0%), Paraná (9%), Alto-médio Tocantins(5%), Sono (0%) e Submédio Tocantins (1%). A inspeção do quadro de tratamento de esgotos é ainda mais decepcionante. A UPH com melhor cobertura é o Alto Mortes com apenas 15%; com cobertura igual ou maior a 5% apenas três UPHs (Alto-Médio Araguaia, 8%; Paraná, 6%; e Alto-Médio Tocantins, 5%). As demais UPHs apresentam valores iguais ou menores que 1%.

A coleta de resíduos sólidos domiciliares tem duas UPHs abaixo de 60% (Sub-Médio Araguaia, 54%; Baixo Tocantins, 59%). As demais se situam entre 73% e 96%. Já a disposição final adequada está bem distante desses valores, situando-se entre 10% e 40%. Os mais altos são 50% na UPH Alto-Médio Tocantins, 46% na UPH Alto Tocantins e 46% no Alto-Médio Araguaia. Porém quatro UPHs - Submédio Araguaia, Sono, Médio Tocantins e Sub-Médio Tocantins – ficam em 0%. O Quadro 6.6 apresenta um panorama das opções de disposição final de resíduos sólidos para cada UPH da bacia e as respectivas quantidades.

O PIB de três UPHs (Alto Araguaia, Alto Tocantins e Alto-Médio Tocantins) supera a marca de R\$ 2 bilhões. O mais alto IDH-M é apresentado pela UPH Alto Mortes (0,776) e o mais baixo é da UPH Sono (0,649).

Quadro 6.6.- Quantidades de resíduos sólidos e tipos de disposição final utilizada por UPH da Bacia Tocantins-Araguaia

Quantidade de lixo disposto (t/d)											
UPHs	TAR-	Área (km ²)	Vazadouro a céu aberto(lixão)	Vazadouro em áreas alagadas	Aterro Controlado	Aterro Sanitário	Estação de Compostagem ou Triagem	Incineração	Não coletado disposto em local não definido	Total produzido	Total adequadamente disposto
Alto Araguaia	1	62.240	468	0	0,0	197	25	0	176	866	222
Alto Mortes	2	40.130	100	102	23,0	0	0	0	40	265	23
Baixo Mortes	3	21.584	30	0	18,0	0	0	0	4	52	18
Alto Médio Araguaia	4	69.822	469	0	79,0	131	0	0	170	849	210
Médio Araguaia	5	86.160	111	0	116,2	11,5	0	0	81	320	128
Sub Médio Araguaia	6	67.964	452	0	24,0	90	0	0	583	1.149	114
Baixo Araguaia	7	36.760	199	0	6,0	68	0	0	131	405	74
Alto Tocantins	8	51.201	304	0	5.236,0	227	521	23	227	6.537	6007
Paraná	9	39.313	152	0	78,0	50	0	0	87	367	128
Alto Médio Tocantins	10	72.946	234	0	192,0	121	0	0	181	728	313
Sono	11	45.687	31	0	81,0	0	0	0	12	125	81
Médio Tocantins	12	76.953	788	0	81,0	64	0	0	342	1.275	145
Itacaiunas	13	41.219	438	0	8,0	121	0	0	123	691	129
Sub Médio Tocantins	14	26.865	243	0	12,0	0	0	0	74	329	12
Baixo Tocantins	15	5.752	74	0	12,0	0	0	0	95	181	12

Fonte: Consórcio Magna-Cohidro, 2006 e IBGE, 2002

A vocação agrícola da bacia e o seu potencial para tornar-se um celeiro nacional é atestado pelos 133.000 ha irrigados, predominantemente por inundação e por pivô, dos quais 79% são projetos privados. Arroz, soja, feijão, algodão e cana (esta mais recentemente, mas totalizando 93.581ha) são as principais culturas. Cinco usinas de álcool já operam na bacia e mais 35 estão previstas.

O território da Bacia se localiza em clima tropical, apresentando temperatura média anual de 26°C, período chuvoso entre outubro a março, e estiagem nos meses restantes. As precipitações crescem do sul para o norte, sendo que a média anual na Bacia é de 1.726 mm. Na região ocorrem dois períodos climáticos bem definidos:

- a) estação das chuvas, de outubro a abril, quando mais de 90% da precipitação tem lugar;
- b) estação da seca, de maio a setembro, quando as chuvas praticamente desaparecem e a umidade relativa atinge valores significativamente baixos.

As demandas para os diversos tipos de usos na bacia do Tocantins-Araguaia por UPH estão registradas no Quadro 6.7. Através dele evidencia-se que:

- A irrigação representa a mais importante demanda hídrica da bacia, com 65,55 m³/s, isto é, 62,40% .
- A dessedentação animal é o segundo uso mais importante, atingindo 23,57 m³/s, ou seja, 22,44 %
- A UPH Alto Tocantins apresenta o maior uso industrial da água da bacia, totalizando 1,27m³/s ou 20,20 % de todo o uso industrial da bacia que, por seu turno, representa 1,21 % do uso total da água na bacia.
- Em mineração, emprega-se 1.79m³/s na bacia do Tocantins-Araguaia, aos quais pode-se somar mais 0,10m³/s de demandas de termoelétricas existentes.
- Juntos, dessedentação animal e irrigação perfazem 84,84 % das demandas totais da bacia, imprimindo-lhe um perfil agropecuário, para o que muito contribui a baixa densidade demográfica da bacia.

Quadro 6. 7 - Demandas Hídricas na Bacia Tocantins-Araguaia, por Tipo de Uso e UPH (m³ / s)

Unidade de planejamento	Urbanas	Rurais	Irrigação	Animal	Industrial	Miner	Total
Alto Araguaia	0,43	0,044	0,27	2,376	0,36	0,06	3,54
Alto Mortes	0,09	0,002	1,92	1,004	0,06	0,01	3,086
Baixo Mortes	0	0,004	3,61	0,301	-	-	3,915
Alto Médio Araguaia	0,19	0,051	54,26	2,967	0,23	0,58	58,278
Médio Araguaia	0,10	0,040	0,01	1,696	0,14	0,00	1,986
Submédio Araguaia	0,09	0,058	0,04	2,432	0,18	0,00	2,8
Baixo Araguaia	0,24	0,073	3,98	1,818	0,25	0,00	6,361
Alto Tocantins	0,51	0,108	0,64	1,796	1,27	0,35	4,674
Paraná	0,16	0,066	0,35	1,138	0,14	0,01	1,864
Alto Médio Tocantins	0,51	0,061	0,43	1,539	0,26	0,03	2,83
Sono	0,02	0,021	0,04	0,223	0,01	-	0,314
Médio Tocantins	0,72	0,141	0	1,640	0,61	0,00	3,111
Itacaiunas	0,1	0,086	0	1,997	0,09	0,72	2,993
Submédio Tocantins	0,13	0,075	0	0,792	0,15	0,01	1,157
Baixo Tocantins	0,16	0,037	0	0,056	0,08	-	0,333
Pará	0,02	0,103	0	0,424	0,06	-	0,607
Acará-Guamá	2,4	0,478	0	1,372	2,39	0,42	7,06
TOTAL	5,88	1,446	65,55	23,57	6,29	2,21	104,946

Fonte: Consórcio Magna-Cohidro, 2006

A gestão dos recursos hídricos na bacia ainda está em seus estágios iniciais. Todos os estados já têm um órgão gestor, mas as prioridades estaduais nem sempre se encontram na Bacia do Tocantins-Araguaia. Dos instrumentos de gestão, apenas a outorga tem sido aplicada por alguns estados (Pará, Goiás) em resposta a demandas de usuários que a solicitam (uma postura reativa) porém um exame mais acurado revela tratar-se de uma autorização ligada à licença ambiental. Mato Grosso iniciou a elaboração de um Plano Estadual de Recursos Hídricos, mediante a contratação de

um grupo de consultores autônomos sediados em diferentes estados que se reúne mensalmente e o Tocantins está solicitando um empréstimo internacional para fazer o seu Plano Estadual de Recursos Hídricos. Algumas organizações têm buscado mobilizar a sociedade em torno da problemática dos recursos hídricos porém, apesar do interesse genérico da sociedade, nada mais concreto tem sucedido. Desse modo, as políticas de recursos hídricos – nacional e estaduais – na bacia se encontram em seus estágios iniciais de implantação.

Uma avaliação integrada das características e condições predominantes na bacia permite identificar que os principais aspectos relevantes para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos na Bacia Tocantins-Araguaia tiveram (e ainda têm) sua origem em uma gestão ambiental deficiente/insuficiente e começam a se expandir para o campo dos recursos hídricos. Dentre eles, podem ser enunciados:

1. Ações antrópicas sem controle ligadas à ocupação pioneira de terras e expansão de territórios antropizados - desmatamento e queimadas, abertura de estradas e extrativismo - destroem a vegetação nativa e abrem caminho para a sua substituição por pastagens e culturas agrícolas.
2. A perda da vegetação natural e o manejo agropecuário impróprio deflagram e catalizam processos erosivos que carregam solos, aumentam o escoamento superficial, rebaixam o N.A. e assoreiam rios.
3. Mecanismos de poluição difusa também ligados à atividade pecuária ou ao emprego de fertilizantes e inseticidas/herbicidas contribuem para a degradação da qualidade das águas.
4. Produção crescente de resíduos sólidos que não recebem disposição final adequada ou reaproveitamento. Ausência de metas de redução da quantidade gerada .
5. Ausência ou insuficiência de investimentos em infra-estrutura de saneamento de forma a acompanhar o ritmo de crescimento das áreas urbanas, sinalizando o risco futuro de instalarem-se passivos ambientais que prejudiquem a qualidade dos corpos hídricos da bacia e venham a atingir um nível de difícil reversão. Nessa linha de raciocínio, o caminho crítico passa pelo tratamento de esgotos urbanos, que exhibe cobertura muito inferior à média brasileira, não porque os rios já não possuam uma

confortável capacidade de diluição mas para impedir que o déficit cresça a ponto de exigir investimentos para os quais seja difícil encontrar recursos.

6. Aditivamente ao item anterior, o perfil industrial da bacia, com forte concentração nos setores de laticínios, matadouros e frigoríficos, tornam outra prática presente na bacia o lançamento de efluentes industriais diretamente em rios de pequeno porte, com reduzida vazão, que implica em limitada capacidade de assimilação,. A bacia como um todo pode se apresentar bem, porém pontos localizados poderão estar mal. Ações fiscalizadoras dos órgãos gestores são essenciais nesses casos.
7. As atividades de mineração e garimpo, que assumem dimensões expressivas na bacia, também podem degradar a qualidade das águas com rejeitos, reagentes e assoreamento. A recuperação de áreas degradadas pela mineração, a fiscalização das atividades minerárias e a orientação quanto a medidas preventivas são necessárias para impedir que os corpos hídricos tenham sua qualidade prejudicada.
8. Os reservatórios das usinas construídas e os futuros reservatórios, alguns de grande porte, submetem as águas que ali transitam a mudança de regime, promovendo transformações cujos efeitos devem ser acompanhados. Por isso, eles devem ser objeto de um gerenciamento transparente e campanhas de monitoramento adequadas.
9. O conflito entre o setor de navegação x setor de geração hidrelétrica e entre o primeiro e segmentos da sociedade civil por conta de danos ambientais que esses últimos consideram inaceitáveis. Os dois conflitos são abertos, inclusive com intervenção do Ministério Público e do Poder Judiciário. Atinge igualmente o Rio Tocantins e o Rio Araguaia, embora as situações sejam bastante diferentes em cada caso, e nenhuma mediação foi estabelecida até o momento.
10. Conflitos localizados entre usuários de um mesmo setor, como os que já se manifestaram entre irrigantes no Rio Javaés e seus afluentes (como o Urubu). Aí a instalação de novos usuários e um crescimento rápido das demandas tem superado as vazões de estiagem em alguns anos. Um exame mais apurado mostra que o problema reside em usuários não outorgados, falta de organização dos usuários e projetos mal dimensionados.

11. O desenvolvimento da bacia deverá trazer novos conflitos ligados à gestão ambiental e à gestão dos recursos hídricos, decorrentes do ingresso de novos atores de porte, atraídos pelo potencial da bacia e por pressões dos mercados mundiais (especialmente de grãos, energia biocombustíveis, minérios e carne)
12. Apesar da abundância de água, alguns subafluentes nas cabeceiras das sub-bacias mostram-se críticos na estiagem.
13. Inexistência de uma agenda de cooperação entre os estados em torno de objetivos comuns relacionados a visões de futuro, dos planos de desenvolvimento e dos interesses e prioridades dos Estados que constituem a bacia ou mesmo de problemas da bacia. Para uma bacia com as dimensões e diversidade da Bacia do Tocantins-Araguaia, isso pode ser um sinal de conflitos futuros.
14. A destinação da bacia do Rio Araguaia, particularmente da UPH, perante o projeto da Hidrovia do Araguaia, os projetos públicos e privados de agricultura irrigada, as unidades de conservação e as terras indígenas.

6.3.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia

A aplicação do SINPLAGE à Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia foi feita para cada UPH, tomando-se os pontos TAR-1 a TAR-15 para estudo e determinação dos indicadores que integram o sistema. Os resultados constituem a Figura 6.9, que reúne o Quadro de Indicadores e os Diagramas de Teia correspondentes a esses pontos

BACIA TOCANTINS-ARAGUAIA										
Ponto	Área drenada (km²)	Disponibilidades		Vulnerabilidades		Usos		Gestão		
		D1	D2	V1	V2	U1	U2	G1	G2	
TAR-1	Alto Araguaia	62240	0,980	0,892	0,200	0,256	0,003	0,186	0,200	0,200
TAR-2	Alto Mortes	40130	0,960	0,892	0,250	0,087	0,005	0,071	0,200	0,200
TAR-3	Baixo Mortes	21584	1,000	0,892	0,200	0,129	0,000	0,000	0,200	0,200
TAR-4	Alto-médio Araguaia	69822	0,980	0,892	0,300	0,252	0,003	0,086	0,200	0,200
TAR-5	Médio Araguaia	86160	0,970	0,892	0,300	0,256	0,014	0,026	0,200	0,200
TAR-6	Sub-médio Araguaia	67964	1,000	0,892	0,250	0,204	0,000	0,034	0,200	0,200
TAR-7	Baixo Araguaia	36760	1,000	0,864	0,250	0,202	0,000	0,053	0,200	0,200
TAR-8	Alto Tocantins	51201	0,990	0,159	0,200	0,919	0,007	0,312	0,200	0,200
TAR-9	Paraná	39313	0,990	0,792	0,400	0,349	0,002	0,106	0,200	0,200
TAR-10	Alto-médio Tocantins	72946	0,990	0,677	0,400	0,845	0,002	0,341	0,000	0,000
TAR-11	Sono	45687	1,000	0,768	0,800	0,648	0,001	0,010	0,200	0,200
TAR-12	Médio Tocantins	76953	1,000	0,720	0,200	0,739	0,000	0,059	0,200	0,200
UPH13	Itacaiúnas	41219	1,000	0,813	0,500	0,187	0,007	0,000	0,200	0,200
TAR-14	Sub-médio Tocantins	26865	1,000	0,568	0,700	0,545	0,000	0,002	0,200	0,200
TAR-15	Baixo Tocantins	5752	1,000	0,570	0,850	0,539	0,000	0,008	0,200	0,200

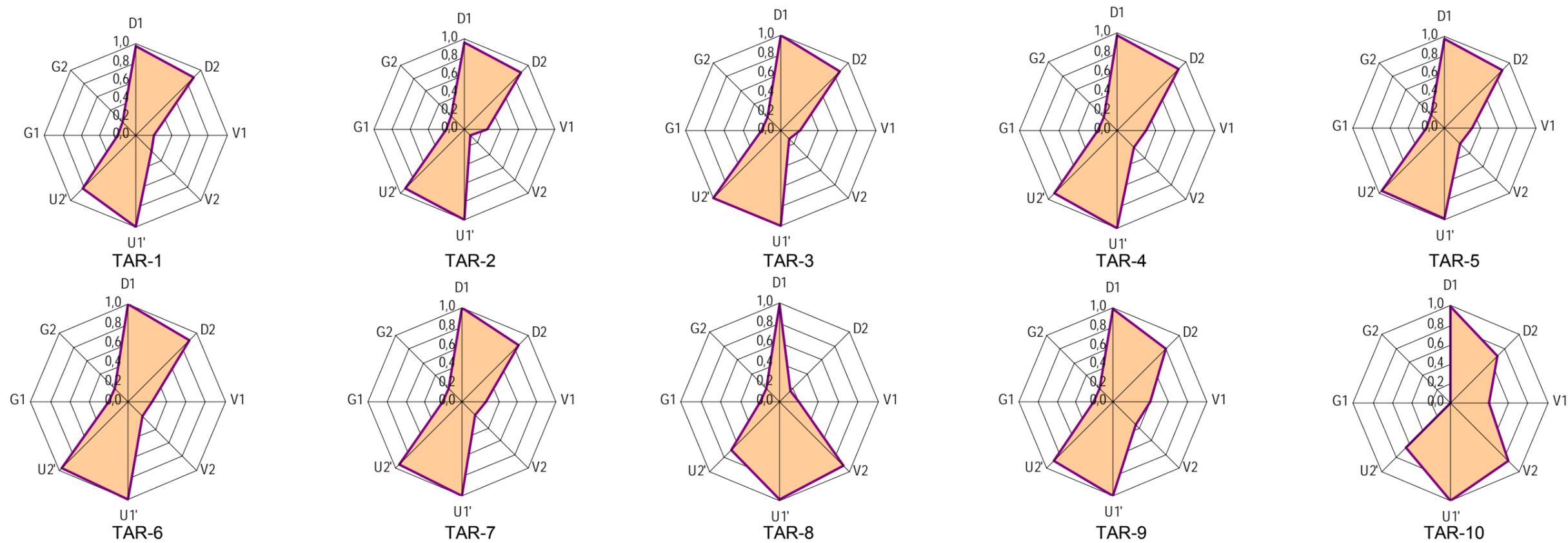
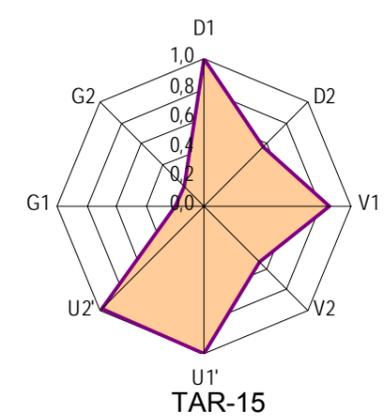
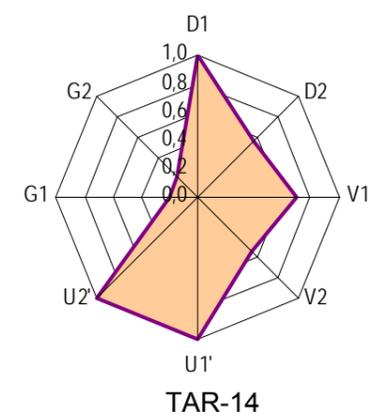
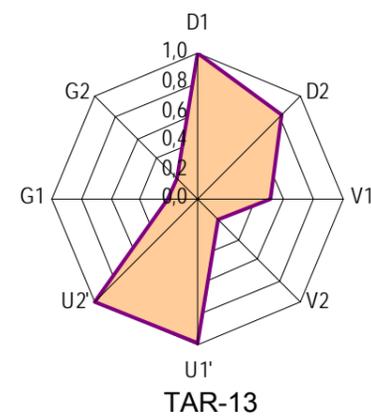
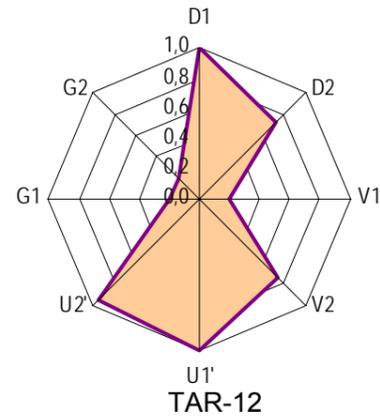
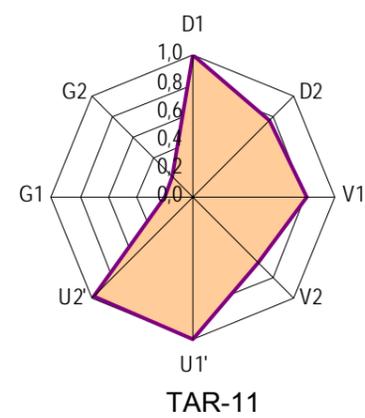


FIGURA 6.9 – QUADRO DE INDICADORES E DIAGRAMAS DE TEIA DOS PONTOS ESTUDADOS – BACIA DO TOCANTINS-ARAGUAIA (continua)



NOTAS

1. Os indicadores U1 e U2 estão representados no diagrama por U1' e U2', mediante as seguintes transformações:
 $U1' = 1 - U1$; $U2' = 1 - U2$.
2. Para localizar os pontos, ver figura 6.7.

FIGURA 6.9 – QUADRO DE INDICADORES E DIAGRAMAS DE TEIA DOS PONTOS ESTUDADOS – BACIA DO TOCANTINS-ARAGUAIA (continuação)

6.3.3. Comentários

A aplicação do SINPLAGE à Bacia do Tocantins expõe o processo de ocupação e desenvolvimento que essa bacia hidrográfica experimentou nas últimas quatro décadas, com a passagem do extrativismo e da pecuária (que ainda subsistem) seguidos da agricultura, da geração de energia e da mineração. Comparada com a bacia do Jutaí (identificada como uma bacia virgem) a avaliação da bacia do Tocantins se apresenta um passo adiante na escala evolutiva das bacias hidrográficas, encontrando-se em adiantado estágio de desenvolvimento pioneiro, traduzido principalmente nos baixos valores dos indicadores de vulnerabilidade, um reflexo das intervenções descontroladas de natureza antrópica.

Além disso, dada sua grande disponibilidade hídrica e o seu estágio de desenvolvimento, os quadrantes da disponibilidade e dos usos ainda se mostram pouco solicitados, com grandes reservas e usos ainda muito reduzidos, incapazes de provocar preocupações. Os diagramas de teia, de um modo geral se expandem no quadrante da disponibilidade e dos usos, mas se apresentam muito acanhados no quadrante da gestão expondo a falta de estruturas estaduais de gestão, uma despreocupação que a sensação de abundância propicia. Por fim, como mencionado, a atividade antrópica associada ao desbravamento e ocupação da bacia fica gravada nos indicadores de vulnerabilidade, ambos geralmente baixos, o primeiro expressando o desmatamento produzido (que, nas cabeceiras da bacia, associado a manejos agropecuários impróprios e em presença de solos com alta susceptibilidade à erosão, tem cobrado elevado preço em termos de erosão, assoreamento de rios e perda de solo) e o segundo marcando o descompasso entre a produção crescente de resíduos sólidos na bacia e a falta de uma destinação adequada para os mesmos, característica própria de áreas que vivem um súbito crescimento e não têm preocupações com a sustentabilidade.

O Quadro 6.8 aprofunda os comentários relativos aos resultados obtidos com a aplicação do SINPLAGE à bacia do Tocantins-Araguaia, examinando o comportamento de cada indicador nos pontos estudados.

Quadro 6.8 - Comportamento de cada indicador perante cada ponto estudado da Bacia do Tocantins-Araguaia e o conjunto deles

INDIC	Comentários
D1	Valores muito altos em todos os pontos, traduz uma bacia rica em água e com um consumo de recursos hídricos ainda desprezível diante da abundância de água. Traduzem aumento da disponibilidade hídrica em decorrência do aumento de contribuições e diminuição dos usos consuntivos para jusante. Acusam melhoria progressiva da disponibilidade hídrica alocável para jusante.
D2	Valores elevados do ponto TAR-1 ao TAR-7 (superiores a 0,80). A presença da UHE Serra da Mesa, com seu grande reservatório regulador exerce influência nos valores de D2 no rio Tocantins a jusante desse ponto, assim como o reservatório de Tucuruí e, em menor grau o de Lajeado. O rio Araguaia não apresenta esse tipo de efeito, pela ausência de reservatórios em seu curso.
V1	Valores de U1 muito baixos na maior parte da bacia, acusando o desmatamento promovido e abrindo caminho para erosão. As UPHs Sono e Baixo Tocantins apresentam os maiores valores de V1 (0,800 e 0,850, respectivamente) seguido do ponto UPH14 (Submédio Tocantins, com 0,700) e UPH13 (Itacaiunas, com 0,500). Nos demais pontos V1 se mostrou inferior a 0,400 e alcançando no Alto Araguaia (UPH1) e Alto Tocantins (UPH8), o valor de 20%
V2	Excetuando-se o Alto Médio Tocantins, os valores de V2 são em geral baixos.
U1	Todos os valores de U1 se mostram muito baixos, gerando uma zona de conforto para usos da água na bacia. O maior valor, dentre os pontos estudados, foi o do ponto 5 (0,014). Nos diagramas de teia, U1 está representado por $U1' = 1-U1$
U2	Como U1, sempre se apresentou muito baixo, inferior a 0,1 exceto nos pontos 1, 8 e 10. O ponto 9 ficou no limite com 0,106. Nos diagramas de teia, U2 foi representado por $U2' = 1- U2$. TAR-10(Alto Médio Tocantins) mostrou o maior valor de U2 (0,341) seguido por TAR-8(Alto Tocantins) com 0,312.
G1	Quase todos os pontos ficaram com 0,2, uma vez que existe apenas o órgão gestor estadual. A exceção foi o ponto TAR-10, que abrange terras do Estado do Maranhão, cuja gestão ainda está por constituir-se e assim, fixou com a pior avaliação.
G2	Aplicam-se os mesmos comentários feitos para G1. Todos os estados estão operando sistemas de outorga com diferentes características.

O exame do conjunto de diagramas permite reunir parte deles em um primeiro grupo, representado pelos pontos TAR-1 a TAR-7, TAR-9 e TAR-13, caracterizados por apresentarem alta disponibilidade hídrica, usos reduzidos frente às disponibilidades, baixos valores de V1, valores de V2 apontando uma vulnerabilidade que já começa a afetar o quadro dos recursos hídricos e uma gestão pouco desenvolvida. As UPHs Sub-Médio Tocantins e Baixo Tocantins representam um subgrupo dentro desse grupo em razão de sua menor vulnerabilidade (V1 e V2 apresentam-se menos críticos, especialmente V1).

As UPHs representadas pelos pontos TAR- 8, -10,-11 e -12 não se filiam a nenhum grupo e traduzem situações particulares que ali se manifestam. A primeira é marcada por seu diagrama singular, causado pelo baixo valor de D2, pelo alto valor de V2 e por um crescimento expressivo das cargas de DBO remanescente (aumento no valor de U2, diminuição de U2' no diagrama). A segunda se diferencia também pelo

alto valor de V2 e por semelhante redução de U2' (as duas apresentam os mais altos valores de U2 registrados no conjunto de pontos estudados). O ponto TAR-11 se distingue por um alto valor de V1 (traduzindo menor degradação da cobertura vegetal), valores de U2' na zona de conforto e valores medianos para V2: se os valores de V2 fossem da mesma ordem que os do ponto TAR-8 ele poderia representar a condição ideal para a bacia. Por fim, o ponto TAR-12 se comporta de forma oposta ao TAR-11, já que apresenta valores de V1 muito baixo e um valor de V2 próximo de 80%.

As UPHs correspondentes aos pontos TAR- 8, -10, -14 e -15 formam um subgrupo caracterizado pelos menores valores de D2 da bacia, isto é, aquelas onde já foram introduzidas as regularizações mais importantes. Essas UPHs, todas ligadas ao Rio Tocantins, correspondem aos diagramas dos pontos TAR-8 (D2=0,159), TAR-10 (D2= 0,677), TAR-14 (D2=0,568) e TAR-15 (D2= 0,570), decorrentes dos reservatórios de Serra da Mesa, Lajeado e Tucuruí.

Os problemas da bacia ainda estão na gestão ambiental e no planejamento e gestão do território. Recuperar a vegetação nativa, determinar ou aferir a capacidade de suporte para as diferentes atividades, estabelecer as práticas adequadas e aquelas que não podem ser permitidas no âmbito dessas atividades, conduzir programas de educação ambiental devem ser as ações na área ambiental. Um exemplo eloqüente do esforço a ser despendido nesse campo é o controle da erosão na região das nascentes do Rio Araguaia, onde práticas agrícolas apropriadas e reflorestamento são duas medidas urgentes a serem introduzidas. A Figura 6.10 ilustra bem a cadeia de efeitos perversos provocados por um mau uso do território.

Na área de recursos hídricos, as ações devem voltar-se para administrar as interfaces e zonas cinzentas, promovendo permanente diálogo com áreas afins e para a educação ambiental orientada para o uso racional e integrado dos recursos hídricos. O foco em todos os casos deve ser remediativo no que tange às vulnerabilidades e preventivo no que se refere aos usos e disponibilidades.

Apesar de não comprometerem significativamente a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, o setor de saneamento deve merecer atenção no planejamento dos recursos hídricos da bacia, especialmente o tratamento de efluentes domésticos e a disposição adequada de resíduos sólidos. Planos de recursos hídricos devem levar

em conta os lançamentos de efluentes e a produção e disposição de resíduos sólidos pelos núcleos urbanos da bacia.

A gestão deve se concentrar, com a antecipação necessária, nos órgãos gestores, especialmente na sua capacidade técnica e administrativa, fiscalização e poder de intervenção em situações localizadas.



Fonte: Embrapa, 2007 (Foto: René Boulet)

Figura 6.10 – Erosão Chitolina, na propriedade de mesmo nome, a 15 km das nascentes do Araguaia - cinco quilômetros de extensão, por 70 metros de largura e 50 metros de profundidade. Em primeiro plano, o rio Araguaia.

6.4. Bacia do Paraíba do Sul

6.4.1. Breve descrição da bacia

A Bacia do Paraíba do Sul está localizada na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, abrangendo cerca de 56.000km² distribuídos pelos estados de S. Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Neste último estado constitui a principal bacia hidrográfica, responsável pelo suprimento de água potável a numerosas cidades, inclusive aquelas integrantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que dela recebe cerca de 46m³/s. A Figura 6.11 apresenta a Bacia do Paraíba do Sul e suas principais feições de interesse para o presente estudo.

A bacia do rio Paraíba do Sul tem sido submetida a um conjunto de iniciativas ligadas à implantação da moderna gestão dos recursos hídricos que a colocaram na vanguarda desse processo, tendo sido ali, pela primeira vez, implantada a cobrança pelo uso da água. A Figura 6.12 historia, em uma linha do tempo, os principais eventos ligados ao planejamento e gestão dos recursos hídricos que ali tiveram lugar nos últimos vinte anos.

Dentre os principais projetos conduzidos na bacia nesse período merecem destaque o Projeto Paraíba do Sul, desenvolvido entre 1992 e 1998 pela Cooperação Técnica França-Brasil; o Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica da Bacia do Rio Paraíba do Sul, denominado PQA (Consórcio ICF Kaiser-Logos, 1999a;1999b;1999c;1999d); o Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul, elaborado pela Fundação COPPETEC(2000); o Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança pelo Uso da Água, entre 2001 e 2002 (Fundação COPPETEC, 2002); e, mais recentemente, o “Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul – Resumo”, uma atualização do Plano de Recursos Hídricos realizado em 2001-2002, cujo Diagnóstico (Fundação COPPETEC, 2006) consolida todo o acervo de informações reunido na última década, particularmente as transformações ocorridas no arranjo institucional da bacia. Outros estudos específicos utilizados neste trabalho são encontrados em Consórcio JMR-Engecorps (2005c;2005f), Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica Rio do Paraíba(2001), ANA (2003a;2003b,2003c;2004a), FEAM(2000), Furnas-Engevix (1990), Cooperativa de Serviços, Pesquisas Tecnológicas e Industriais (2000).

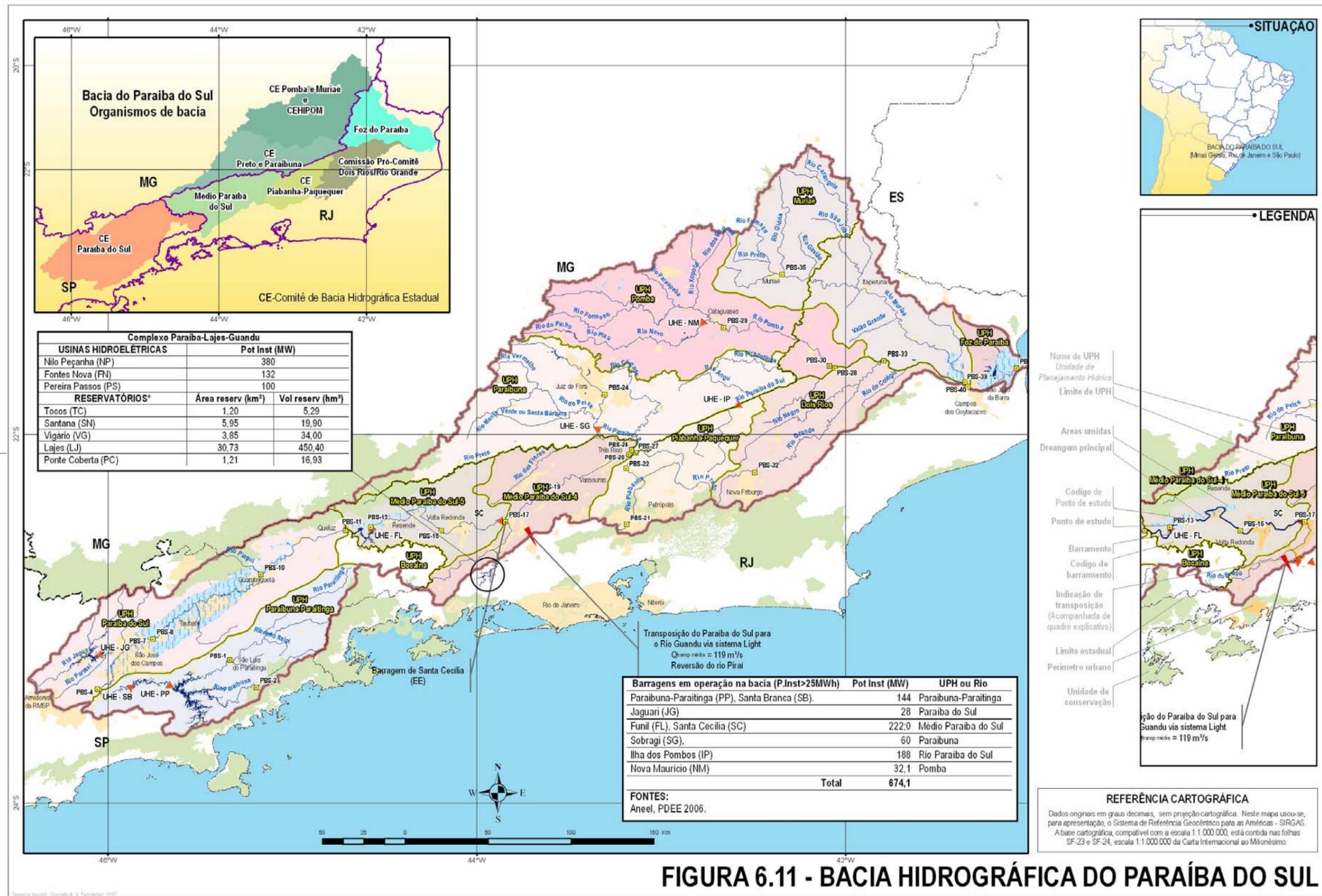


FIGURA 6.11 - BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL

Gestão na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – 1978 ao Presente

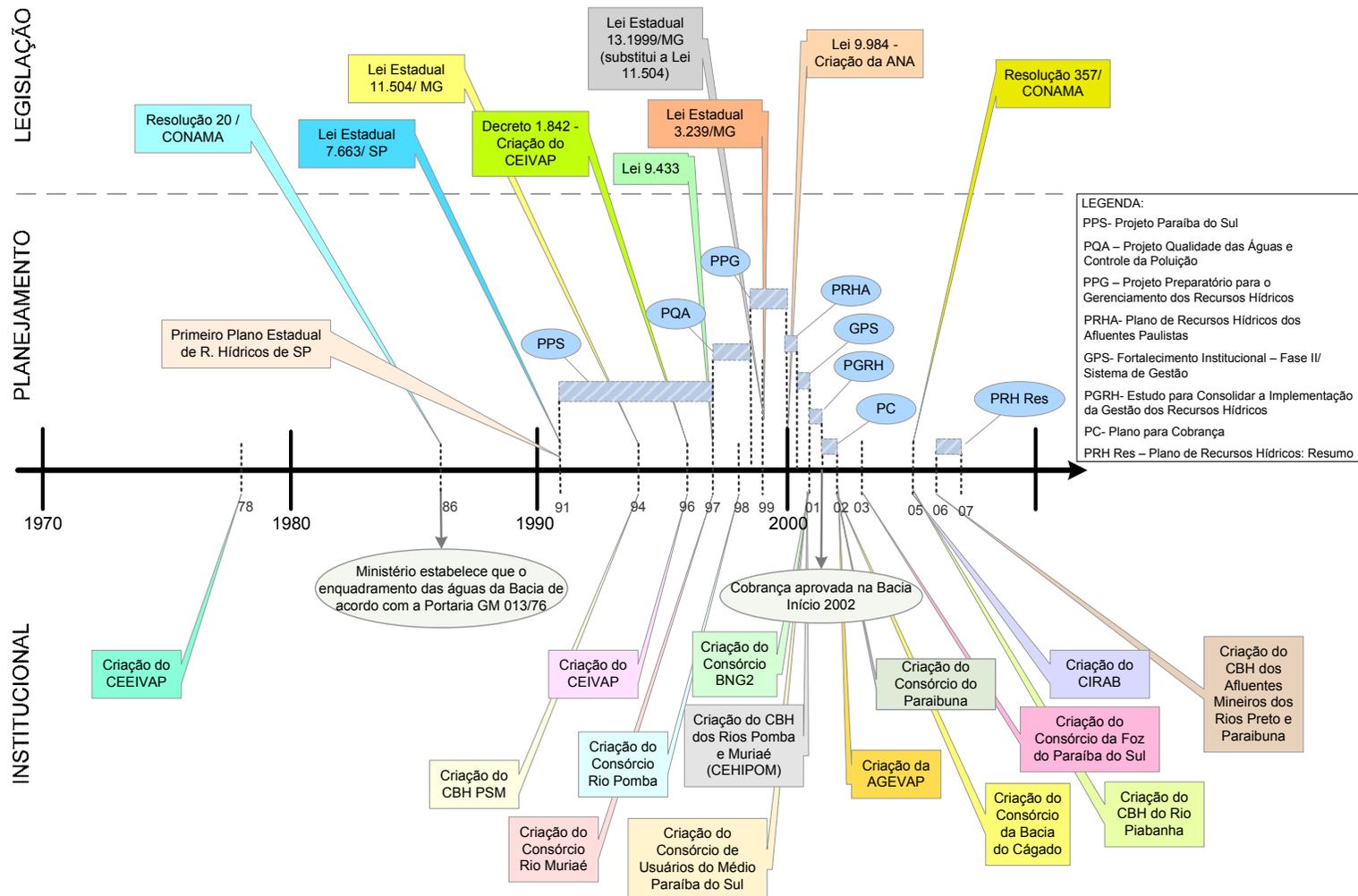


Figura 6.12 - Bacia do Paraíba do Sul - Linha do Tempo para o Planejamento e Gestão da Bacia.

O rio Paraíba do Sul é formado pelos rios Paraibuna e Paraitinga, que nascem na Serra da Bocaina e dirigem-se para SW até confluírem e originarem o Paraíba do Sul, próximo à cidade de Paraibuna. Ao chegar a Guararema, o Paraíba descreve uma curva de 180 graus e passa a correr para NE, sobre terrenos da bacia terciária de Taubaté, ao longo de um “graben”⁴⁴⁴ no trecho paulista. No trecho fluminense mantém esse curso, atravessando a bacia terciária de Resende a partir de onde corre sob controle estrutural, desde Barra do Pirai até encontrar o rio Pomba. Dali a Campos dos Goytacazes o rio toma a direção geral E-W e, depois dessa cidade, ele retoma o curso orientado para NE até desaguar no Oceano Atlântico, em um delta. De Três Rios à foz do Pirapetinga, o Paraíba do Sul demarca a fronteira entre os Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais.

A bacia do Paraíba do Sul banha os estados de S. Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. A Tabela 6.3 apresenta a participação de cada estado na Bacia

Tabela 6.3 – Participação dos Estados na Bacia do Paraíba do Sul

Estados \ Área na Bacia	km2	%
São Paulo	13.500	24,4
Rio de Janeiro	21.000	37,9
Minas Gerais	20.900	37,7
Total	55.400	100,00

Fonte: Fundação Coppetec, 2002

A bacia é limitada pela Serra dos Órgãos e pelos trechos fluminense e paulista da Serra do Mar, ao sul, e pelo divisor que a separa da Bacia do Tietê, a oeste (ramificações da Serra do Mar e da Mantiqueira). A leste, a Serra da Mantiqueira estabelece os limites da bacia e, ao norte, essa função é cumprida pela Mantiqueira e pela Serra do Caparaó.

O rio Paraíba do Sul tem uma extensão da ordem de 1.100km, contada a partir da nascente do Paraitinga. Os principais afluentes do Paraíba do Sul estão relacionados no Quadro 6.9.

⁴⁴⁴ Graben é um termo usado para descrever uma fossa tectônica, um bloco rochoso situado entre sistemas de falhas longitudinais situados em suas margens, gerando um vale alongado de fundo plano e paredes íngremes. As paredes íngremes, que não sofreram afundamento recebem o nome de horst.

Quadro 6.9 – Principais afluentes do Rio Paraíba do Sul

Rio	Margem	Domínio	Principais cidades banhadas	Afluentes	Observações
Jaguari	Esq	S. Paulo	Santa Isabel	Buquira, Parateí	Barragem de Jaguari
Pirai	Dir	União	Pirai e Barra do Pirai	Mendes	Curso totalmente alterado por barramentos
Piabanha	Dir	Rio de Janeiro	Petrópolis, Teresópolis Areal, Tres Rios	Preto, Paquequer	Piabanha:80 km de extensão Paquequer:75km de extensão
Paraibuna(MG)	Esq	União (Preto, Peixe e o trecho final do Paraibuna*) e Minas Gerais (o resto)	Juiz de Fora, Matias Barbosa	Preto e Peixe	180 km de extensão
Pomba	Esq	União	Cataguazes	Novo, Formoso, Bagres,	300 km de extensão
Dois Rios	Dir	Rio de Janeiro	Nova Friburgo	Negro e Grande	Um dos formadores do Rio Grande, o Bengala, banha Nova Friburgo
Muriaé	Esq	União	Muriaé, Itaperuna	Glória, Carangola, Fumaça	250km de extensão

* onde desenha a fronteira MG-RJ

A bacia do rio Paraíba do Sul foi dividida, para fins desse trabalho, tal como as outras bacias estudadas, em Unidades de Planejamento Hídrico. Onze unidades foram reconhecidas, a saber:

- Paraibuna-Paraitinga
- Paraíba do Sul –SP
- Médio Paraíba do Sul 5
- Médio Paraíba do Sul 4 (a partir da transposição em Santa Cecília)
- Bocaina (em território paulista, com rios que correm para o território fluminense)
- Piabanha-Paquequer
- Paraibuna
- Dois Rios

- Pomba
- Muriaé
- Foz do Paraíba

Essas UPHs estão destacadamente representadas na Figura 6.11, permitindo ao leitor examinar seus limites e relações.

A população urbana total da bacia (IBGE,2000) é de 4.922.779 habitantes, dos quais 2.142.397 vivem no Estado do Rio de Janeiro; 1.632.670 em Minas Gerais e 1.147.712 se encontram no Estado de S. Paulo. A população total da bacia é de 5.556.885 habitantes, com um grau de urbanização de 88,6%

Um impressionante conjunto de importantes cidades são banhadas pelo rio Paraíba do Sul, todas marcadas por importante produção industrial e pelo parque tecnológico instalado, destacando-se:

- Jacareí, S. José dos Campos, Caçapava, Pindamonhangaba, Taubaté, Aparecida do Norte, Guaratinguetá, Lorena, Queluz (em S. Paulo);
- Resende, Porto Real, Barra Mansa, Volta Redonda, Barra do Piraí, Vassouras, Paraíba do Sul, Três Rios e Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio;

S. José dos Campos e Campos dos Goytacazes se inscrevem no restrito grupo de cidades brasileiras com mais de 400.000 habitantes e diversas cidades da bacia já se mostram conurbadas, como Taubaté-Aparecida do Norte e Barra Mansa-Volta Redonda. Além dessas cidades, devem ser lembradas, ainda, Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, no Rio de Janeiro, bem como Juiz de Fora, Matias Barbosa, Cataguazes e Muriaé, em Minas Gerais, todas banhadas por tributários do Paraíba do Sul.

Muitas cidades da bacia do Paraíba do Sul têm experimentado um crescimento urbano desordenado, com ocupação da planície de inundação do rio principal e margens de afluentes menores, criando problemas de drenagem urbana, enchentes e degradação das calhas e dos próprios cursos d'água. Nesse sentido, na bacia do Paraíba do Sul reconhecem-se os primeiros sinais do conflito gestão urbana com gestão dos recursos hídricos que atinge em S. Paulo, na UGRHI Alto Tietê, a situação mais crítica.

A região do Paraíba do Sul é dotada de importante sistema de transporte e logística, que facilitam o acesso de insumos e escoamento da produção.

O rio Paraíba do Sul apresenta valores de disponibilidade hídrica ($Q_{95 \text{ increm}} + Q_{\text{reg}}$) da ordem de 379,5m³/s na foz e de 196,5m³/s em Santa Cecília⁴⁴⁵. Os principais usos da água na bacia, quanto à captação, são abastecimento urbano, industrial e irrigação; quanto ao consumo, a irrigação supera o industrial e o urbano, esses últimos muito próximos.

Quanto ao saneamento, as coberturas globais para a bacia são: 89,2% para o abastecimento de água; 82,3% para coleta e afastamento de esgotos; 15,9% para tratamento de esgoto⁴⁴⁶ e 96,9% para coleta de resíduos sólidos.

O curso do rio Paraíba do Sul (e de alguns afluentes) também notabiliza-se por abrigar um conjunto de aproveitamentos hidrelétricos construídos entre 1940 e 1970, do qual destaca-se o Complexo de Lajes, que se vale de uma transposição de bacias para gerar 612MW, a menos de 50 km do centro do Rio de Janeiro, e transferir as águas, depois de turbinadas, para a calha do Rio Guandu. Isso permitiu o seu aproveitamento, da década de 1960, para o abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, através da ETA e Adutora do Guandu. Os principais componentes (usinas e reservatórios) desse Complexo se encontram tabulados e indicados na Figura 6.11. O Quadro 6.10, a seguir apresentado, reúne algumas características dos principais aproveitamentos hidrelétricos (com potência instalada superior a 25MW) em operação na bacia.

⁴⁴⁵ Foram constatadas algumas diferenças entre os valores de disponibilidade hídrica e de usos pelos diferentes usuários apresentados no Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul – Resumo (Fundação COPPETEC, 2006) e os constantes do banco de Dados da ANA (de 2005), principalmente quanto a demandas e consumos em irrigação. É possível que os dados reunidos pela Fundação COPPETEC, mais recentes, sejam mais exatos. Isso, entretanto, não invalida o uso dos dados integrantes do BD-ANA, já utilizado nas outras bacias anteriormente estudadas, nas aplicações feitas para a bacia do Paraíba do Sul nem nos resultados obtidos e conclusões alcançadas.

⁴⁴⁶ A cobertura de tratamento de esgotos refere-se à população total da bacia. Dados extraídos do Banco de Dados da ANA/SPR, relativos a 2000.

Quadro 6.10 - UHEs maiores que 25MW em operação na bacia do Paraíba do Sul

AHE	Pot Inst (MW)	Proprietário	Rio	Área Reserv (km2)	Vol Reserv (Ha)
Paraibuna-Paraitinga	86	Cesp	Paraibuna	188,97	4.732
Santa Branca	58	Light	Paraíba do Sul	31	438
Jaguari	28	Cesp	Jaguari	60,9	12.365
Funil	222	Furnas	Paraíba do Sul	40,2	726
Santa Cecília	-	Light		2,7	5,6
Morro Grande	20	Cerj	Piabanha	-	-
Sobragi	60	Paraibuna de Metais	Paraibuna	-	-
Ilha dos Pombos	188	Light	Paraíba do Sul	4,2	6,8
Nova Maurício	32,1	Valesul Alumínio	Rio Novo	-	-
Nilo Peçanha	380	Light	Complexo Lajes	-	-
Fontes Nova	132	Light	Complexo Lajes	-	-
Pereira Pasos	100	Light	Complexo Lajes	-	-
RESERVATÓRIOS*		Proprietário		Área(km2)	
Tocos	-	Light	Complexo Lajes	1,2	
Santana		Light	Complexo Lajes	5,95	
Vigário		Light	Complexo Lajes	3,85	
Lajes		Light	Complexo Lajes	30,7	
Ponte Coberta		Light	Complexo Lajes	1,2	

Fontes:, ANEEL e MME(PDEE 2006-2015)

* Reservatórios que integram o Complexo Lajes-Paraíba do Sul

Além dessas, devem ser mencionadas as seguintes usinas, que fazem parte do PDEE2006-2015 e cuja construção está programada para esse período:

AHE	Pot. Inst(MW)	Rio
Simplício	333,7	Paraíba do Sul
Barra do Pomba	70	Paraíba do SUI
Cambuci	50	Paraíba do Sul
Barra do Braúna	39	Pomba
Picada	50	Peixe

O Complexo de Lajes-Paraíba do Sul é presentemente operado segundo a Resolução ANA 465, de 20/09/04, que restabeleceu a vigência da Resolução ANA 211, de 26/05/03, e fixa 119 m³/s como limite mínimo para captação e bombeamento em Santa Cecília e 120m³/s como descarga mínima instantânea defluente em Pereira Passos. Uma vazão mínima de 71m³/s deve ser mantida no Rio Paraíba do Sul para jusante de Santa Cecília. A operação desse sistema foi colocada à prova na estiagem de 2003-2004, exigindo uma negociação que envolveu a ANA, a O N S, a ANEEL, o CEIVAP, o CBH Guandu, a Light, Furnas e a CESP. O êxito na administração desse quadro crítico levou o CEIVAP a instituir, através de sua Deliberação 53, de 16/09/05, o GT permanente de acompanhamento da operação hidráulica da bacia do rio Paraíba do Sul, para atuação conjunta com o CBH Guandu. Esse GT é formado por representantes do CEIVAP, CBH Guandu, ANEEL, ANA, O N S, empresas geradoras de energia e usuários de água das duas bacias.

A transposição, inicialmente concebida para geração de energia, hoje desempenha papel fundamental no abastecimento da RMRJ e no atendimento às múltiplas demandas dos usuários instalados na bacia do Guandu.

A significativa transposição e as várias intervenções no regime hidrológico e hidráulicos, ao longo de seu curso e de vários afluentes, posicionam a bacia do Paraíba do Sul em um estágio de desenvolvimento maduro, que demanda intensa gestão, inclusive na forma de regulamentar a operação das estruturas hidráulicas e na administração de conflitos entre usuários.

A gestão dos recursos hídricos na bacia do Paraíba do Sul se beneficia do fato dela envolver os três estados mais desenvolvidos do Brasil. Ela é orientada pela Lei

no.9433, de 08 de Janeiro de 1997, nos rios de domínio federal, e pelas leis estaduais 7.663/91 (S.Paulo), 13.199 (Minas Gerais) e 3.239/99 (Rio de Janeiro) nos rios de domínio estadual.

Os órgãos gestores da bacia são:

- ANA, nos rios de dominialidade federal - os principais sendo o Paraitinga, Paraíba do Sul, Piraí, Preto, Peixe, Paraibuna (trecho final apenas), Pomba e Muriaé;
- DAEE, nos rios de domínio do Estado de S. Paulo;
- IGAM, nos rios de domínio do Estado de Minas Gerais;
- SERLA, nos rios de domínio do Estado do Rio de Janeiro.

No plano federal, a gestão dos recursos hídricos está bastante avançada, com a agência reguladora correspondente (ANA) implantada há sete anos, o CNRH efetivamente instalado há seis e vários comitês de bacia em rios de dominialidade federal já instalados; o rio Paraíba do Sul é uma opção preferencial declarada pela ANA em diversas oportunidades.

O Estado de S. Paulo lidera, no nível estadual, a gestão de recursos hídricos do Brasil. Sua lei precedeu a lei federal e dispõe de todos os elementos administrativos, inclusive Plano Estadual e Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO). O trecho paulista da Bacia do Paraíba do Sul constitui uma UGRHI e um Comitê de Bacia estadual foi criado em 1994.

No Estado do Rio, em 2005, foi criado o Comitê da Bacia do Piabanha e das Sub-bacias do Paquequer e Preto (CE Piabanha-Paquequer). Além dele, desde 2001, existe a Comissão Pró-Comitê da Bacia do Rio Grande/Dois Rios.

Em 2006, foram criados dois comitês estaduais interessando os afluentes mineiros que integram as bacias dos rios Preto e Paraibuna e dos rios Pomba e Muriaé. Esse último comitê estadual coexiste, nas sub-bacias do Pomba e Muriaé, com um Comitê Federal dos Rios Pomba e Muriaé (CEHIPOM).

Uma entidade – a Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP) - foi criada em 2002 e instalada em 2004 para atuar como agência de bacia.

A Bacia do Paraíba do Sul possui um Plano de Recursos Hídricos, objeto de uma atualização recente (2006) e abrangendo a bacia como um todo. A porção paulista do Paraíba do Sul teve um Plano elaborado para o período 2003-2007; o Estado de S. Paulo quadrienalmente elabora um Plano Estadual de Recursos Hídricos; a versão em vigor cobre o período 2003-2007. O Rio de Janeiro e Minas Gerais não possuem Planos Estaduais de Recursos Hídricos e inexistem Planos de Recursos Hídricos para bacias nesses estados.

Todos os estados operam sistemas de outorga baseados em legislação específica e com diferentes graus de eficiência. ANA, DAEE e SERLA de outorgam diluição. ANA, DAEE e IGAM possuem sistemas de informação de recursos hídricos operantes.

A cobrança pelo uso da água nos rios de dominialidade federal foi iniciada em 2003 interessando os setores de saneamento, indústria, PCHs, aquicultura e agropecuária. Posteriormente, ela foi estendida ao setor de mineração e à transposição (bacia do Guandu). Além dessa cobrança, o Estado do Rio de Janeiro já vem cobrando pelo uso das águas estaduais desde 2004. O Estado de S. Paulo já aprovou a cobrança subordinada à deliberação dos Comitês, o que só veio a acontecer, no CBH-PS, em Julho de 2007

Na bacia do rio Paraíba do Sul, são relatados conflitos entre irrigantes nos rios Paigui e Piarapitingui, ambos afluentes pela margem esquerda, no trecho paulista; conflitos entre irrigantes e a indústria no ribeirão da Serragem, afluente da margem esquerda do rio Paraíba do Sul, a jusante da cidade de Tremembé; conflitos entre irrigantes e a Prefeitura de Guaratinguetá, decorrente do uso intensivo de defensivos agrícolas a montante da tomada para abastecimento de água do município; conflitos entre os irrigantes das áreas de plantio de cana-de-açúcar e os usineiros de açúcar e de álcool que utilizam água dos canais construídos pelo DNOS no trecho da Baixada Campista - região entorno do Município de Campos dos Goytacazes/RJ.

Conflitos de areeiros com os órgãos de licenciamento ambiental têm sido registrados no Paraíba do Sul paulista, pelos danos provocados na planície de inundação do rio, na dinâmica fluvial e no habitat.

A bacia do Paraíba do Sul tem sido aclamada como a mais avançada no Brasil, no que tange à gestão dos recursos hídricos. De fato, ela tem sido pioneira em uma série de decisões e procedimentos, destacando-se: a instalação do primeiro Comitê de Bacia com a participação dos estados e da União; a implantação da cobrança; o reconhecimento da primeira entidade delegatária para gestão dos recursos hídricos; e a celebração do respectivo contrato de gestão com a ANA. No entanto, decorridos dez anos após a criação do CEIVAP e do início da elaboração do PQA, as realizações ainda se mostram insuficientes para que importantes transformações ocorram. Os órgãos gestores ainda se mostram desnivelados entre si e com assimetrias na avaliação estratégica da importância do Paraíba do Sul; como consequência, não tem sido possível mobilizá-los e aos principais atores da bacia com a intensidade necessária com o objetivo de (i) remover os obstáculos para uma gestão ágil, objetiva e dinâmica e (ii) concentrar recursos e atacar decisiva e prioritariamente as questões-chave da bacia.

6.4.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia do Paraíba do Sul

Os indicadores foram determinados para 26 pontos distribuídos por 10 das 11 UPHs em que a Bacia do Paraíba do Sul foi dividida para fins desse estudo. A localização dos pontos estudados está indicada na já referida Figura 6.11 e os valores dos indicadores determinados para cada ponto se encontram na Figura 6.13, que reúne o Quadro de Indicadores e os Diagramas de Teia correspondentes a esses pontos. Para aplicação do SINPLAGE utilizou-se como fonte de dados relativos a retiradas e consumos o Banco de Dados ANA/SPR, no CENSO 2000 (IBGE, 2001) na PNSB (IBGE, 2002), e no Diagnóstico dos Recursos Hídricos, elaborado no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo (Fundação COPPETEC, 2006).

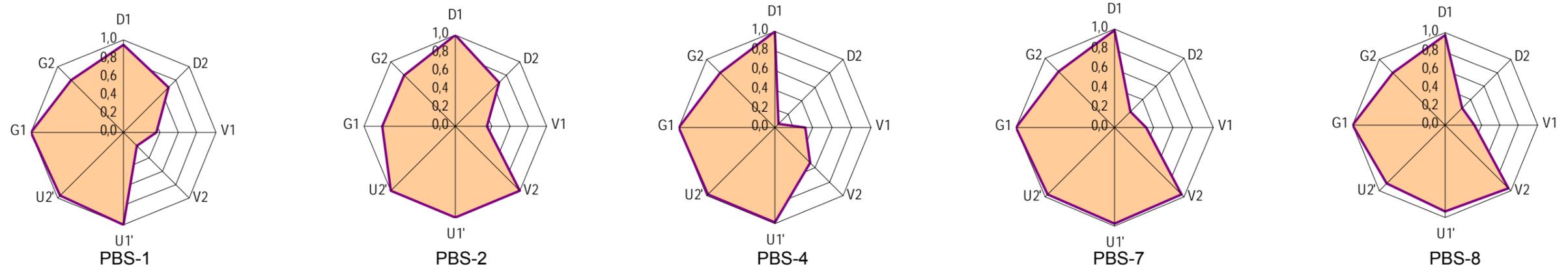
6.4.3. Comentários

A aplicação do Sistema de Indicadores proposto à Bacia do Paraíba do Sul permitiu capturar as diferentes situações ali presentes relativamente aos recursos hídricos, particularmente os efeitos das barragens de Paraibuna-Paraitinga e Funil sobre o regime fluvial do rio Paraíba do Sul, bem como os efeitos provocados pela transposição das águas do Paraíba do Sul para a bacia do Guandu, em Santa Cecília, sobre a disponibilidade de recursos hídricos (indicadores D1 e D2).

Os diagramas de teia revelam uma bacia com grande disponibilidade hídrica na calha do Paraíba, a montante da transposição, e uma progressiva recuperação dos indicadores D1 e D2 a partir do ponto PBS-17, onde tem lugar a transferência de águas Bacia do Paraíba do Sul – Bacia do Guandu. Nos principais afluentes fluminenses e mineiros, observa-se uma situação menos confortável – tanto de D1 quanto de U2 – chegando a crítica nas cabeceiras de alguns afluentes, como a jusante de Petrópolis (Rio Piabanha), Nova Friburgo (Rio Bengala) e Juiz de Fora (Rio Paraibuna).

O Quadro 6.11 resume o comportamento de cada indicador nos diversos pontos estudados, cuja localização se encontra na Figura 6.11

PARAÍBA DO SUL											
Ponto	Descrição	Dist. Nacs. (km)	Área drenada (km ²)	Disponibilidades		Vulnerabilidades		Usos		Gestão	
				D1	D2	V1	V2	U1	U2	G1	G2
1	R. Paraitinga, jusante de S. L. do Paraitinga	112,8	1.988	0,943	0,686	0,352	0,2140	0,006	0,276	1,000	0,800
2	R. Paraibuna (SP)	51,4	339	0,995	0,686	0,352	1,0000	0,002	0,000	0,800	0,800
4	R. Paraiba do Sul, Garganta de Guararema	237,7	5.364	0,996	0,047	0,320	0,5130	0,008	0,100	1,000	0,800
7	R. Paraiba do Sul, jusante do Jaguari	279,3	7.532	0,990	0,231	0,320	0,9620	0,022	0,410	1,000	0,800
8	R. Paraiba do Sul	300,9	8.189	0,978	0,268	0,320	0,9620	0,063	1,008	1,000	0,800
10	R. Paraiba do Sul, jusante de Guaratinguetá	415,9	8.452	0,948	0,371	0,320	0,9160	0,094	1,540	1,000	0,800
11	R. Paraiba do Sul, jusante de Queluz	479,7	12.831	0,948	0,419	0,320	0,8490	0,087	1,635	1,000	0,800
13	R. Paraiba do Sul, jusante da UHE Funil	507,7	13.463	0,962	0,233	0,271	0,8460	0,083	1,185	1,000	0,800
15	R. Paraiba do Sul, montante Barra Mansa	570,2	15.670	0,963	0,297	0,271	0,8580	0,075	1,216	1,000	0,800
17	R. Paraiba do Sul, Santa Cecília	619,3	16.706	0,360	0,197	0,147	0,8270	0,570	1,264	1,000	0,800
19	R. Paraiba do Sul, jusante de Barra do Pirai	650,3	17.849	0,376	0,228	0,147	0,7860	0,536	1,311	1,000	0,800
20	R. Paraiba do Sul, montante do Piabanha	717,8	19.374	0,394	0,264	0,147	0,7650	0,499	1,392	1,000	0,800
21	R. Piabanha, jusante de Petrópolis	21,5	163	0,496	0,686	0,336	0,9670	0,638	44,665	0,600	0,200
22	Foz do Piabanha	86,8	2.164	0,852	0,686	0,336	0,9390	0,108	5,045	0,600	0,200
24	R. Paraibuna, jusante de Juiz de Fora	77,1	1.022	0,885	0,686	0,183	0,9870	0,168	12,027	0,400	0,400
26	Foz do Paraibuna (MG)	189,3	8.460	0,976	0,686	0,147	0,9260	0,026	1,721	0,400	0,400
27	R. Paraiba do Sul, jusante do Paraibuna	720,8	30.000	0,500	0,414	0,183	0,8140	0,337	1,583	1,000	0,800
28	R. Paraiba do Sul, montante do Pomba	853,9	34.383	0,531	0,448	0,206	0,8090	0,062	1,508	1,000	0,800
29	R. Pomba, jusante de Cataguases	49,8	5.998	0,946	0,686	0,057	0,4270	0,036	1,483	0,400	0,400
30	Foz do R. Pomba	233,6	8.566	0,938	0,686	0,057	0,3360	0,038	1,428	0,400	0,400
32	R. Bengala, jusante de Nova Friburgo	28,7	223	0,613	0,686	0,206	0,9840	0,485	18,500	0,400	0,200
33	Foz R. Dois Rios	186,5	3.152	0,916	0,686	0,206	0,9060	0,062	1,843	0,400	0,400
35	R. Muriaé, jusante de Muriaé	49,8	1.157	0,943	0,686	0,112	0,0990	0,038	2,230	0,400	0,400
39	Foz do Muriaé	224,5	8.292	0,933	0,686	0,112	0,3930	0,034	0,928	0,400	0,400
40	R. Paraiba do Sul, jusante do Muriaé	943,7	55.484	0,634	0,539	0,112	0,7140	0,201	1,446	1,000	0,800
41	Foz Paraiba do Sul	977,6	56.544	0,636	0,543	0,165	0,7140	0,199	1,548	1,000	0,800



Para nota, vide final da continuação da figura.
 FIGURA 6.13 – QUADRO DE INDICADORES E DIAGRAMAS DE TEIA DOS PONTOS ESTUDADOS – BACIA DO PARAÍBA DO SUL (continua)

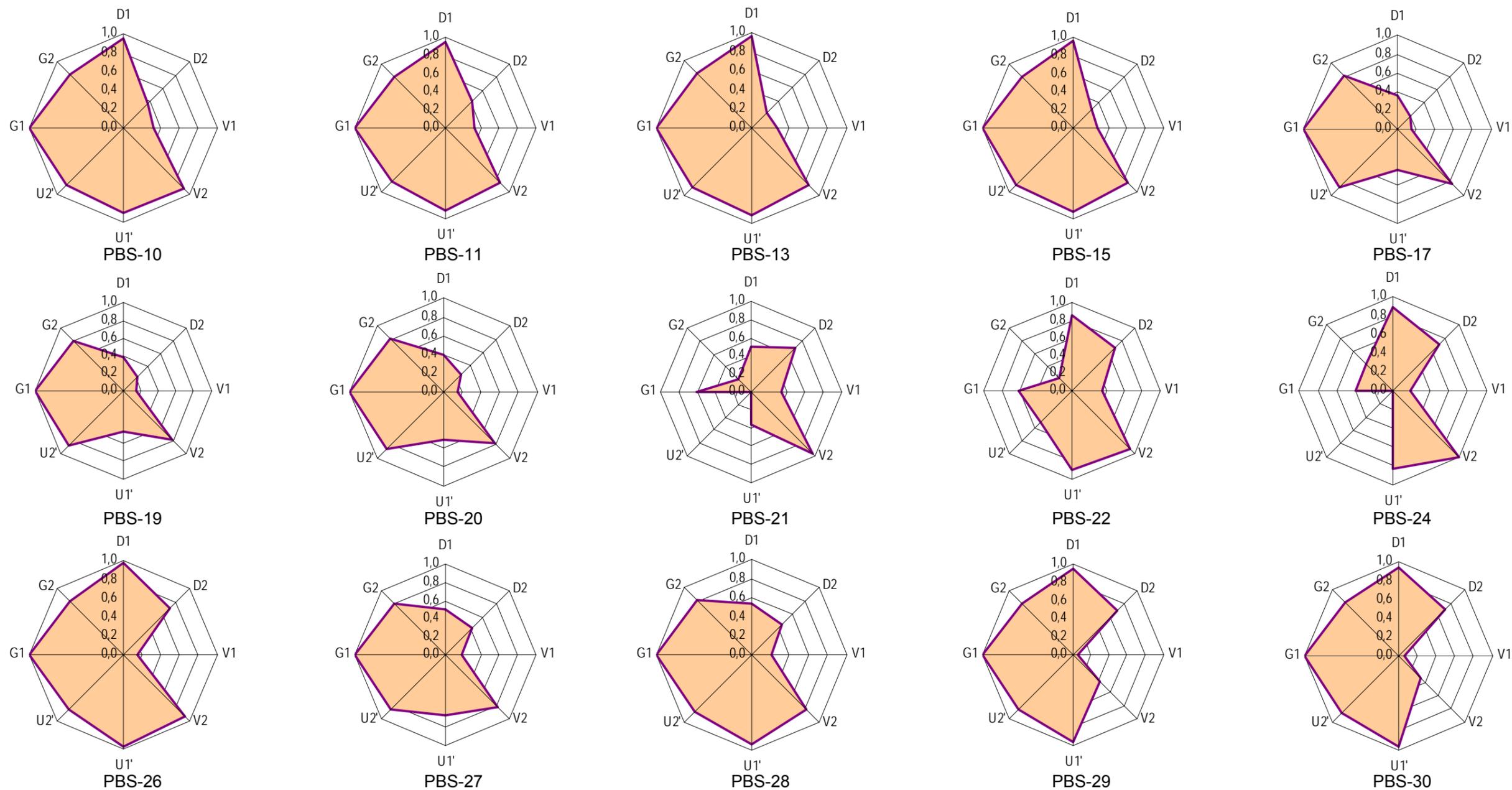
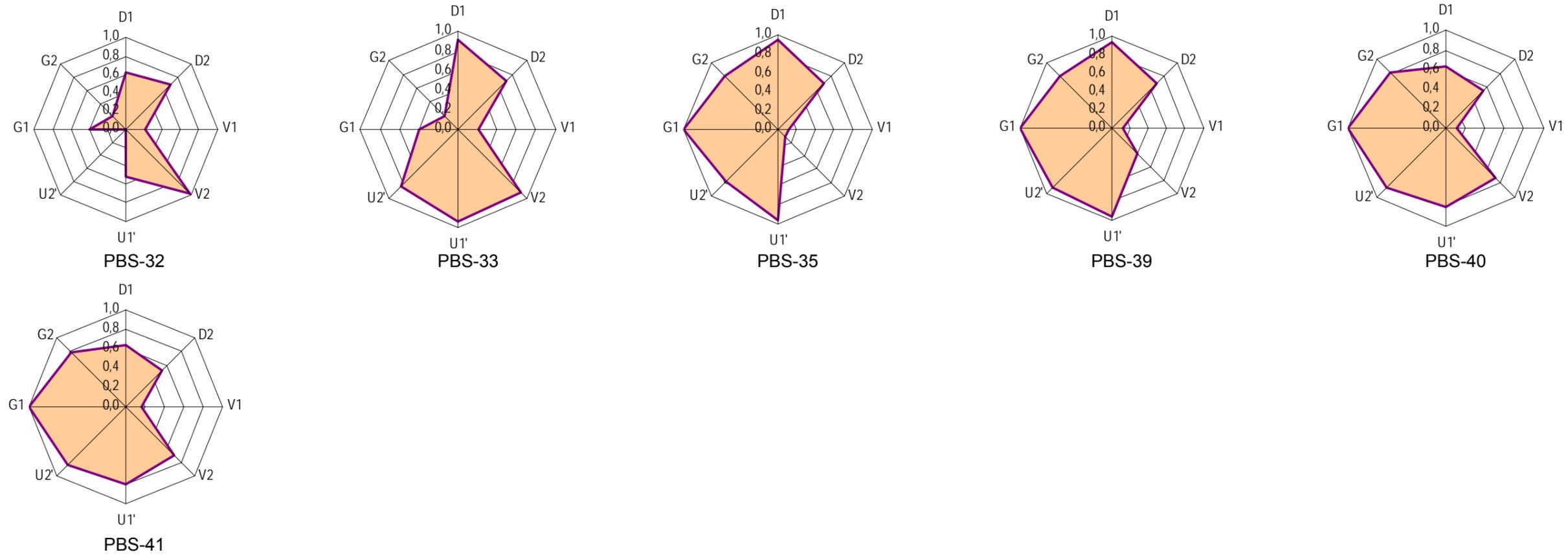


FIGURA 6.13 – QUADRO DE INDICADORES E DIAGRAMAS DE TEIA DOS PONTOS ESTUDADOS – BACIA DO PARAÍBA DO SUL (continuação)



NOTAS

5. Os indicadores U1 e U2 estão representados no diagrama por U1' e U2', mediante as seguintes transformações:

$$U1' = 1 - U1;$$

$$U2' = 1 - (U2/10) \text{ e se } U2' < 0 \text{ então } \underline{\text{no gráfico}} \text{ } U2' = 0$$
6. Para localizar os pontos, ver figura A 3.1.

FIGURA 6.13 – QUADRO DE INDICADORES E DIAGRAMAS DE TEIA DOS PONTOS ESTUDADOS – BACIA DO PARAÍBA DO SUL (continuação)

Quadro 6.11 - Comportamento de cada indicador perante cada ponto estudado da Bacia do Paraíba do Sul e o conjunto deles

INDIC	Comentários
D1	Valores muito altos nos pontos PBS-1 a -17, próprios de um rio em confortável situação quanto à disponibilidade hídrica e com um consumo de recursos hídricos ainda muito pequeno diante da abundância de água. A partir do ponto PBS-17 a disponibilidade hídrica alocável sofre um notável decréscimo, caindo para 0,362, por conta da exportação de uma vazão média de 119m ³ /s. A partir desse ponto para jusante o indicador D1 apresenta uma progressiva recuperação de D1 sem, no entanto, voltar aos valores observados a montante do ponto 17. Nos rios Piabanha, Bengala e Paraibuna observa-se D1<0,6 a jusante de Petrópolis, Nova Friburgo e Juiz de Fora, importantes cidades da bacia, em população e em atividade industrial.
D2	Logo a montante do ponto PBS-4, em função da regularização promovida pela Barragem de Paraibuna-Paraitinga, o valor de D2 reduz-se a 0,047 e cresce lentamente com as contribuições incrementais à medida que se caminha para jusante, até encontrar a barragem de Funil, onde volta a exibir pequena queda e torna a crescer até o ponto PBS-17, correspondente à Barragem de Santa Cecília. Daí em diante, até a foz, D2 cresce até alcançar o valor 0,543 em PBS-41. Nos tributários D2 se mantém superior a 0,6.
V1	De um modo geral, os valores de V1 são muito baixos em toda a bacia, devido ao desmatamento recorrente ali ocorrido desde o século XVIII. A erosão observada em toda a bacia e a pobreza dos solos são as conseqüências mais diretas desse desmatamento. Os valores mais baixos de V1 situam-se nas UPHs Pomba e nos pontos PBS-19 e 20 da UPH Médio Paraíba do Sul 4.
V2	Os valores de V2 são altos na calha do Paraíba (a partir de Guararema), decrescendo um pouco na foz. Situam-se abaixo de 0,45 nos rios Muriaé, Pomba e Paraitinga (a montante de PBS-1). Os principais afluentes fluminenses e o rio Paraibuna apresentam valores elevados de V2, traduzindo a boa condição dessas UPHs quanto a esse indicador.
U1	Os valores de U1 se mostram muito baixos até o ponto onde tem lugar a transferência de águas (PBS-17) gerando uma zona de conforto para usos da água nesse trecho da bacia. No ponto PBS-17 há uma abrupta elevação de U1, que só volta a refletir uma situação confortável no ponto PBS-28, cerca de 234km rio abaixo, assim se mantendo nos pontos PBS-40 e -41. Nos afluentes selecionados para estudo, a situação de U1 se apresenta crítica nos pontos PBS-21 (Piabanha) e PBS-32 (Bengala).
U2	U2 apresenta-se abaixo de 1 nos pontos PBS-1, -2, -4, -7 (todos em S. Paulo, na UPH Paraibuna-Paraitinga e em Guararema, no Paraíba do Sul), e PBS-39 (foz do Muriaé). Os demais pontos no rio Paraíba do Sul mostraram $2 > U2 > 1$, assim como os pontos PBS-26 (foz do Paraibuna-MG), -29 e 30 (ambos no Rio Pomba). Os demais pontos apresentaram $U2 > 2$, sendo que três deles apresentaram valores muito críticos, com $U2 > 10$: PBS-21 (Foz do Piabanha), PBS-24 (Paraibuna a jusante de Juiz de Fora) e PBS-32 (Rio Bengala, a jusante de Nova Friburgo). Nos diagramas de teia, $U2' = 1 - U2$.
G1	Os pontos situados em rios de domínio da União exibiram o valor máximo alcançável nesta Suite traduzindo a situação excepcional da bacia do Paraíba do Sul. Os pontos sob domínio dos Estados do Rio de Janeiro (exceto a bacia do Piabanha) e Minas Gerais apresentaram os menores valores de G1.
G2	Os pontos situados em rios de domínio da União exibiram o maior valor registrado nesta Suite confirmando a situação excepcional da bacia do Paraíba do Sul. Não obstante os rios de domínio do Rio de Janeiro apresentaram os resultados mais baixos nesta Suite.

O exame do conjunto de diagramas permite reuni-los em 4 grupos principais, a seguir caracterizados e constituídos:

- Grupo 1 – Abrange os pontos PBS-1 a PBS-15, todos no rio Paraíba do Sul> Caracterizam-se por
 - valores de D1 superiores ou iguais a 0,9,
 - valores de U1 inferiores ou iguais a 0,1 (nos gráficos, valores de U1' maiores ou iguais a 0,9, já que $U1'=1-U1$)
 - valores de V2 em geral alto (porém com exceções), assim como G1 e G2.

Dois sub-grupos são reconhecíveis neste Grupo 1:

- Sub-grupo 1.1 – Pontos com $U2 < 1$ – restritos ao Alto Paraíba do Sul até a montante de S. José dos Campos (PBS-1, -2, -4 e -7)
 - Sub-grupo 1.2 – Pontos com $1 < U2 < 2$ – pontos PBS-9, -10, -11, 12, -13 e -15.
- Grupo 2 – Reúne os pontos com $D1 < 0,65$ e $1 < U2 < 2$ – os pontos PBS-17, -19, -20, -27, -28, -40 e -41 no rio Paraíba do Sul, interessando parte do médio e o baixo curso do Paraíba do Sul.
 - Grupo 3 – Rios Pomba e Muriaé – Apresentam D1 alto, D2 alto e U1 baixo; U2 situa-se entre 1 e 2 (exceto o ponto PBS-35, no qual $U2=2,23$). O problema são os indicadores V1 e V2, muito baixos. Por serem rios de domínio federal, G1 e G2 apresentam valores elevados.
 - Grupo 4 – Rios Piabanha, Dois Rios (Bengala) e Paraibuna, localizados em regiões altamente industrializadas e com aglomerados urbanos de porte, face às vazões desses rios, apresentam D1 baixo, U1 baixo e U2 alto, melhorando gradualmente para jusante com o ingresso de vazões incrementais, o que aumenta o poder de diluição do rio. V1 baixo e V2 alto; nos tributários fluminenses G1 e G2 exibem os menores valores da bacia.

O grande problema, pervasivo em toda a bacia, é a reduzida área de cobertura vegetal nativa, que abre caminho para a erosão e todo o séquito de problemas daí decorrentes para a gestão dos recursos hídricos. Ela está, em muitos lugares, associada à ocupação antrópica de taludes com baixa estabilidade, o que amplifica as conseqüências pela estimulação à instabilização dessas encostas. Episódios trágicos foram registrados nessa bacia em várias oportunidades, quando chuvas intensas produziram grande destruição de propriedades e vidas.

De um modo geral, o rio Paraíba do Sul dispõe de bastante água, apesar da intensa ocupação de seu vale. A transposição que nele tem lugar para a bacia do Guandu confirma essa afirmativa: de acordo com a regulamentação em vigor, extrai-se em Santa Cecília um mínimo de 119 m³/s e mantém-se para jusante um mínimo de 71m³/s.

A cargas poluentes nesse rio, em virtude da disponibilidade hídrica e dos procedimentos de licenciamento e controle ambiental aplicados, se apresentam ainda dentro de limites controláveis e poderão ser reduzidas de acordo com as metas de enquadramento mediante um conjunto de intervenções, que deverá concentrar-se principalmente na coleta e tratamento de esgotos domésticos.

A questão de resíduos sólidos teve uma grande melhoria na última década, especialmente no Estado de S. Paulo: apenas algumas localidades encontram-se em situação crítica e demandam soluções em curto prazo. No entanto, conflitos entre o uso do solo urbano e a gestão dos recursos hídricos estão presentes em todas as cidades da bacia, variando apenas quanto ao porte.

São, entretanto, os indicadores de gestão os que mais se destacam na bacia e, sem dúvida, é graças à gestão que a bacia oferece esse quadro animador, com perspectivas de melhorar ainda mais. Considerando-se a quantidade e intensidade de intervenções hidráulicas nela implantadas e as regras de operação envolvidas a gestão torna-se imprescindível. Não por acaso, onde ela é mais intensa e melhor estruturada tem sido possível superar conflitos pela uso da água através de negociação entre usuários e gestores da bacia, tal como ocorrido na estiagem de 2003-2004, além da inclusão da bacia do Guandu na cobrança pelo uso das águas do Paraíba do Sul e das articulações das ações federais com as estaduais. E onde a gestão se apresenta menos desenvolvida têm sido registrados acidentes evitáveis.

Nesse sentido, a ausência de planos de contingência ligados a eventos críticos e acidentes envolvendo os recursos hídricos da bacia, assim como programas melhor definidos de gerenciamento integrado dos reservatórios existentes na bacia, são lacunas a serem preenchidas com a necessária brevidade para conferir maior solidez à gestão.

A bacia do Paraíba corresponde a uma bacia típica do estágio de desenvolvimento maduro, com uma utilização intensa dos recursos existentes em alguns trechos e níveis elevados de cargas orgânicas em outros, mas ainda com disponibilidades hídricas alocáveis, trechos com boa qualidade de água e acumulação de algum passivo decorrente de intervenções que deixaram de ser empreendidas e precisarão ser realizadas em curto prazo. Isso impõe a aplicação de regras operativas e de uma gestão bastante desenvolvida, o que vem sendo conseguido até o presente momento. A gestão deve ser estimulada de forma a tornar-se ainda mais eficaz e efetiva, nivelando os órgãos gestores e organismos de bacia em um mesmo patamar de excelência, capaz de, ao mesmo tempo, recuperar onde for necessário (as vulnerabilidades e o excesso de carga orgânica, por exemplo) e antecipar-se às novas demandas que o desenvolvimento da bacia deverá trazer.

O Plano de Recursos Hídricos representa importante instrumento, em especial o seu Programa de Efetivação do Enquadramento, que deve ser uma das prioridades da bacia.

Dentre as áreas que se destacam como merecedoras de maior atenção estão a bacia do Piabanha e do Bengala no Estado do Rio de Janeiro e a bacia do Paraibuna no Estado de Minas Gerais, em razão da alta carga orgânica remanescente e o intenso uso da água relativamente às disponibilidades locais nas principais cidades banhadas por esses rios, e a calha do Rio Paraíba do Sul, eixo de vetorização do seu desenvolvimento.

6.5. Bacia do Tietê

6.5.1. Breve descrição da bacia

A bacia do rio Tietê ocupa a porção central do Estado de S. Paulo (apenas uma reduzida porção da sub-bacia do Piracicaba ocupa terras do Estado de Minas Gerais), estendendo-se de NE para SW. Sua área de drenagem totaliza 71976 km²

O principal rio da bacia é o Tietê, um rio emblemático para o Estado de São Paulo, que nasce em Salesópolis, atravessa a Região Metropolitana de S. Paulo, e deságua no rio Paraná, depois de uma sucessão de barramentos destinados à geração de energia e que também integram a Hidrovia Tietê-Paraná. Seus principais afluentes pela margem direita são os rios Jundiaí, Capivari, Piracicaba, Jacaré, Batalha e Jacaré, enquanto o rio Pinheiros e o Sorocaba são os mais importantes tributários pela margem esquerda.

A Bacia tem sido intensamente estudada (Consórcio JMR-Engecorps, 2005 a, 2005b, 2005c, 2005d, 2005e, 2005f; São Paulo, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2006; Fundação Universidade de São Paulo - FUSP, 2001; IBGE, 1996; IBGE, 2001; IBGE2002; Brasil, Ministério das Cidades, 2003; Brasil, Ministério das Cidades, 2004) Ela foi dividida pelo_DAE E em UGRHIS (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conceito equivalente ao de UPHs, empregadas nesse estudo). Atualmente dispõe-se de um Relatório de Situação para cada UGRHI e Planos de Bacia para as UGRHIs Alto Tietê e Piracicaba-Capivari-Jundiaí, amplamente conhecida como PCJ, além do Plano Estadual de Recursos Hídricos. Dessa forma, uma descrição da bacia do rio Tietê requer um olhar para cada uma dessas UGRHIs integrantes da bacia, que se apresentam bastante diferentes entre si. Para tanto, a Figura 6.14 oferece uma visão geral da Bacia do Tietê, com a delimitação de suas UGRHIs, principais barramentos e reservatórios, transferências de águas entre bacias, áreas úmidas, unidades de conservação, cidades principais enquanto o Quadro 6.12 reúne os principais traços físicos, políticos e econômicos de cada uma dessas unidades, bem como informações sobre a área, dados demográficos (população total e urbana), grau de urbanização, densidade demográfica, principais cidades, atividades econômicas, vegetação, unidades de conservação, geologia e principais rios, extraídas dos respectivos relatórios de situação ou Planos de Bacia.

Em razão da quantidade de informações existentes sobre a bacia do rio Tietê, este item limitará sua descrição aos aspectos mais marcantes ou com interesse particular para a aplicação do SINPLAGE. Para mais informações os leitores são convidados a consultar a bibliografia referida.

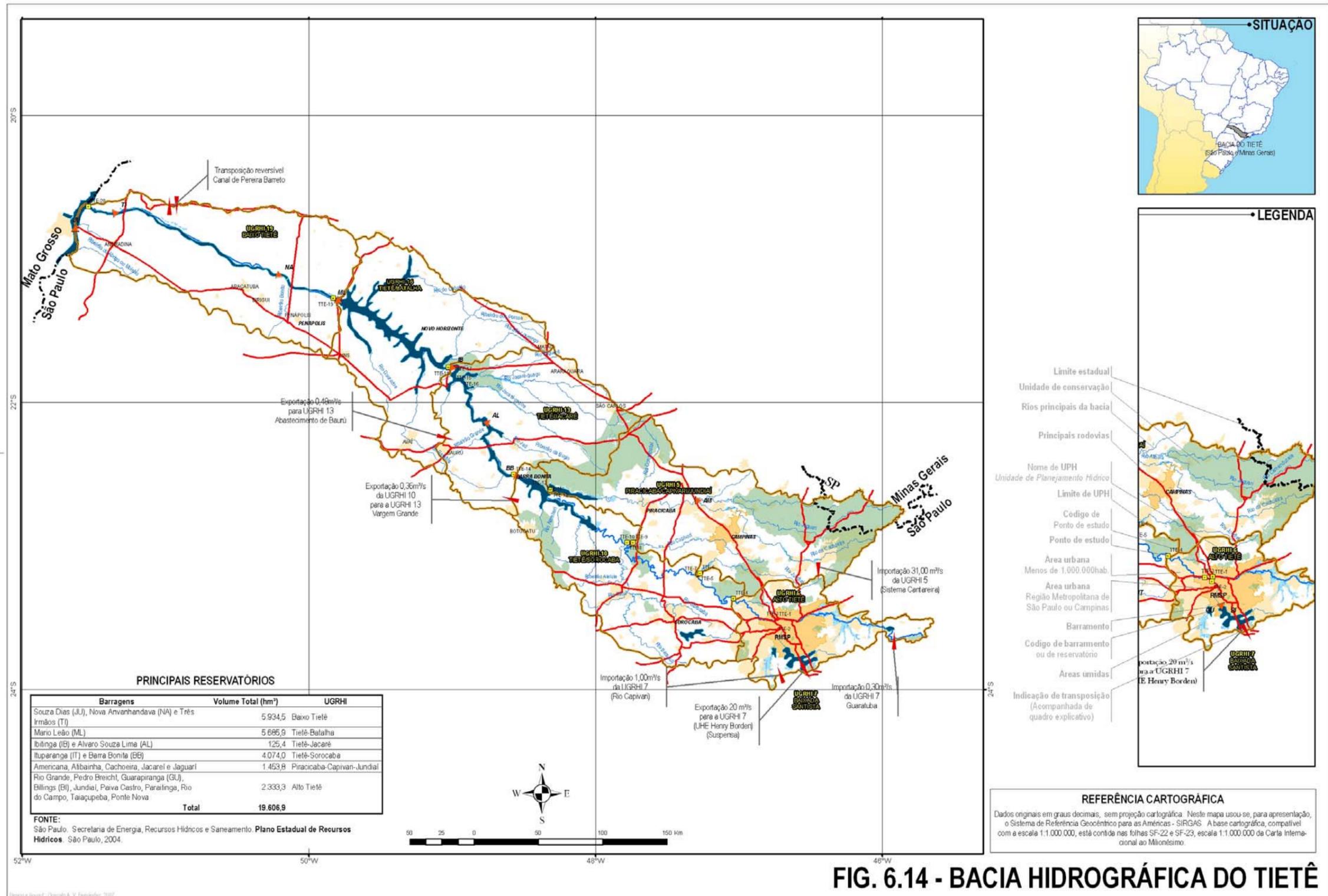


FIG. 6.14 - BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ

UGRHI FEIÇÕES	UGRHI 05 PIRACICABA- CAPIVARI-JUNDIAÍ	UGRHI 06 ALTO TIETÊ	UGRHI 10 TIETÊ-SOROCABA	UGRHI 13 TIETÊ-JACARÉ	UGRHI 16 TIETÊ-BATALHA	UGRHI 19 BAIXO TIETÊ
Área (km ²)	14.178	5.868	11.829	11.779	13.149	15.588
População	Total: 4.303.381 Urbana: 4.060.577 [11,6% da população estadual]	Total 17.516.166 Urbana: 16.973.725 quase a metade da população do Estado de São Paulo; maior densidade demográfica do Brasil	Total: 1.545.777 Urbana: 1.365.620	Total: 1.268.807 Urbana: 1.216.871	Total 504.991 Urbana: 442.492	Total 653.938 Urbana: 597.377
Dens. Demográfica (hab/km ²)	300,6	2.926,7	131	108	38	42
Grau de urbanização (%)	94	97	88	96	88	91
Valor Agregado (R\$ x 10 ⁶)	57.235,7	138.72,2	11.563,2	8.830,3	2.838,2	4.445,0
IDH	0,81	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78
Principais cidades	Campinas, Limeira, Piracicaba e Jundiaí concentram (Censo 2000) cerca de 43% da população total da UGRHI, sendo que só a população de Campinas, quase, 22% desse total. Campinas o centro regional mais importante do interior do Estado. RMC – Região Metropolitana de Campinas integrada por 19 municípios.	O território abrangido por essa UGRHI, ocupa grande parte do território da RMSP; dos municípios metropolitanos, apenas Guararema, Santa Isabel e Jujutiba não integram a mesma.	Botucatu, Itu, Tatuí, Sorocaba	Bauru, Araraquara, São Carlos e Jaú, sendo que o município de Bauru com mais de 300 mil habitantes, é o pólo regional principal da UGRHI.	Lins, Matão, Taquaritinga	Araçatuba, Andradina, Birigui e Penápolis
Atividades econômicas	Segunda região do Estado em termos de importância econômica. Parque industrial diversificado e setor de serviços altamente desenvolvido.	Principal região econômica do Estado. Indústrias de alto nível tecnológico e serviços. Em sua complexa estrutura econômica, se desenvolvem atividades que se entrelaçam entre os setores industriais, comerciais e de serviços, tornando-se difícil apontar uma atividade econômica preponderante.	Indústria de transformação de grande porte. Usinas de açúcar e álcool. Papel e celulose, óleos, bebidas e frigoríficos	Agroindústria (usinas de álcool); frigoríficos e curtumes. Mais recente é a instalação de plantas de alto nível tecnológico em S. Carlos. Centros universitários em Araraquara e S. Carlos	Usinas de álcool. Laticínios. Frigoríficos. Pequenos curtumes. Metalurgia. Bebidas, confecção, movelaria	Agroindústria
Agricultura	Pastagens e agricultura tradicional na porção superior da bacia do Piracicaba; na porção média: citricultura (ao norte), hortifruticultura no entorno da cidade de Campinas e o reflorestamento ao sul; agricultura canavieira na porção inferior (densidade de irrigação de 2,1 ha irrigados/km ²)	Hortifruticultura diversificada	Pecuária leiteira e de corte. Cana, milho, batata, olericultura. Reflorestamento (<i>pinus</i> e eucalipto)	Cana e laranja. Pecuária	Cana e milho. Pecuária leiteira e de corte. Laranja	Pecuária de corte, Cana de açúcar, algodão e mamona
Vegetação	8,1% da área da UGRHI ocupadas por vegetação nativa	Cobertura vegetal nativa: 34,4%. Uma estreita faixa de florestas (mata atlântica) contínuas ou com menor nível de fragmentação nas porções leste/sudeste, junto à escarpa da Serra do Mar e sul/sudoeste Serra da Cantareira (matas)	Cobertura vegetal nativa: 13,8%	Cobertura vegetal nativa: 11,3%. Cerradão, cerrado, várzea, capoeira e mata. Desmatamento para pastagens e plantio de café e cana	Cobertura vegetal nativa responde por 5,8% da área da UGRHI. Culturas perenes totalizam 22,6%	Cobertura vegetal nativa: 5,4%. Pastagens: 83,4%
Unidades de Conservação	EE estadual – 1 APA estadual – 6 ARIE federal -1 ANT - 2	REBIO estadual -1 PE – 6 APA estadual – 5 ANT – 10 ASPE estadual – 1 PEC estadual – 1 TI - 1	APA estadual – 3 FLONA – 1 ANT – 4 RF estadual - 1	EE estadual – 2 APA estadual - 2	EE estadual – 1 TI - 1	REBIO estadual - 1
Geologia	Embasamento cristalino. Rochas sedimentares. Rochas efusivas. Coberturas sedimentares	Embasamento cristalino contorna as áreas sedimentares e configuram praticamente toda a borda da RMSP. Terrenos sedimentares terciários da bacia de São Paulo e as coberturas aluviais mais recentes de idade quaternária, desenvolvidas ao longo dos principais rios que drenam a região.	Embasamento cristalino, Grupo Tubarão, Grupo Passa Dois, Grupo S. Bento, Grupo Bauru, Sedimentos cenozóicos	Sedimentos clásticos predominantemente arenosos; rochas ígneas basálticas do Grupo São Bento; rochas sedimentares do Grupo Bauru; sedimentos cenozóicos e depósitos correlatos; depósitos aluvionares, coluvionares e eluvionares	Arenitos do grupo Bauru. Formação Serra Geral. Depósitos cenozóicos	Formação Serra Geral, Grupo Bauru e depósitos aluviais cenozóicos
Principais rios na UGRHI	Piracicaba, Capivari, Jundiaí, Ribeirão Pirai	Tietê, Claro, Paraitinga, Biritiba-Mirim, Jundiaí, Taiaçupeba-Mirim; Embu-Guaçu e Embu-Mirim; Cotia; Baquirivu-Guaçu, Cabuçu de Cima, Tamanduati, Pinheiros e Juqueri assim como os córregos Aricanduva e Cabuçu de Baixo.	Sorocaba, Sarapuí, Alambari, Araquá	Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira, Claro, Lençóis, Bauru, Jaú.	Batalha, Dourado, S. Lourenço	Tietê
Reservatórios principais	Americana, Atibainha, Cachoeira, Jacareí-Jaguari	Rio Grande, Pedro Breicht, Guarapiranga, Bilings, Jundiaí, Paiva e Castro, Paraitinga, Lírio do Campo, Taiaçupeba, Ponte Nova	UHE Itaparanga (R. Sorocaba), Res. De Porto de Góes, UHE Barra Bonita (R. Tietê)	Promissão, Ibitinga, Bariri (A.S. Lima)	Promissão	Nova Avanhandava, Três Irmãos, Reservatório Jupia
CBH	18/11/1993	09/11/1994	02/08/1995	02/08/1995	13/09/1996	26/08/1994
Relatório Zero	15/05/2000	01/02/2000	15/05/2000	15/05/2000	15/05/2000	11/10/2001
Plano de RH	31/11/2000	31/10/2001	Inexistente	Inexistente ⁴⁴⁷	Inexistente	Inexistente

Fontes: Estudos de Projeção Demográfica SEADE/SABESP (populações), 2003; Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de S.Paulo 2004-2007 (2006)

Quadro 6.12 – Características das Unidades de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Tietê

⁴⁴⁷ Posição em JAN2006

Percorrendo a Figura 6.14 qualquer observador atento tem seu olhar atraído para uma série de feições notáveis nessa bacia.

A primeira, e mais destacada, é a mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), cortada pelo rio Tietê e seus afluentes, circundada por um colar de reservatórios, onde vivem 17 milhões de habitantes (50% da população do estado)⁴⁴⁸. Essa aglomeração ímpar, localizada nas cabeceiras da bacia, onde as disponibilidades são menores, levou o Governo de S. Paulo a estabelecer uma unidade específica, a UGRHI 06 - Alto Tietê, de perfil industrial-urbano (esses dois usos respondem por quase 83% das demandas totais no Alto Tietê). Ela também é a que possui o maior percentual de vegetação nativa (Mata Atlântica) preservada em relação à sua área total, para o que muito contribuem as escarpas da Serra do Mar e a região do Sistema Cantareira.

O segundo aspecto de relevo é a transposição de 31m³/s de águas da UGRHI PCJ para a UGRHI Alto Tietê, incapaz de assegurar as suas demandas hídricas com recursos próprios e dependente dessa transposição. Para que 31m³/s fossem transferidos para a RMSP e, simultaneamente, garantir uma vazão de 15m³/s no rio Atibaia em Paulínia e de 40 m³/s no rio Piracicaba, em Piracicaba, foram implantados três reservatórios (Jaguari-Jacareí, Atibainha e Cachoeira) com vazões mínimas efluentes de 1,0m³/s nos dois primeiros e 2,0m³/s no último. Em 2004 essa outorga foi renovada em novas bases, depois de intensa negociação que envolveu o estabelecimento de novas regras operacionais. A Figura 6.15 apresenta uma ilustração do esquema de reservatórios envolvidos nessa transposição.

O terceiro aspecto marcante é a poluição generalizada, as favelas e loteamentos clandestinos instalados junto às margens de rios, nas várzeas e mananciais, os efluentes e resíduos que são ali produzidos e se acumulam no curso dos rios e em reservatórios, os crônicos problemas de enchentes de verão e todo o elenco de conseqüências associadas fazem dessa UGRHI o maior desafio posto à gestão dos recursos hídricos do Estado de S. Paulo, a mais perfeita síntese da incapacidade dos governos disciplinarem a ocupação do espaço urbano, da influência exercida pelos processos urbanos sobre os recursos hídricos e do pouco apreço que se cristalizou no seio da sociedade pelos recursos hídricos, em particular, e pelos

⁴⁴⁸ Desses 17,5 milhões, 10,3 milhões vivem no município de S. Paulo e, segundo levantamentos realizados pelo FIPE/SEHAB em 1993, da população total da RMSP cerca de 2 milhões viviam em favelas.

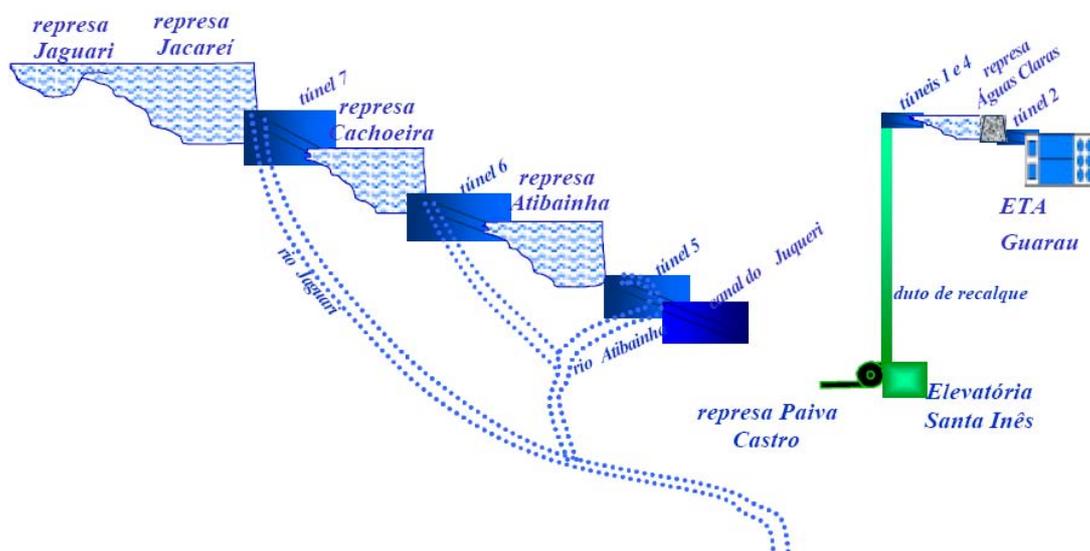


Figura 6.15 - Diagrama Esquemático do Sistema Cantareira
 Fonte: ANA, 2007

recursos naturais de um modo geral. A busca de fontes de suprimento externo e as relações com as UGRHIs vizinhas levou a um complexo conjunto de transposições, regulamentações e bombeamentos; o crescimento da população residente em taxas elevadas resultou em um déficit de saneamento e em uma poluição das águas do rio Tietê e seus afluentes que, depois de quase 50 anos de esforços no sentido de recuperar a qualidade das águas da bacia não conseguiu reverter a situação, como anunciado recentemente por Reina (2007) ao citar o Relatório da Qualidade das Águas Interiores do Estado de S. Paulo referente ao ano de 2006, publicado pelo CETESB, e informar que

“O rio Tietê, o principal de S. Paulo, ficou mais poluído em 2006. Detergentes fizeram aumentar a concentração de substâncias tóxicas, como fósforo e amônia nas águas. Também há mais esgoto sem tratamento e sujeira sólida, apesar do investimento de R\$ 400 milhões feito pelo governo paulista em três estações de tratamento, com apoio internacional. O nível de oxigênio voltou aos patamares críticos da década de 90”

(Reina, 2007, Metrópole)

Segundo aquele autor, sempre baseado no Relatório de Qualidade das Águas Interiores da SABESP, só a partir do Reservatório de Barra Bonita, o rio volta a se recuperar, atingindo 8mg/l de oxigênio dissolvido. A Figura 6.16 apresenta uma linha de tempo elaborada pelo autor desta Tese, a partir da bibliografia consultada, onde se relaciona as diversas iniciativas de despoluição do Rio Tietê.

O Quadro 6.13 apresenta um retrato do saneamento na Bacia, com a universalização do abastecimento praticamente atingida e elevados valores de coleta e afastamento de esgotos.

Quadro 6. 13 – Cobertura de Saneamento na Bacia do Tietê

UPH	Abastecimento de água(%)	Coleta e Afastamento de Esgotos (%)	Tratamento de Esgotos (%)	Resíduos Sólidos Domiciliares(%)
UGRHI 06	98	81	39	98,8
UGRHI 05	96	82	23	99,1
UGRHI 10	97	88	21	98,7
UGRHI 13	99	97	23	98,7
UGRHI 16	99	92	35	98,8
UGRHI 19	99	97	75	98,8

Fonte:Consórcio JMR-Engecorps, 2005a

A UGRHI PCJ é formada pelas bacias dos rios Piracicaba (parte paulista), Capivari e Jundiáí, os três com exutórios independentes no rio Tietê. A bacia do Piracicaba é a dominante pois, tomando apenas a sua parte paulista, ela possui uma área superior a 76% da área total de drenagem da UGRHI. Nesta Unidade de Gerenciamento está situada a RMC – Região Metropolitana de Campinas constituída por 19 municípios, dentre os quais: Americana, Campinas, Holambra, Hortolândia, Paulínia, Santa Bárbara d’Oeste, Valinhos e Vinhedo .

Além da transposição de água da bacia do Piracicaba para a RMSP, ocorrem também, na área da UGRHI-PCJ, exportações internas, tais como: (i) da Subdivisão do Atibaia para a do Jundiáí, visando ao abastecimento do município de Jundiáí; (ii) da Subdivisão do Atibaia para as dos rios Capivari e Piracicaba, mediante o sistema de abastecimento da água de Campinas; e (iii) da Subdivisão do Jaguari para as do Atibaia e Piracicaba. A UGRHI PCJ apresenta ainda o reservatório de Salto Grande, da UHE Americana, no rio Atibaia.

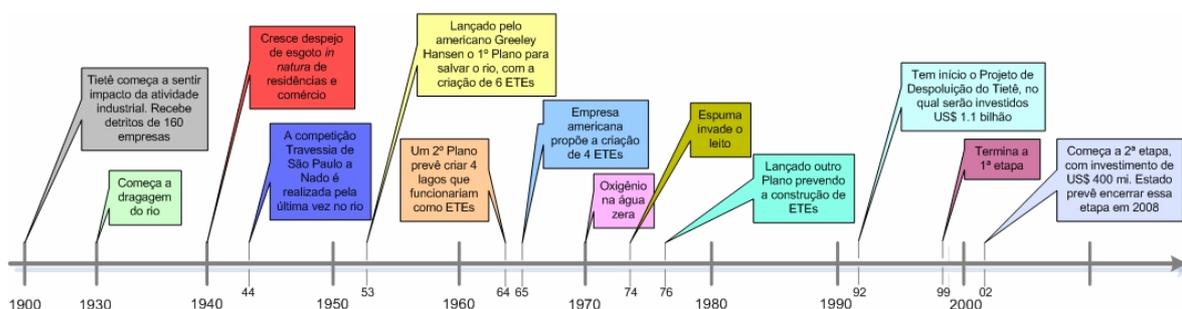


Figura 6.16 – Poluição do Rio Tietê - Linha do Tempo

As demais UGRHIs se caracterizam por um perfil agropecuário (Baixo Tietê e Tietê-Batalha, ambas com mais de 70% das demandas na agropecuária) ou de transição para industrialização (Tietê- Sorocaba e Tietê-Jacaré, com demandas agropecuárias entre 40 e 50%). O exame da distribuição das demandas segundo os diferentes tipos de usos da água pelas diversas UGRHIs da bacia permite construir o Quadro 6.14 a seguir .

Quadro 6. 14 – Distribuição percentual das demandas segundo os principais Tipos de Usos da Água na Bacia do Tietê por UGRHI.

UPH	Urbano (%)	Industrial (%)	Irrigação (%)
UGRHI 06	79,3	16,6	4,1
UGRHI 05	36,9	44,0	19,1
UGRHI 10	29,3	24,2	46,5
UGRHI 13	20,0	33,3	46,7
UGRHI 16	11,5	15,0	73,5
UGRHI 19	9,8	14,0	76,2

Fonte:São Paulo, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2006

Outra feição notável na bacia do rio Tietê é a sucessão de reservatórios construídos em seu curso, com um destacado papel do setor hidrelétrico (Figura 6.14). Os numerosos barramentos construídos no rio Tietê e em alguns afluentes seus, modificaram o seu regime fluvial e alteraram os ambientes de lóticos para lênticos.

O início da construção dessas usinas se deu na década de 1950 e, pouco a pouco, a paisagem foi sendo mudada, propiciando outros usos além da geração de eletricidade, com destaque para a navegação, além da recreação, turismo, aqüicultura e abastecimento de água. Assim, o funcionamento adequado dos reservatórios é essencial para assegurar água em quantidade e com a qualidade necessária, em particular quando sujeitos a lançamentos de esgotos não tratados, aos despejos da navegação (efeitos de curto prazo) e à expansão/intensificação dos processos de eutrofização pelo aporte de nutrientes e aumento da toxicidade (descargas de resíduos contendo metais pesados e substâncias tóxicas - efeitos de longo prazo – além da sedimentação nos reservatórios com redução de seus volumes de armazenamento). Ali é possível verificar como a qualidade das águas do reservatório de jusante é afetada pelo reservatório de montante. A Usina de Barra Bonita, particularmente, desempenha importante papel na recuperação das águas do Tietê, mas apresenta águas de pior qualidade: segundo o Relatório de Qualidade de Águas

Interiores do Estado de S. Paulo (Cetesb, 2006b). Um dos principais problemas do reservatório de Barra Bonita consiste na eutrofização de suas águas e, na saída das águas desse reservatório, ainda se observam elevadas concentrações de nutrientes.

Na UGRHI Tietê Sorocaba, além do reservatório de Barra Bonita, no próprio rio Tietê, encontra-se implantado, no Alto Sorocaba, o reservatório da UHE de Itupararanga da Companhia Brasileira de Alumínio - CBA (concessão federal). Esse reservatório é, também, o principal manancial abastecedor da cidade de Sorocaba, que tem outorga federal para derivar, do mesmo, uma vazão de 1,93 m³/s.

A UGRHI Baixo Tietê é definida, basicamente, pelas bacias hidrográficas de vários ribeirões afluentes ao denominado Baixo Tietê, que vai desde a barragem da UHE Promissão até à sua foz no reservatório de Jupiaá, no rio Paraná, numa extensão de cerca de 200 km. Nesse trecho do rio Tietê estão implantados os reservatórios das UHEs de Nova Avanhandava e Três Irmãos. O canal de Pereira Barreto interliga este último reservatório com o de Ilha Solteira, no rio Paraná.

S.Paulo é um dos estados mais avançados na gestão dos recursos hídricos do Brasil, sendo notório que sua lei estadual de recursos hídricos antecedeu em 9 anos a Lei Federal no. 9433. O DAEE é o órgão gestor dos recursos hídricos, responsável pela concessão de outorgas de uso das águas com mais de 20.000 outorgas concedidas e 22 UGRHIs criadas, todas com o seu respectivo CBH. O Estado, por lei, tem a obrigação de editar um Plano Estadual de Recursos Hídricos a cada quatro anos, o que tem sido feito regularmente e vem de recentemente aprovar a cobrança pelo uso da água, permitindo que os CBHs deliberem quanto à sua implantação, desde que possuam Planos aprovados e assim deliberem. Na Bacia do Tietê todas as UGRHIs possuem Comitê; entretanto só as UGRHIs 05 e 06 possuem planos de recursos hídricos próprios. Essas duas UGRHIs também se mostram as mais avançadas do Estado em termos de Recursos Hídricos, com ligeira vantagem para o PCJ.

No que respeita aos instrumentos, o Estado opera um Sistema de Outorgas, já aprovou Lei que institui a cobrança pelo uso da água, dispõe de um Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e um fundo de recursos hídricos. Apesar da rede de monitoramento de qualidade das águas interiores operada pela Cetesb e da

publicação de um Relatório Anual sobre a qualidade das águas do Estado, ainda não há programas de efetivação de enquadramento dos corpos hídricos estabelecidos.

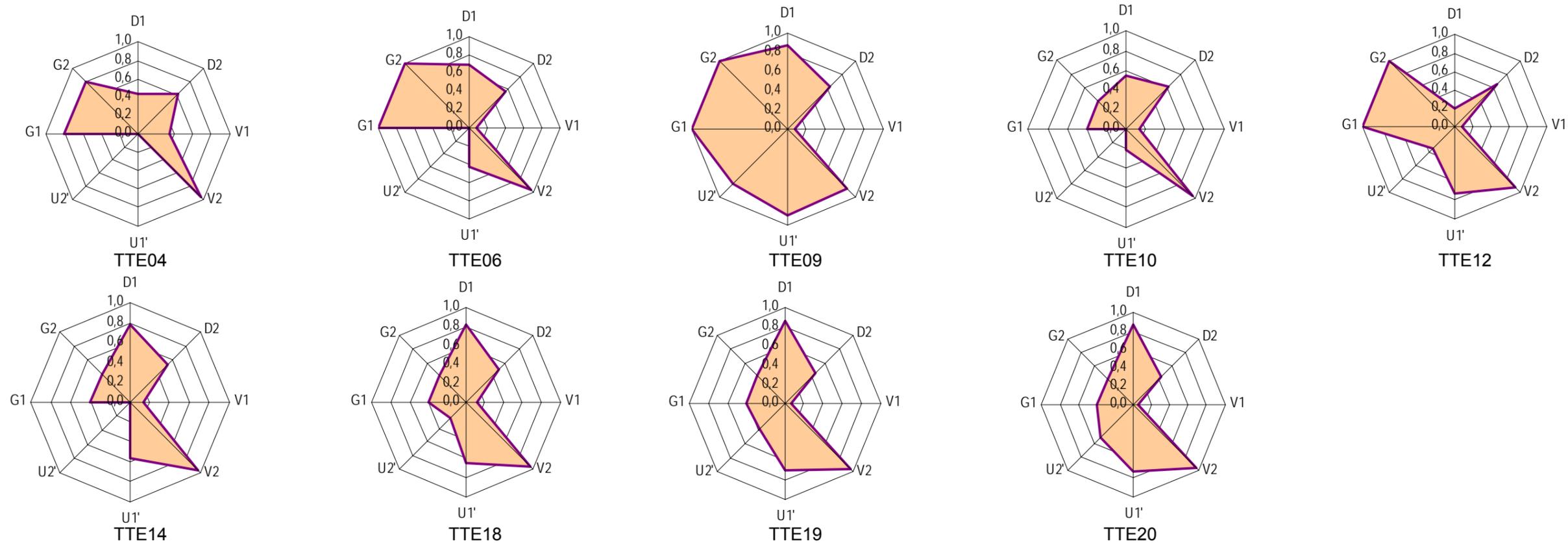
Diante do exposto, pode-se sintetizar a problemática dos recursos hídricos na Bacia do Tietê.

- A UGRHI Alto Tietê, devido à elevada dependência de suprimentos externos, torna-se uma unidade singularíssima, intensamente regulamentada, com numerosos atores intervenientes bem como complexas interações e interferências entre os operadores dos vários sistemas e os reservatórios existentes. Transferências afetam a disponibilidade de recursos hídricos das UGRHIs doadoras.
- Qualidade das águas superficiais das UGRHIs da bacia afetada pelo nível insuficiente de tratamento de esgotos
- Demandas urbanas e industriais elevadas
- Inundações
- Intensa exploração de água subterrânea na UGRHI Alto Tietê
- Necessidade de melhoramentos na disposição de resíduos sólidos de alguns municípios da bacia
- Melhor articulação da gestão dos recursos hídricos com a gestão do uso do solo
- Intensificação do gerenciamento dos reservatórios da bacia (alguns dos quais eutrofizados e carecendo de medidas de recuperação) e integração com a gestão dos recursos hídricos da bacia
- Proteção de mananciais

6.5.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia do Rio Tietê

Sete pontos foram selecionados na Bacia do Tietê, como apontado na Figura 6.14. Para aplicação do SINPLAGE utilizou-se como fonte de dados relativos a retiradas e consumos o Banco de Dados ANA/SPR. Os resultados da aplicação empreendida na Bacia do Tietê se encontram na Figura 6.17.

BACIA DO TIETÊ											
Ponto		Dist. Nacs. (km)	Área drenada (km ²)	Disponibilidades		Vulnerabilidades		Usos		Gestão	
				D1	D2	V1	V2	U1	U2	G1	G2
TTE04	Início da UGRHI Tietê-Sorocaba	190,6	5891,9	0,430	0,613	0,344	0,962	1,070	32,530	0,800	0,800
TTE06	Foz do Jundiá	93,2	1113,3	0,690	0,567	0,081	0,962	0,580	13,050	1,000	1,000
TTE09	Foz do Rio Capivari	139,3	1596,4	0,870	0,635	0,081	0,882	0,100	1,980	1,000	1,000
TTE10	Tietê, a jusante da foz do Capivari	376,0	10905,8	0,540	0,623	0,138	0,962	0,790	24,280	0,400	0,400
TTE12	Foz do Rio Piracicaba	361,4	12531,2	0,200	0,641	0,081	0,931	0,270	6,690	1,000	1,000
TTE14	Início da UGRHI Tietê-Jacaré	521,9	32990,1	0,780	0,539	0,138	0,960	0,440	10,680	0,400	0,400
TTE18	Início da UGRHI Tietê-Batalha	658,5	44808,1	0,820	0,493	0,113	0,959	0,360	7,710	0,400	0,400
TTE19	Início da UGRHI Baixo Tietê	762,4	57872	0,860	0,460	0,058	0,958	0,300	6,170	4,000	0,400
TTE20	Foz do Tietê (final da UGRHI BT)	963,8	71976,2	0,870	0,431	0,054	0,955	0,270	4,980	0,400	0,400



NOTAS

7. Os indicadores U1 e U2 estão representados no diagrama por U1' e U2' mediante as seguintes transformações:
 $U1' = 1 - U1$; $U2' = 1 - (U2/10)$.
8. Quando U1' ou U2' forem menores que zero, no diagrama assumem o valor zero.
9. Para localizar os pontos, ver figura 6.11.

FIGURA 6.17 – QUADRO DE INDICADORES E DIAGRAMAS DE TEIA DOS PONTOS ESTUDADOS – BACIA DO TIETÊ

6.5.3. Comentários

O exame das características das várias UGRHIs deixa patente a importância da divisão de uma bacia em unidades de planejamento hídrico que individualizam as porções homogêneas à escala do estudo empreendido. Comparativamente à Bacia do Tocantins-Araguaia, a Bacia do Tietê, especialmente a UGRHI Alto Tietê, marca uma radicalização dos usos urbanos dos recursos hídricos frente às disponibilidades existentes e a introdução de expressivos esforços de gestão. E relativamente à Bacia do Paraíba do Sul, essa UGRHI tem em comum um quadro de de transposições e regulamentação mais complexo, embora menos agudo, a primeira bacia atuando como doadora de água e a segunda como predominantemente receptora.

Como conseqüência, os diagramas de teia se expandem no quadrante da gestão (uma transformação necessária) e murcham no quadrante dos usos e disponibilidades, acusando a intensa ação antrópica. Essa forte perturbação também se manifesta sobre as vulnerabilidades através das mudanças na cobertura vegetal nativa destruída desde algum tempo e ainda sem sinais de recuperação, deflagrando importantes processos erosivos na porção ocidental da bacia, e através da produção de enorme quantidade de resíduos sólidos. Afortunadamente, no segundo caso, a administração do Estado conseguiu organizar, na última década, uma resposta adequada para a disposição final dos resíduos sólidos domiciliares e hospitalares, embora iniciativas no sentido de diminuir a quantidade de lixo gerada ainda não tenham apresentado resultados objetivos.

O Quadro 6.15 a seguir analisa o comportamento de cada indicador em cada ponto estudado e em relação ao conjunto deles

Quadro 6.15 - Comportamento de cada indicador perante cada ponto estudado da Bacia do Tietê e o conjunto deles

Indicador	Comentários
D1	Pontos TTE-10, -14, -18, -19 e -20 apresentam progressivo crescimento do valor de D1 (sempre maior que 0,8). Traduzem aumento da disponibilidade hídrica em decorrência do aumento de contribuições e redução dos usos consuntivos para jusante. Acusam melhoria progressiva da disponibilidade hídrica alocável para jusante. Maiores valores são registrados nos pontos 9 e 20. Menores valores nos pontos 4 e 12 (este com o valor mínimo, como consequência da transposição da bacia do Piracicaba pelo Sistema Cantareira). Ponto TTE-12 com D1=0,20; Ponto 4 com D1=0,43
D2	Valor vai se reduzindo progressivamente ao longo do Tietê de montante para jusante. Parte do ponto TTE-4 (D2=0,613) e chega a TTE-20 (D2=0,431)
V1	AT apresenta o maior valor de V1 na bacia, por conta das áreas protegidas e das escarpas da Serra do Mar. Depois do AT vem a UGRHI 05 por conta do Sistema Cantareira. Demais pontos no Tietê são baixos: o pior valor é do ponto TTE-20 com 0,054, na UGRHI Baixo Tietê. Piores valores de V1 coincidem com regiões onde o solo possui susceptibilidade à erosão e a destruição de vegetação nativa potencializa essa susceptibilidade
V2	Valores elevados (entre 0,962 e 0,882) em todos os pontos traduzem grande melhoria observada nos últimos dez anos no manuseio e disposição de resíduos sólidos nos municípios paulistas. Menor valor do conjunto de pontos estudados encontrado em Foz do Capivari (ponto TTE-9) com 0,882.
U1	Grande amplitude (1,070 a 0,270) observada no valor de U1, que no diagrama de teia é representado como $U1' = (1-U1)$. O valor mais crítico de U1 é o ponto TTE-4 (Alto Tietê) com 1,070 ($U1' = 0$). De TTE-10 a TTE-20 ao longo do Tietê observa-se progressiva redução de U1 (0,270 no ponto TTE-20), traduzindo gradual alívio das demandas sobre os recursos hídricos da bacia.
U2	U2 alcança valores muito elevados, indicando que a carga de DBO remanescente (DBOrem) é muito maior do que a assimilável, em todos os pontos da bacia. Apesar disso, verifica-se uma gradual diminuição do valor de U2 para jusante. O maior valor se encontra no ponto TTE-4 e o menor no ponto TTE-20. Em razão dos altos valores obtidos, U2 teve que ser plotado nos diagramas de teia como $U2' = 1 - (U2/10)$
G1	As UGRHIs Alto Tietê e Piracicaba-Jundiaí-Capivari (PCJ) apresentam valores elevados para G1, representando uma reação às más condições de V1, U2 e D1 principalmente. Destaque para a UGRHI PCJ que alcançou 1,0. Pontos pertencentes às demais UGRHIS da Bacia TTE-10,-13,-16,e -19) só atingiram 0,4.
G2	Aplicam-se os mesmos comentários feitos para G1.

Dois padrões de comportamento global foram identificados nos pontos analisados.

O primeiro grupo é representado por pontos situados no rio Tietê, a jusante do ponto 4 (pontos TTE-10, -14, -18, -19, -20). Eles exibem um padrão mais homogêneo, com

- U1, V1, V2 e D2 apresentando uma tendência de redução gradual para jusante

- D1 com tendência oposta.
- G1 e G2 baixos e iguais.

O segundo grupo, constituído por pontos situados nas UGRHs Alto Tietê e Piracicaba-Capivari-Jundiaí (pontos TTE-4, -6, -9 e -12) bem menos homogêneo, mas no qual pode-se reconhecer as seguintes situações:

- G1 e G2 elevados
- V1 maior que no restante da bacia
- U2 com valores conspicuamente altos
- D1 muito variável

6.6. Bacia do Verde Grande

6.6.1. Breve Descrição da Bacia

A Bacia do Rio Verde Grande se estende pelos estados de Minas Gerais e Bahia, ocupando cerca de 31.120 km² distribuindo-se por 35 municípios (27 em Minas e 8 na Bahia). O rio Verde Grande é um afluente do rio S. Francisco pela sua margem direita. Ele nasce no município de Bocaiúva, em Minas Gerais e corre no sentido sul-norte até a confluência do rio Verde Pequeno, afluente seu que desenha a fronteira MG-BA, a partir de onde inflete no sentido sudeste-noroeste até encontrar o rio S. Francisco, já em território baiano, no município de Malhada, depois de percorrer 457 km aproximadamente. Ao longo de seu curso, no qual mantém uma declividade média de 0,029%, ele recebe vários afluentes, dentre os quais se destacam o Juramento, o Quem-Quem, o Gortuba e o Verde Pequeno, pela margem direita, o Arapoim e o Macaúbas pela margem esquerda. Oitenta e três por cento da bacia se situa em terras mineiras.

A precipitação média anual é de aproximadamente 785mm. O mapa de isoietas anuais médias (Figura 6.18) permite verificar que as maiores precipitações se concentram nas cabeceiras da bacia, com valores anuais passando rapidamente de 900mm a mais de 1300mm, e sofrem uma redução gradual em direção ao centro da bacia. Ao norte, a presença das Serras de Monte Alto e Central respondem por uma elevação nos índices de chuva, que chegam a 800mm e 900mm próximo a Sebastião Laranjeiras. Merecem referência os trechos da bacia com precipitação média anual

inferior a 800mm: o extremo nordeste da Bacia, ao norte de Urandi, e a porção central da bacia, representada pelo médio curso do Rio Verde Grande e pelo Rio Gorutuba, a jusante da barragem de Bico da Pedra.

O regime de precipitação tem como trimestre mais chuvoso Novembro-Dezembro-Janeiro e como trimestre mais seco Junho-Julho-Agosto.

Geologicamente a maior parte da bacia, cerca de 70%, é constituída pelo Grupo Bambuí (formação Paraopeba), formada por calcários e, secundariamente, metassiltitos, ardósias, arenitos e arcósios. Aluviões quaternários, coberturas detrítico-lateríticas colúvias terciárias, arenitos da formação Urucuia (restritos aos limites da bacia) e o Complexo Pré-Bambuí.

A cobertura vegetal nativa é reduzida em razão do intenso uso do solo para agricultura e pecuária.

O exame dos dados de natureza hidrológica existentes inventariados por Assae(2007) permitem destacar:

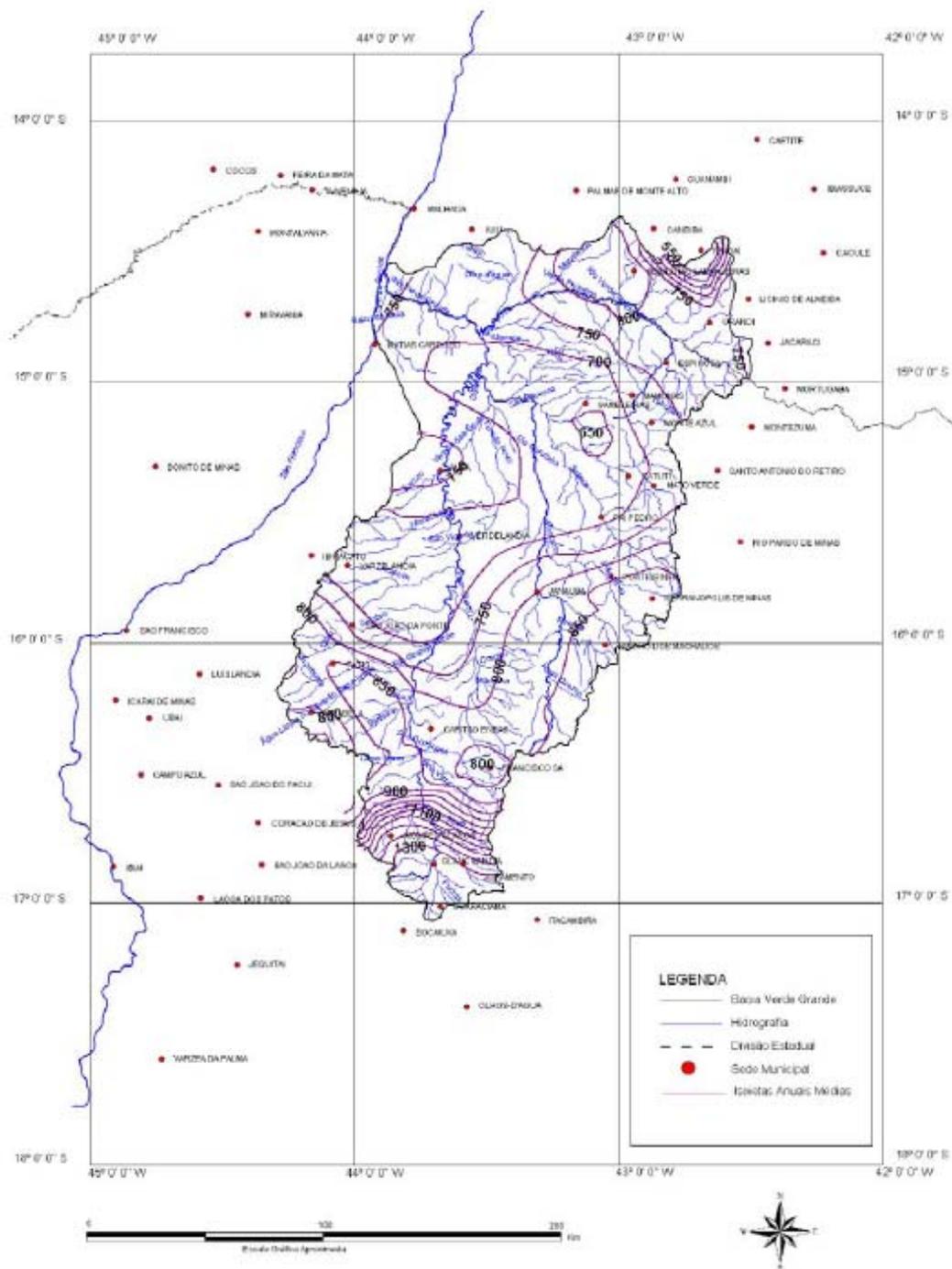
- Uma média (Q_{mlt}) de 39,6 m³/s e uma vazão com 95% de permanência (Q₉₅) igual a 1,59m³/s na foz do Verde Grande
- Uma vazão específica de 1,27 (l/s)/km² estabelecida a partir da Q_{mlt} da bacia. Tal vazão específica é muito baixa, cerca de um décimo do valor geralmente assumido para as bacias do Sudeste brasileiro.
- Uma grande amplitude entre as vazões médias e as vazões com 95% de permanência (que vão produzir valores altos de D₂ – relação entre Q_{mlt} e Q₉₅). Na foz do Verde Grande, Q_{mlt}/Q₉₅ é 24,9, assinalando a distribuição anual das chuvas concentrada em um período do ano e a limitada capacidade de regularização natural da bacia, vale dizer no caso, uma limitada disponibilidade hídrica global.

A presença dos calcários do Grupo Bambuí torna a hidrogeologia da região bastante complexa. Apesar de o conhecimento hidrogeológico ser considerado ainda insatisfatório, existem numerosos poços outorgados na bacia e uma vazão explotável de 11,7m³/s para a bacia foi estimada no Plano Decenal da Bacia do Rio S. Francisco (ANA, 2004). Em qualquer caso, parece claro que o aproveitamento dos recursos

hídricos subterrâneos adquire grande importância e seu emprego deve levar em consideração algumas características hidrogeológicas observadas na região, a saber:

- Um tempo de resposta curto para que o efeito de qualquer extração de águas subterrâneas se manifeste no escoamento de base dos cursos d'água da região;
- Os volumes de escoamento subterrâneo anual são muito irregulares, acompanhando a irregularidade climática da bacia
- Essa irregularidade se reflete diretamente na definição dos volumes exploráveis para fins de concessão de outorgas (extração de volumes constantes por longo tempo) e nas situações que podem se desenvolver em cada ano

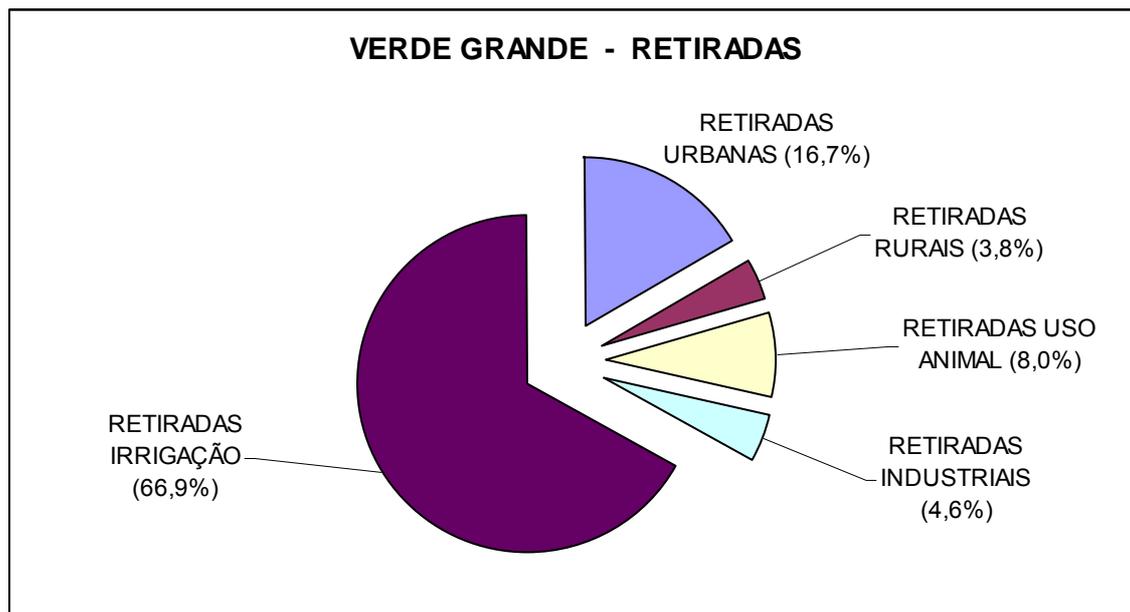
As demandas na Bacia foram estabelecidas a partir do Banco de Dados ANA/SPR e somam 8,026 m³/s, dos quais 5,302 m³/s representam consumo de água. Apesar desses cadastros não cobrirem todos os usuários de recursos hídricos, eles acusam o inequívoco predomínio da irrigação sobre os demais usos da água, o que é de fácil constatação através do exame de imagens de satélite ou percorrendo-se a bacia. Uma rápida comparação desse valor com os de Q_{mlt} e Q₉₅ revela que as retiradas outorgadas representam 20,2% das vazões médias e excedem em 5 vezes o valor de Q₉₅ na foz do Verde Grande.



Fonte: Assae, 2007

Figura 6.18 – Bacia do Verde Grande: Isoietas Anuais Médias

A Figura 6.19 oferece uma visão da distribuição das retiradas de água pelos diversos setores usuários.



Fonte dos dados relativos a retiradas: Banco de Dados da ANA/SPR

Figura 6.19 – Bacia do Verde Grande -Retiradas de água por setor usuário

O CBH Verde Grande registra, em folheto de divulgação institucional (CBH Verde Grande, s.d.) dois importantes projetos de irrigação na bacia – Cova da Mandioca/Estreito e Gorutuba – com uma área irrigável da ordem de 270 km².

Em trabalho recém concluído, Assae (2007) registra que as outorgas da ANA e do IGAM vigentes em DEZ2006 totalizariam 13,3m³/s, o que aumentaria a parcela da irrigação relativamente aos demais usos.

Um quadro tão crítico levou o MMA a suspender as outorgas na bacia no período 1996-2003. Em 2004, a ANA liderou negociações para alocação de águas na bacia. Nesse mesmo ano, pela Resolução no. 346 de 21JUN04, uma vazão máxima de captação de 2,82m³/s foi outorgada por três anos ao Distrito de Irrigação do Perímetro de Gorutuba, que deverão ser ajustados aos usuários de acordo com os volumes armazenados no Reservatório de Bico da Pedra, após os períodos das chuvas.

A Figura 6.20 apresenta um mapa da bacia do Rio Verde Grande no qual figuram a rede de drenagem, o limite estadual entre Minas Gerais e Bahia, os barramentos existentes, as áreas úmidas identificadas nas imagens de satélite e mapas de geodiversidade, os limites das UPHs em que a bacia foi subdividida, a rede

viária principal, as estações de monitoramento de qualidade de água, os pontos selecionados para determinação de indicadores(chamados de pontos de controle na legenda do mapa) e as transposições existentes.

Neste trabalho, a bacia do rio Verde Grande foi dividida em 6 unidades de planejamento hídrico (UPHs), cujas características principais estão elencadas no Quadro 6.16.

A qualidade das águas é controlada por 7 estações que o IGAM(2005) mantém na bacia:

- 4 no rio Verde Grande (a jusante de Glaucilandia, a jusante de Capitão Enéas, a jusante de Jaíba e a jusante da confluência com o Gorutuba)
- 1 no Ribeirão Vieira, a jusante de Montes Claros
- 2 no rio Gorutuba(uma a jusante de Janaúba e outra a montante da confluência com o Pacuí)

O exame dos resultados obtidos com tal monitoramento revela que o P-total apresenta violações em todas as estações. Coliformes fecais, coliformes totais e fenóis, completam a lista de parâmetros com maiores violações e, da mesma forma, se mostram relacionados com efluentes domésticos. O ribeirão do Vieira apresentou-se, em 100% das determinações empreendidas, com o P-total acima do limite legal de concentração para cursos d'água de Classe 2. Essa situação tem se mostrando estável ao longo dos anos, traduzindo um quadro crônico de contaminação dos cursos d'água da bacia por lançamentos de esgotos sanitários.

A qualidade das águas subterrâneas permite o uso pecuário e doméstico, ainda que apresente grau de dureza relativamente elevado. Não se presta ao uso industrial por gerar incrustações e apresenta limitações para o uso na irrigação de algumas áreas no caso de solos com textura eminentemente argilosa e de culturas com pouca tolerância ao sal.

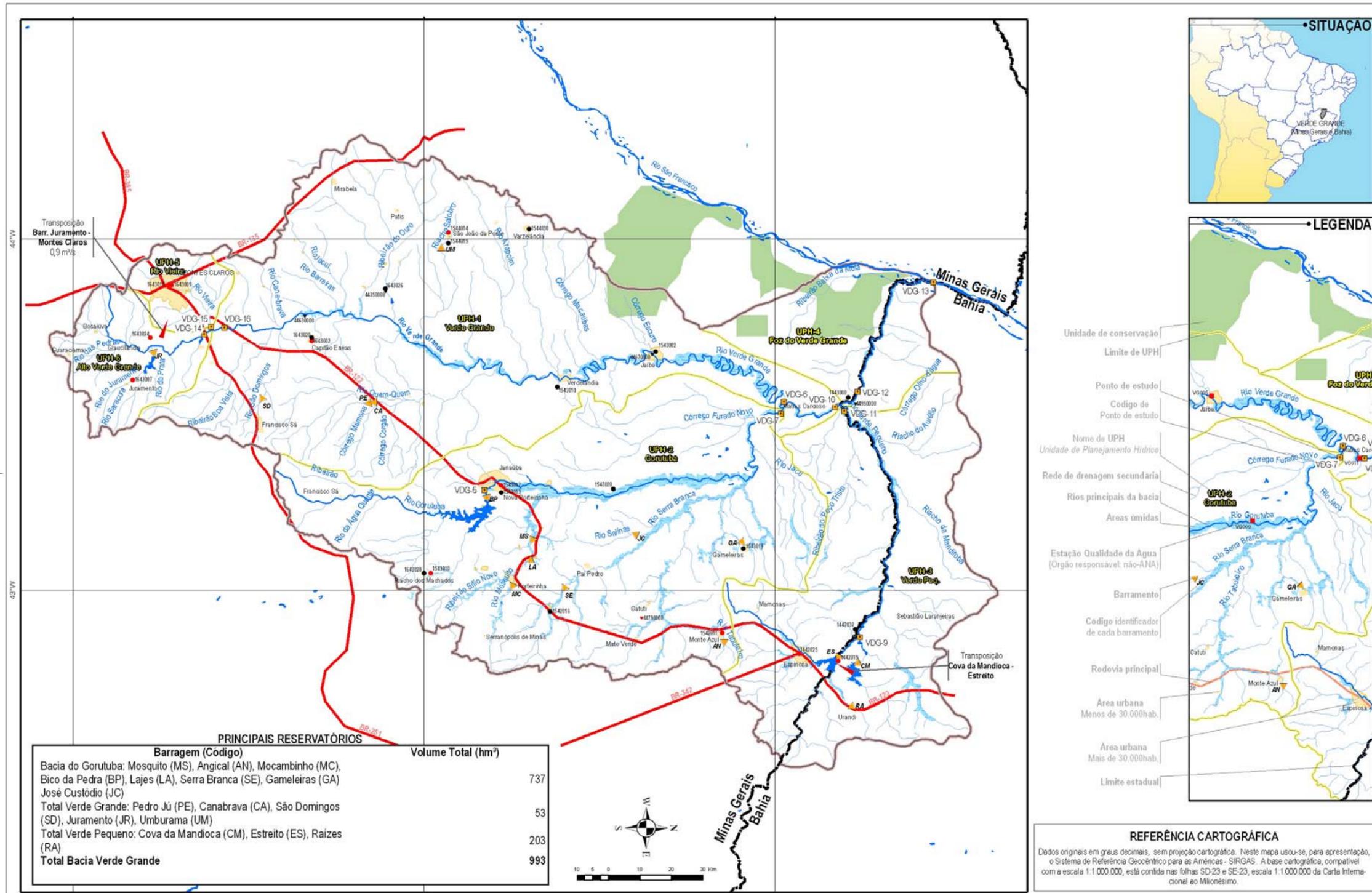


FIGURA 6.20 - BACIA HIDROGRÁFICA DO VERDE GRANDE

Quadro 6.16 - Características das UPHs da Bacia do Verde Grande

UPH \ FEIÇÕES	Vieira	Alto Verde Grande	Verde Grande	Foz do Verde Grande	Gorutuba	Verde Pequeno
Abrangência	Bacia do Vieira	Bacia do rio Verde Grande a montante da foz do Vieira	Trecho da bacia do Verde Grande entre a foz do Vieira e a foz do Verde Pequeno, excluída a sub-bacia do Gorutuba	Trecho final da bacia do Verde Grande a jusante da foz do Verde Pequeno	Sub-bacia do Gorutuba	Sub-bacia do Verde Pequeno
Principais rios	Vieira	Verde Grande, Juramento, Saracura, das Pedras e rio da Prata	Margem esquerda Canabrava, Barreiras, Jacuí, do Ouro, Salobro, Macaúbas e Escuro; Margem direita: Boa Vista, S. Domingos Quem-Quem	Baixa da Mula	Serra Branca, Jacu, Tabuleiros. Água Quente Furado Novo	Do Aurélio, Cova da Mandioca Mandiroba
Principais cidades	Montes Claros	Glaucilândia, Guaraciama	Capitão Enéas, Jaíba, Varzelândia, Francisco Sá	-	Janaúba, Nova Porteirinha, Gameleiras, Riacho dos Machados	Espinosa, Urandi, Sebastião Laranjeiras
Usos da água	Lançamento de efluentes	Irrigação, recreação de contato primário, abastecimento humano, dessedentação de animais e proteção de comunidades aquáticas	Irrigação, recreação de contato primário, abastecimento humano, dessedentação de animais e proteção de comunidades aquáticas	Irrigação, recreação de contato primário, abastecimento humano, dessedentação de animais e proteção de comunidades aquáticas	Abastecimento doméstico com tratamento convencional, irrigação e dessedentação animal	Irrigação de hortaliças, recreação de contato primário, abastecimento humano, dessedentação de animais e proteção de comunidades aquáticas
Cobertura vegetal nativa	25%	45%	34.7%	42%	35%	38,8%
Área (km ²)	454	1500	27741	9930	1879	6157
Feições de interesse	Transposição Juramento -Vieira (0,9m ³ /s)		Entre Verdelândia e Matias Cardoso, o rio Verde Grande possui curso conspícuo meândrico	Margem esquerda com UC	Barragem de Bico da Pedra	Barragens da Cova da Mandioca e de Estreito
Órgãos Gestores	IGAM	ANA-IGAM	ANA-IGAM	ANA/IGAM/SRH-BA	IGAM	ANA/IGAM/SRH-BA
Pontos selecionados para determinação de indicadores	VDG-15	VDG-14	VDG-6, -10, -16	VDG-12, -13	VDG-5, -7	VDG-9, -11

Segundo o IBGE (2001), a bacia possui uma população total de 684.205 habitantes, equivalente a 21,98 hab/km², dos quais 495.025 vivem nas áreas urbanas, o que corresponde a um grau de urbanização de 72,4%. A maior cidade da bacia é Montes Claros; outras cidades são Urandi, Sebastião Laranjeiras, Espinosa, Jaíba, Jaúba, Nova Porteirinha, Capitão Enéas, Glaucilândia e Guaraciama. O IDH-M da Bacia no ano 2000 era 0,704, maior que o da Bahia (0,688) e menor que o de Minas Gerais (0,773) e do Brasil(0,703). O município de Montes Claros responde por 44% da população da bacia e por 55% do seu PIB, que, em 2004, atingiu R\$3,8 bilhões.

A situação de saneamento básico da bacia é bastante insatisfatória. Todos os municípios possuem abastecimento de água, mas 25 deles (dos quais 20 têm sede na bacia) não são servidos por rede de esgotos e, desses, somente Bocaiúva (com sede fora da bacia) trata 22% dos esgotos que produz. Deve-se recordar que Montes Claros possui 58% da população urbana da bacia e seus efluentes são lançados no rio Vieira, que atravessa a cidade. Para assegurar o abastecimento dos moradores de Montes Claros, a cidade recorre a uma transposição do rio Juramento (na Barragem de Juramento), importando 0,9m³/s dessa bacia.

Quanto aos resíduos sólidos, apenas Montes Claros dispõe adequadamente parte (56%) da quantidade produzida. Todos os demais municípios não dispõem adequadamente os resíduos sólidos domiciliares que produzem, sendo que alguns nem de coleta dispõem.

O Atlas do Nordeste (ANA, 2006), depois de analisar os municípios com mais de 5.000 habitantes cuja sede se encontra na bacia, constata que somente Mato Verde e Porteirinha manterão uma oferta satisfatória de água até 2015 (um dos horizontes do Atlas).

A bacia possui alguns barramentos para armazenamento de água, merecendo menção:

- Na sub-bacia do rio Gortuba (UPH Gortuba): Mosquito, Angical, Mocambinho, Bico da Pedra(maior reservatório da Bacia), Lajes, Serra Branca, Gameleiras e José Custódio, totalizando 737 hm³ de volume armazenável;

- Na sub-bacia do Verde Pequeno (UPH Verde Pequeno): Estreito, Cova da Mandioca e Raízes com um total de 53 hm³ armazenáveis
- No resto da bacia do Verde Grande (UPHs Verde Grande e Alto Verde Grande): Pedro Ju, Canabrava, S. Domingos, Juramento e Umburama, com um total de 203 hm³.

Do ponto de vista da dominialidade, os rios Verde Grande e Verde Pequeno são rios de domínio da União, cabendo à ANA a responsabilidade pela sua gestão. Os demais rios são de dominialidade estadual trazendo para a arena da gestão dos recursos hídricos os órgãos gestores da Bahia e de Minas Gerais, respectivamente a Secretaria de Recursos Hídricos da Bahia – SRH/BA e o IGAM. Os dois estados já têm instalados seus Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos. Minas conta com um Fundo de Recursos Hídricos e já possui lei que autoriza a cobrança pelo uso da água.

A bacia conta com um CBH próprio - o Comitê da Bacia do Rio Verde Grande, criado em 2003 – e por ser uma sub-bacia do S. Francisco também pode contar com esse Comitê. Não há ainda Agência de Bacia.

Dos instrumentos de gestão previstos, apenas a Outorga vem sendo praticada pelos órgãos gestores (tanto para águas superficiais como subterrâneas, bem como para lançamentos). Admite-se, contudo, a existência de numerosos usuários ainda não outorgados. Um Plano Integrado de Recursos Hídricos foi iniciado (mas não concluído) em 1996 (antes da Lei 9433). Os 11 anos que separam aquele estudo de hoje, seu estado inconcluso, a intensificação da agricultura irrigada na bacia e o crescimento demográfico e econômico da região tornam-no superado para as necessidades presentes. O IBAMA enquadrava os rios da bacia, mas nada foi feito além disso. O enquadramento não foi referendado no Plano e inexistia um programa de efetivação do enquadramento.

Os órgãos gestores possuem, cada um, seus sistemas de informação sobre recursos hídricos, mas o Cadastro de Usuários continua deficiente, apesar de uma campanha de cadastramento conduzida em 2003 pela ANA e pelo IGAM.

A falta de tratamento de efluentes urbanos, que são lançados *in natura* nos rios da região bem, como a expressiva carga difusa que chega aos corpos hídricos da região, a falta de destinação adequada para os resíduos sólidos, a necessidade de

controlar perdas e racionalizar/otimizar o uso da água em irrigação reduzindo assim as demandas, a falta de uma cobertura vegetal mais extensa, a atividade pecuária como veículo de deflagração de processos erosivos e, coroando todos esses fatores, uma limitada disponibilidade hídrica que afeta a perenidade de alguns rios, tornam a bacia do rio Verde Grande palco de complexos conflitos pelo uso da água entre irrigantes e destes com outros setores usuários e um desafio para a gestão dos recursos hídricos.

Sem Plano, não há programa de efetivação de enquadramentos, não há um pacto de alocação de águas, não há diretrizes para reorientação dos usos e introdução de tecnologias apropriadas. O CBH congrega os principais usuários mas ainda não conseguiu transformar as trocas de informações em ações e as diferenças em convergências.

6.5.2. Aplicação do SINPLAGE à Bacia do Rio Verde Grande

Na aplicação do SINPLAGE, os indicadores foram determinados para 11 pontos distribuídos pelas seis UPHs, cuja localização se encontra indicada na Figura 6.20.

Os dados requeridos para determinação dos indicadores foram obtidos no Banco de Dados ANA/ SPR, no CENSO 2000 (IBGE, 2001) na PNSB (IBGE, 2002), no Plano Decenal da Bacia do Rio S. Francisco (que também cobre a bacia) e subseqüentemente submetidos a tratamentos, ou estimados através do exame de imagens de satélite (cobertura vegetal nativa). À medida que se possa promover cadastramento de usuários e de concessionários de serviços públicos e que o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande seja elaborado, as informações dessas novas fontes, hoje indisponíveis poderão ser empregadas para melhor delimitar as diferentes situações existentes na Bacia.

A Figura 6.21 apresenta o Quadro de Indicadores estabelecidos para os pontos selecionados nas diversas UPHs e os respectivos diagramas de teia.

6.5.3 Comentários

A apreciação desses resultados, apesar das limitações dos dados existentes e das simplificações introduzidas na determinação de indicadores (não se considerou a

auto-depuração em U2), mostra uma bacia com sérios problemas de disponibilidade, usos e vulnerabilidades hidroambientais, que pode ser classificada como uma bacia fundamentalmente agropecuária em estágio de desenvolvimento saturado, isto é, uma bacia na qual a atividade antrópica já alcançou um limite de desenvolvimento para as condições presentes.

Comparada com a bacia do Tietê (identificada também como uma bacia de desenvolvimento saturado, porém de perfil predominantemente urbano-industrial), a bacia do Verde Grande dela se diferencia naquilo que respeita a disponibilidades hídrica (tem menos água) no perfil e intensidade de usos, nas vulnerabilidades e nos baixos níveis de gestão implantados na bacia, muito distantes do que seria necessário para antepor-se aos problemas crônicos e agudos da bacia.

No que respeita a demandas, verifica-se que, no caso da Bacia do Tietê, as mesmas são intensas, de 30 a 100 vezes maiores que as existentes em pontos com situação equivalente no Verde Grande, marcadas pelas pressões que resultam das necessidades de água dos grandes contingentes populacionais e dos elevados níveis de atividades econômicas na bacia, especialmente aquelas de perfil urbano-industrial. No caso do Verde Grande, as pressões associadas aos usos se instalam devido à baixa disponibilidade hídrica total³⁷² na bacia e se manifestam através do consumo de água na irrigação e na diluição de efluentes. As vulnerabilidades na Bacia do Verde Grande decorrem mais do indicador V2 – Disposição adequada dos resíduos sólidos produzidos, enquanto na bacia do Tietê elas são mais salientes no indicador V1, embora a bacia do Verde Grande seja mais susceptível de ser exposta a desequilíbrios deflagráveis por V1 e V2. Por fim, as duas bacias se diferenciam quanto ao estágio de institucionalização da gestão e de implementação dos seus instrumentos.

Assim, a bacia do rio Verde Grande representa uma bacia de desenvolvimento saturado por limitação de disponibilidade hídrica e deficiência de gestão. Isso se torna evidente no conjunto de diagramas de teia da Figura 6.21, onde se percebe uma forte degradação da envoltória do período reportado. Nesses diagramas, D1, V2, U2' tomam o valor zero em vários pontos selecionados para o presente estudo..

³⁷² Definida no capítulo 5

O indicador D1 apresenta valores negativos para quase todos os pontos selecionados na bacia do Quadro de Indicadores (valores muito baixos de Q95, facilmente excedidos pelo somatório dos consumos a montante do ponto) os quais se expressam como 0 no diagrama (de 0 a 1). Isso quer dizer que, pelo menos durante 5% do tempo, os consumos excedem os valores de Q95 e, desse modo, não podem ser atendidos. Essa constatação encontra eco nos depoimentos de agricultores que afirmam ter sido o córrego “cortado” em trechos de rios da bacia. Os racionamentos referidos na PNSB também representam uma consequência desse quadro de disponibilidades precárias que o indicador define. O indicador D2 mostra igualmente valores elevados, exceto pelo ponto VDG-15. o que se explica pela transferência de águas intra-bacias já informada. A distância existente entre Qmlt e Q95 observada na bacia, já referida, explica esses resultados.

O indicador V1 apresenta valores entre 0,25 (em VDG-15) e 0,450 (em VDG-14). Mas a vegetação nativa não é de grande porte. O indicador V2 assume o valor zero nas sub-bacias do Gortuba, do Verde Pequeno e nas UPH Alto Verde Grande; graças a Monte Claro, os pontos das UPHs Rio Vieira, Verde Grande e Foz do Verde Grande, obtiveram valores diferentes de zero, que vão se reduzindo a partir do ponto VDG-15 à medida que se prossegue para jusante.

O indicador U1 representa a capacidade de atendimento às demandas relativamente a condições médias (isto é, para vazões correspondentes ao valor de Qmlt) e para essas vazões a situação não seria tão crítica. O indicador U2 representa os usos dos corpos hídricos da bacia para diluição de efluentes. Dados os baixos valores de Q95 e as altas cargas de DBOrem nos corpos hídricos, por causa do lançamento direto de efluentes nos corpos hídricos, os valores de D2 são elevados e necessitam de uma transformação de escala para figurar como U2' no diagrama. A transformação foi obtida fazendo-se

$$U2' = 1 - (U2/10)$$

VERDE GRANDE											
Ponto		Dist. Nacs. (km)	Área drenada (km²)	Disponibilidades		Vulnerabilidades		Usos		Gestão	
				D1	D2	V1	V2	U1	U2	G1	G2
VDG05	Gorutuba, a montante de Janaúba	92,2	1605	-2,830	0,961	0,350	0,000	0,200	11,574	0,400	0,400
VDG06	Verde Grande, a montante da Foz do Gorutuba	367,9	1295	-2,440	0,960	0,347	0,461	0,230	68,568	0,400	0,400
VDG07	Foz do Gorutuba.	220,8	9930	-3,370	0,960	0,350	0,000	0,240	26,280	0,400	0,400
VDG09	Verde Pequeno, a jusante de Espinosa	61,1	1784	-1,230	0,961	0,388	0,000	0,140	32,665	0,400	0,400
VDG10	Verde Grande, a mont. da foz do Verde Pequeno.	392,5	23041	-2,820	0,960	0,347	0,321	0,240	49,710	0,400	0,400
VDG11	Foz do Verde Pequeno	155,9	6157	-0,760	0,959	0,388	0,000	0,100	10,634	0,400	0,400
VDG12	Verde Grande, a jusante da foz do Verde Pequeno	400,0	29241	-2,390	0,960	0,420	0,298	0,210	41,373	0,400	0,400
VDG13	Foz do Verde Grande	456,9	31016	-2,330	0,960	0,420	0,298	0,200	39,032	0,400	0,400
VDG14	Verde Grande, a montante da foz do Rio Vieira	58,7	1500	-1,020	0,960	0,450	0,000	0,110	8,117	0,400	0,400
VDG15	Foz do Rio Vieira	35,2	454	0,760	0,470	0,250	0,562	0,010	53,173	0,400	0,400
VDG16	Verde Grande do jusante da foz do Rio Vieira	64,2	1987	0,410	0,693	0,347	0,560	0,560	47,157	0,400	0,400

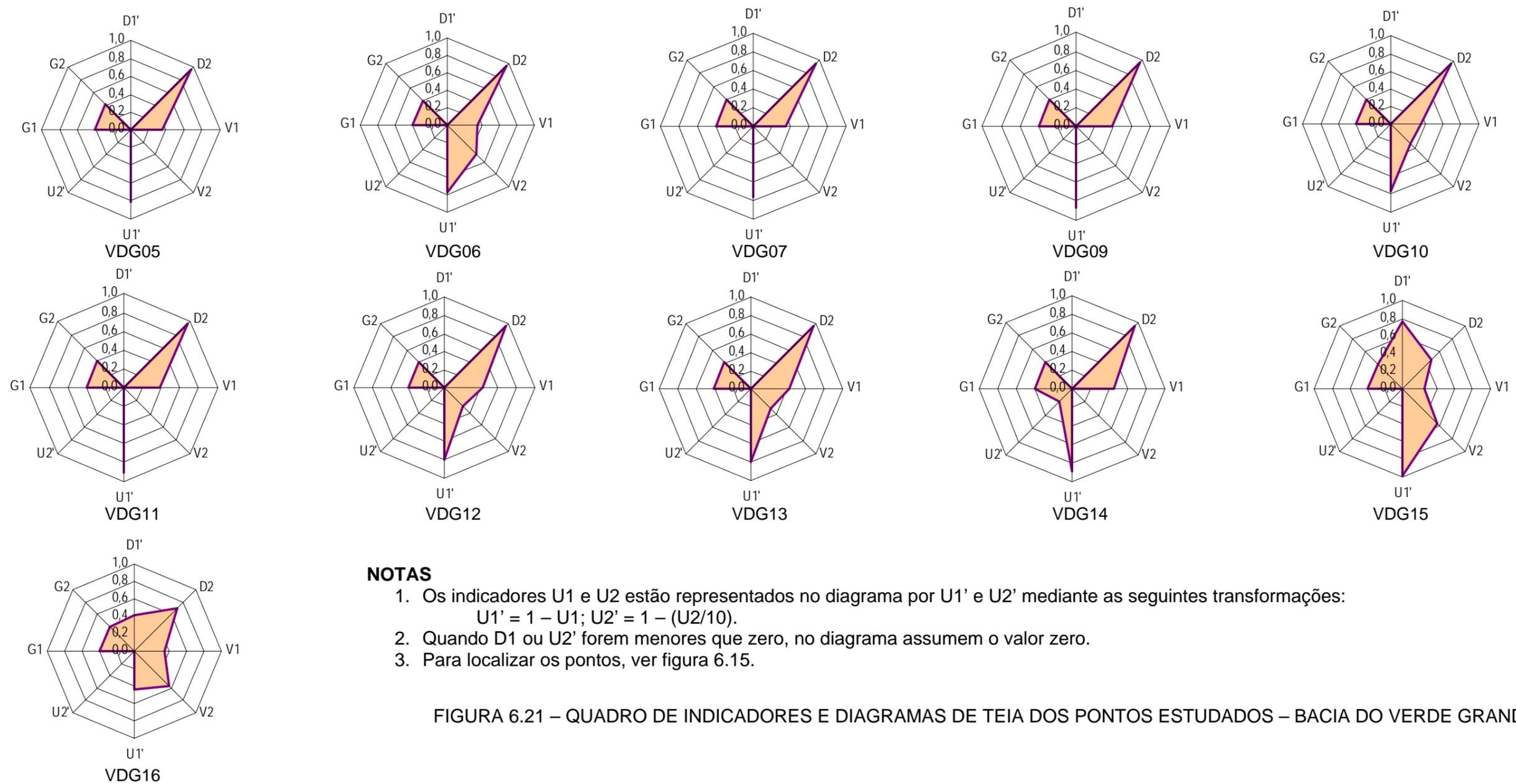


FIGURA 6.21 – QUADRO DE INDICADORES E DIAGRAMAS DE TEIA DOS PONTOS ESTUDADOS – BACIA DO VERDE GRANDE

Um rápido levantamento dos valores registrados para U2 na Figura 6.21 revela que o máximo registrado dentre os pontos selecionados foi 68,568 e o mais baixo foi em VDG-14 onde atingiu 8,117³⁷³.

Os indicadores de gestão – G1 e G2 – obtiveram a mesma pontuação para todos os pontos da bacia.

Um balanço global dos pontos estudados permite distribuí-los em três grupos de comportamento. O primeiro deles, que tem nos pontos VDG-5, -7, -9 e -11 os seus representantes, se caracteriza pelos valores negativos de D1 no quadro de indicadores (que tomam o valor zero como D1' nos diagramas); por $V2=0$ e $U2'=0$; por valores de $V1<0,4$; pelos baixos valores assumidos por U1 (recorde-se que, nos diagramas, $U1'=1-U1$); e por $G1=G2=0,4$. O segundo grupo encontra representação nos pontos VDG-6, -10, -12, -13 e -14 diferenciando-se do anterior pelo fato de V2 ser diferente de zero. O terceiro grupo é formado pelos pontos VDG-15 e -16. Eles se caracterizam por representarem situações singulares, assim resumidas:

- ponto VDG-15 – corresponde à foz do ribeirão Vieira, que corta Montes Claros. Devido à transposição Juramento-Montes Claros, ali tem-se $D1>0$; $D2>0$; $U1=0,100$ e $U2<0$. O indicador V2 assume seu maior valor na bacia.
- ponto VDG-16 – no rio Verde Grande a jusante da foz do Vieira, apresenta padrão semelhante ao VDG-15, porém D1 diminui e U1 cresce, ambos em relação ao valor que possuíam no ponto VDG-15

Em termos globais, a situação da bacia se manifesta principalmente no estado degradado do diagrama de teia dos vários pontos examinados e o fato de todos os pontos mostrarem polígonos degradados é indicativo de que o quadro já se estabeleceu para toda a bacia, não havendo situações significativamente “melhores” dentre os diversos pontos examinados.

Dada a importância de Montes Claros na bacia, em função de sua situação geográfica, sua expressiva população e o nível de atividade econômica que ali existe, cabe um comentário sobre a situação do rio Vieira, representado pelo ponto VDG-15 – Foz do Vieira no conjunto de diagramas da Figura 6.21 e representativo da UPH Vieira. Com Q95 da ordem de $0,02\text{m}^3/\text{s}$ e Qmlt de aproximadamente $0,58\text{m}^3/\text{s}$ (sem

³⁷³ Não foi considerada a auto-depuração desses corpos hídricos

contar a transposição que abastece Montes Claros) e recebendo os esgotos *in natura* dessa cidade (cuja vazão equivalente supera o valor da Qmlt na foz), o rio Vieira tornou-se um valão de esgoto a céu aberto, com águas de péssima qualidade que vão ter ao Verde Grande e lá misturar-se a novos esgotos procedentes das cidades a jusante e à poluição difusa que chega ao corpo hídrico. Por conta dessa transposição, o indicador D1 assume os valores de 0,76 e 0,41, respectivamente na Foz do Vieira (ponto VDG-15) e no Rio Verde Grande a jusante da Foz do Vieira (ponto VDG-16). Essa UPH também apresenta os menores valores de V1 da Bacia. O quadro só não é pior porque Montes Claros apresenta 56% de disposição adequada dos resíduos sólidos (indicador V2, o melhor registrado para os diversos pontos da bacia).

O caso da bacia do rio Verde Grande é uma conjugação do intenso uso em irrigação e do abandono a que foi relegado o saneamento básico no Brasil manifesto em uma área de baixa disponibilidade hídrica (resultante de uma associação entre clima, geologia e desnudamento vegetal de origem antrópica), mas acima de tudo, da incapacidade – pelo menos até o presente - de se montar um planejamento e uma gestão de recursos hídricos que apresente resultados objetivos, a despeito das numerosas entidades governamentais que atuam na área e dos investimentos feitos (que ainda não se mostraram capazes de resolver os problemas).

A Bacia conta com órgãos gestores com recursos técnicos e com um CBH próprio, mas isso ainda não permitiu ir além da concessão de outorgas, quando requeridas. A Fiscalização é débil e todas as tratativas para confeccionar um Plano ainda não produziram resultados.

Diante do exposto, pode-se concluir que a bacia do rio Verde Grande, por conta de suas limitações hídricas e por conta do intenso uso de seus (escassos) recursos hídricos também se encontra em estágio crítico de desenvolvimento dos seus recursos hídricos, requerendo um urgente e intensivo choque de gestão, capaz de propor e implementar um novo modelo de desenvolvimento e utilização dos seus recursos hídricos e, depois de aferir a capacidade de suporte da bacia para as atividades que demandam intensivamente recursos hídricos, estabelecer quais práticas são adequadas e quais devem ser impedidas/abandonadas.

CAPÍTULO SETE CONCLUSÕES

*Digo: o real não está na saída nem na chegada;
ele se dispõe para a gente é no meio da travessia.*

João Guimarães Rosa

Tal como declarado no Capítulo 2 desta tese, seu objetivo principal foi conceber um sistema de indicadores para o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas, capaz de orientar as decisões de seus gestores.

Para que esse primeiro objetivo pudesse ser atingido, foi necessário estabelecer objetivos parciais (secundários em relação ao primeiro) também enunciados no Capítulo 2, cujo atendimento permitiu organizar o trabalho em etapas. Eles consistiram (i) na sistematização do conhecimento produzido relativamente ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos e ao desenvolvimento sustentável de bacias hidrográficas, (ii) na pesquisa e proposição de indicadores para o planejamento e gestão dessas bacias, (iii) no desenvolvimento de uma estrutura conceitual para a organização do sistema de indicadores e (iv) na demonstração do sistema proposto através da aplicação a casos reais.

O primeiro objetivo parcial foi atendido com a problematização do tema no Capítulo 2 e com a formulação, no Capítulo 5, de uma perspectiva do planejamento e gestão dos recursos hídricos, sua evolução histórica e as tendências que se manifestam, sobre as quais vieram a se assentar a delimitação do espaço da gestão dos recursos hídricos e a estrutura conceitual do sistema proposto.

Isso acarretou reconhecer que os recursos hídricos integram o sistema ambiental. Não obstante, por sua importância, por sua complexidade, pelo número de atores que integram seus vários subsistemas, pelo significado econômico que têm para expressivos segmentos da sociedade, esses recursos constituem um sistema independente e bem delimitado, justificando-se a formulação de políticas públicas próprias que, na prática, se traduzem por um sistema de gestão fiel aos modernos

paradigmas, habilitado a implementar a recuperação e manutenção da qualidade, o uso múltiplo e racional, a descentralização e a participação da sociedade.

A satisfação do segundo objetivo parcial exigiu a pesquisa dos conceitos, propriedades e usos de indicadores na literatura técnica segundo dois eixos: no primeiro deles, de natureza temática, foram percorridos os indicadores empregados nos campos social, econômico, ambiental, de sustentabilidade (nesses dois últimos, a água se apresentando como um dos meios considerados) e, por fim, os ligados aos recursos hídricos. O segundo eixo varreu os indicadores segundo sua origem, isto é, segundo organismos nacionais, agências multilaterais, instituições de pesquisa ou autores responsáveis pela proposição ou adoção de indicadores em seus relatórios.

A pesquisa empreendida levou à dupla visão de indicador adotado nesta tese: (i) **uma informação qualificada**, cujo significado ultrapassa o seu sentido estrito e se projeta além desses limites, traduzindo algo maior ou mais abrangente, lançando luzes sobre um quadro temático do qual é tido como representativo e suportando uma avaliação diagnóstica desse tema e, ao mesmo tempo, (ii) **uma medida que oferece um “insight”** sobre as condições, qualidades, inter-relações ou problemas de um sistema complexo e permite o descortino de todo um panorama ligado a esse sistema. A partir dessa visão cunhou-se o conceito de Indicador adotado nessa tese, uma ferramenta que permite acompanhar um dado quadro e apoiar decisões a seu respeito. Desnecessário lembrar os riscos de distorções quanto ao entendimento da realidade que indicadores mal escolhidos podem proporcionar.

A leitura da documentação reunida revelou existir certa porção de devaneio e singeleza em torno do emprego de indicadores, mais exatamente do que podem oferecer e do seu potencial de explicação da realidade: em muitos textos está implícita a idéia de que um indicador contém em si a capacidade de explicar o porquê de um fenômeno por ele monitorado. Outra circunstância imprópria, que obscurece a noção de indicador, é a postura, cada vez mais amiudadamente repetida pelas Secretarias de Planejamento, de denominarem de indicadores o que, de fato, são variáveis de controle do progresso físico ou da execução orçamentária de programas, medidas por produtos ou quantidades de serviço realizados. Segundo essa orientação, que já se percebe em Termos de Referência, e mesmo em Planos de Recursos Hídricos, um a três “indicadores” desse tipo são definidos para acompanhar programas; se um número de programas, em torno de quatro dezenas, for proposto, como

freqüentemente ocorre, ter-se-á entre meia e uma centena de “indicadores” a serem acompanhados, sem a menor chance de que um gestor possa dar conta deles (programas e respectivos “indicadores”) e responder ao que sinalizam. Tornam-se então indicadores inócuos, burocráticos, sem serventia outra que a de ilustrar relatórios. Nessa condição se incluem indicadores como “número de reuniões realizadas no programa” ou “número de acessos ao sítio do órgão gestor”, encontráveis em alguns sistemas de controle. Uma tendência recente de reduzir essa distorção é o emprego de sistemas de gestão orientados para resultados, nos quais extraem-se das metas os indicadores usados para medir a transformação conseguida no período avaliado e orientar ações/intervenções a empreender. Outras vezes, atribui-se aos indicadores uma importância excessiva, tratando-os como a única informação que realmente importa, esquecendo-se os que assim agem de que o seu mérito é aportar elementos valiosos para as discussões, avaliações ou decisões a serem tomadas, assegurando uma boa plataforma de planejamento e gestão, porém sem prescindir de sua apresentação e contextualização apropriadas nem excluir outras informações científicas existentes que contribuam para o melhor entendimento dos fatos e processos.

A análise conduzida permitiu também concluir que indicadores vêm sendo crescentemente empregados em inúmeras situações, principalmente na área ambiental, que precisa classificar as situações que analisa, tarefa por si mesma difícil por envolver não uma variável, mas um conjunto delas, muitas só mensuráveis indiretamente. A diversidade de situações verificadas nos recursos hídricos das bacias hidrográficas e as múltiplas variáveis intervenientes têm igualmente despertado grande interesse quanto às possibilidades de utilização de indicadores pela facilidade que oferecem para avaliar, comparar e orientar decisões. Adicionalmente promoveu-se um estudo das propriedades dos indicadores, concluindo-se que pelo menos quatro delas são essenciais: a relevância, a base científica, a tempestividade e a acessibilidade/confiabilidade.

O levantamento de indicadores referidos na literatura técnica detectou muitas convergências, outras tantas redundâncias e algumas distorções. Alguns indicadores apareceram em quase todas as listas, sinal da importância que se lhes atribui; outros surgiram sob nomes diferentes, mas envolvendo basicamente as mesmas funções ou processos; diversas vezes confundiu-se medida de produção com qualidade de resultados; raramente houve uma preocupação em otimizar ou justificar o número de

indicadores empregados. Trabalhos envolvendo indicadores do estado do meio ambiente de alguns países reconheceram a inexistência de dados básicos para determinação de alguns indicadores incluídos em suas listas.

O terceiro objetivo parcial foi cumprido depois de analisar-se as estruturas propostas na literatura técnica e perceber-se a necessidade de uma estrutura mais exclusiva, dirigida para a problemática da gestão dos recursos hídricos. Primeiramente procedeu-se ao estudo e delimitação do espaço do planejamento e gestão dos recursos hídricos. Constatou-se que o núcleo desse espaço é formado pela disponibilidade hídrica e pelas demandas, um par dialeticamente antagônico com duas vertentes: a quantidade e a qualidade. Definidos os diferentes estratos desse espaço, estudando-o e demarcando-o desde esse núcleo bipolar até a periferia, reconheceu-se que a gestão se estabelece segundo quatro dimensões, nomeadamente Disponibilidade(D), Usos(U), Vulnerabilidades(V) e Gestão(G) e forjou-se a estrutura conceitual do sistema.

A estrutura conceitual proposta segundo essas quatro dimensões (designada pela sigla DUVG) destacou e esclareceu a espacialidade e a temporalidade no planejamento e gestão dos recursos hídricos: em uma mesma bacia, diferentes locais podem mostrar uma conjuntura de indicadores diversa entre si; indicadores determinados para um mesmo ponto tomado para estudo em diferentes momentos também podem apresentar valores muito diferentes, que registram as transformações ali experimentadas nos intervalos de tempo delimitados por esses momentos.

Adicionalmente, o desenvolvimento sócio-econômico do território de uma bacia hidrográfica introduz desequilíbrios de origem essencialmente antropogênica e intensidade variável, que progressivamente exarcebam suas vulnerabilidades e deflagram processos degradadores, expandem os usos dos recursos hídricos e comprometem as suas disponibilidades. Essas alterações, indesejáveis pelos impactos negativos que acarretam, resultam da apropriação assimétrica e não sustentável dos recursos da bacia e devem ser compensados por meio da Gestão, a quarta dimensão da estrutura conceitual adotada, o quarto vértice do tetraedro que representa as dimensões da sustentabilidade dos recursos hídricos, a peça chave para restabelecer o equilíbrio ante as transformações provocadas pelo desenvolvimento da bacia. Desequilíbrios e correções desenham a trajetória de desenvolvimento de uma bacia (ou de porções homogêneas dela) que o Sistema de

Indicadores deve apreender, descrever e acompanhar ao longo do tempo, medindo as transformações ocorridas nas dimensões de referência e apoiando decisões sobre a natureza, o local e a intensidade das intervenções a serem conduzidas.

A montagem e os exemplos de aplicações do sistema de indicadores para o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas (neste trabalho designado pela sigla SINPLAGE) constituíram-se no ponto central da tese. A escolha dos indicadores integrantes do SINPLAGE considerou (i) o atendimento das propriedades apresentadas no Capítulo Três, (ii) a possibilidade de serem estimados ou calculados sob diferentes condições de conhecimento com confiabilidade apropriada às condições da bacia e sua problemática, (iii) a adaptatividade do sistema, (iv) a capacidade de registrar a evolução de suas condições no tempo e (v) a estrutura conceitual estabelecida para ele.

Os indicadores selecionados deveriam ainda formar um pequeno conjunto, para que pudessem: (i) ser apreciados simultaneamente, (ii) olhar globalmente a bacia (ou as UPHs que a constituem), (iii) situar-se dentro de limites administráveis sem perda dos objetivos perseguidos e (iv) manter resguardada a paridade de indicadores por dimensão da estrutura DUVG. Um conjunto de condições complementares foi estabelecido para limitar o número de indicadores integrantes do Sistema (relevância, fácil determinação ou estimativa, confiabilidade, representatividade e aplicabilidade a todo o território nacional).

A aplicação desse conjunto de condições ao ingresso dos indicadores inventariados levou, desse modo, a um Sistema formado por 8 indicadores (2 para cada dimensão da estrutura) absolutamente alinhados com o conceito de indicador adotado neste trabalho e determináveis para qualquer bacia brasileira com um grau de confiabilidade compatível com o seu estágio evolutivo e a intensidade dos problemas que a afetam.

O último objetivo foi alcançado subseqüentemente à consecução do objetivo principal. O SINPLAGE foi aplicado a cinco bacias brasileiras, situadas em diferentes regiões hidrográficas e em diferentes estágios evolutivos. Cada bacia foi sub-dividida em UPHs, criadas pelo autor ou mediante aproveitamento de divisões já adotadas pelos órgãos gestores, levando em conta a diversidade de condições ou a importância de feições particulares. Para cada ponto considerado representativo das UPHs foram

determinados os indicadores integrantes do SINPLAGE, em formatos tabular e gráfico, este último através de um Diagrama de Teia. Os resultados mostraram-se muito bons em todos os casos considerados, refletindo adequadamente a conjuntura existente, de interesse direto para o planejamento e gestão dos recursos hídricos da bacia.

A natureza do diagrama de teia admite que os oito indicadores sejam representados por eixos que se irradiam de uma origem comum e a união dos valores plotados ao longo desses eixos, correspondentes a cada indicador, possibilita a construção de um polígono representativo das condições existentes no ponto da bacia tomado em consideração. O Diagrama de Teia permite uma visão global dos oito indicadores determinados para o ponto selecionado, dos desequilíbrios ali existentes, do afastamento entre o valor determinado e o desejável para determinado indicador nesse local, além de uma idéia da intensidade das intervenções necessárias. A reunião dos diagramas de todos os locais estudados em um mesmo desenho, além de reconhecer e avaliar as diferenças existentes em cada diagrama e entre os vários diagramas produzidos, possibilita situá-los na bacia e compreender o seu significado. Cabe ressaltar o valor da representação gráfica, que permite ao observador uma “fotografia mental” da situação existente, de fácil memorização, uma compreensão sistêmica do panorama da bacia quanto aos recursos hídricos e sua gestão.

As aplicações promovidas interessaram bacias com diferentes histórias, características e situações evolutivas, UPHs de várias dimensões e posições (envolvendo rios principais e afluentes; cabeceiras, médio curso ou foz). Os resultados obtidos revelaram-se consistentes e o emprego do sistema foi simples. A Figura 7.1 permite uma visão resumida dos resultados obtidos com a aplicação do SINPLAGE às cinco bacias estudadas, cobrindo uma ampla gama de situações. A justaposição ordenada dos diagramas típicos das cinco bacias estudadas captura a progressiva degradação/deformação dos polígonos dos diagramas de teia à medida que se passa da bacia “menos desenvolvida” para a “mais desenvolvida” (progressão horizontal) com a intensificação da atividade antrópica e suas conseqüências. A mesma figura possibilita observar os principais padrões de diagramas obtidos em uma mesma bacia (progressão vertical), traduzindo a coexistência de diferentes estágios de desenvolvimento dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica e captando, assim, a assimetria espacial do desenvolvimento no interior da bacia.

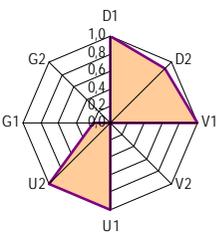
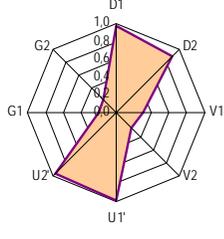
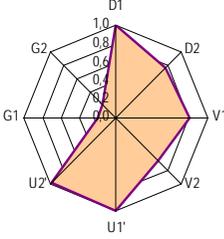
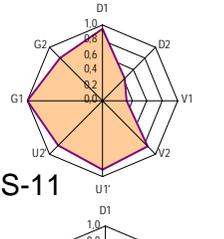
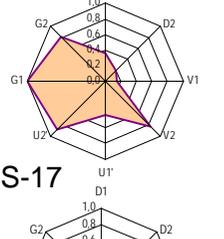
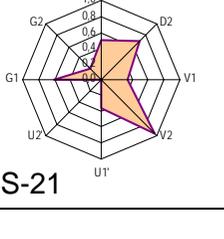
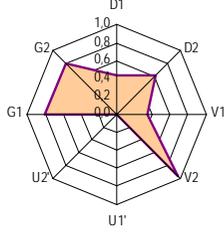
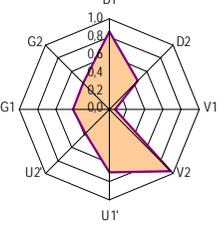
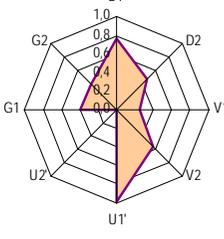
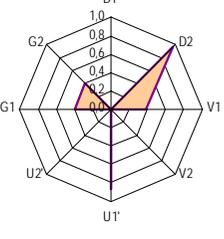
BACIA	JUTAI	TOCANTINS-ARAGUAIA	PARAÍBA DO SUL	TIETÊ	VERDE GRANDE
PADRÕES DE DIAGRAMAS	 <p>JUT-02</p>	 <p>TAR-5</p>  <p>TAR-11</p>	 <p>PBS-11</p>  <p>PBS-17</p>  <p>PBS-21</p>	 <p>TTE-04</p>  <p>TTE-19</p>	 <p>VDG15</p>  <p>VDG-09</p>
	CATEGORIA DA BACIA	Bacia Virgem	Bacia em estágio inicial de desenvolvimento	Bacia em estágio maduro.	Bacia em estado de desenvolvimento saturado Demandas intensas

Figura 7.1 - Padrões representativos dos diagramas de teia das bacias estudadas

O SINPLAGE demonstrou, assim, sua capacidade de detectar essas variações e traduzi-las à medida que as ações antrópicas vão se tornando mais intensas e abrangentes na bacia e não são compensadas por intervenções (que compõem quadrante da Gestão) destinadas a reequilibrá-las. O SINPLAGE possibilita, ainda, considerado o estágio de desenvolvimento da bacia hidrográfica (ou a unidade de planejamento hídrico em que esta possa ser dividida), avaliar a compatibilidade do estágio de desenvolvimento da bacia com as necessidades e o nível de planejamento e gestão instalado na bacia, identificando carências, excessos e encaminhamentos inadequados, como indica a figura 7.2..



Figura 7.2 – Estágios de desenvolvimento de Bacias Hidrográficas e as necessidades de Planejamento e Gestão correspondentes

Para o conjunto de bacias estudado nesta oportunidade, o SINPLAGE sugere que os primeiros indicadores a acusarem mudanças são os de vulnerabilidade, seguindo-se os de usos e disponibilidade. Os indicadores de gestão são os últimos a

acusar transformações. Da mesma forma, o exame dos diagramas construídos indica focos diferentes para a gestão dos recursos hídricos, de acordo com o estágio evolutivo da bacia ou UPH e o quadro de indicadores. Nas bacias estudadas pode-se verificar que:

- Para a bacia do Jutaí, uma bacia virgem quanto ao estágio de desenvolvimento: por sua imensa disponibilidade e diminutos usos, a postura deve ser apenas observar e acompanhar;
- Para a bacia do Tocantins-Araguaia, ainda em estágio de desenvolvimento pioneiro: as ênfases da gestão devem ser colocadas em ações preventivas, articulação, organização e não permitir que se instale uma defasagem irrecuperável da infra-estrutura hídrica de saneamento à medida que o desenvolvimento sócio-econômico prossiga. As grandes questões ainda se encontram no âmbito da gestão ambiental, porém o potencial de desenvolvimento que a bacia apresenta e as pressões a que poderá estar submetida em futuro breve impõem uma conduta de antecipação por parte dos gestores, reforçada pelo quadro de crescimento acelerado do Centro-Oeste relativamente às demais regiões brasileiras;
- Para a bacia do Paraíba do Sul, que corresponde a uma bacia típica do estágio de desenvolvimento maduro, com intensa utilização dos recursos existentes em alguns trechos (inclusive com transposição) e níveis elevados de cargas orgânicas em outros, mas ainda com disponibilidade hídrica alocável, trechos com boa qualidade de água e acumulação de algum passivo decorrente de intervenções que deixaram de ser empreendidas: deve-se privilegiar as intervenções em curto prazo para recuperar a qualidade das águas, promover a aplicação de regras operativas e implementar a gestão no sentido de resolver problemas e conflitos (especialmente com o a gestão do uso do solo e aqueles entre usuários) bem como nivelar a performance dos diferentes órgãos gestores.
- Para a bacia do Tietê: o foco deve ser estancar, reverter e recuperar o imenso passivo instalado nas disponibilidades e nas demandas através da gestão dos recursos hídricos. Nesta a bacia, em estágio de desenvolvimento saturado, a problemática dos recursos hídricos se

encontra inteiramente dissociada daquela de caráter puramente ambiental e possui uma interface mal equacionada com o uso do solo e o modelo de desenvolvimento que vem prevalecendo. Para vencer o quadro de anomia instalado, a gestão dos recursos hídricos, além de intensa e articulada, não prescindirá de um amplo conjunto de intervenções estruturais e da revisão do paradigma de desenvolvimento vigente;

- Para a bacia do Verde Grande, também uma bacia em estágio de desenvolvimento saturado: a gestão dos recursos hídricos deve se concentrar prioritariamente no seu próprio fortalecimento, já que é absolutamente insuficiente, no momento presente, para o porte dos problemas a serem enfrentados. Vencida essa etapa, deverá se dedicar à racionalização das demandas, ao gerenciamento da escassez e a ações destinadas a melhorar as condições de disponibilidade hídrica alocável da bacia. Na Bacia do Verde Grande a construção de uma estrutura de gestão eficaz é o caminho preferencial e a mais urgente medida para gerenciar as mudanças necessárias e impedir rupturas sociais e institucionais, passíveis de acontecerem em quadro tão crítico.

O SINPLAGE é, portanto, um sistema orientado para o planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias. Indicadores especializados, como os de saneamento ou de monitoramento da qualidade das águas não fazem parte dele, embora possam ser considerados pelos grupos encarregados da condução de programas particulares, integrantes do Plano de Recursos Hídricos da Bacia ou de outros programas. As fontes dos dados utilizados para determinar os indicadores do SINPLAGE devem ser sempre avaliadas, examinadas em sua compatibilidade com o estágio de desenvolvimento e a complexidade da bacia ou UPH. Devem ser sempre citadas junto com os resultados.

Outros empregos vislumbrados para o SINPLAGE são:

- sintetizar as informações dos PRHs, articulando o diagnóstico da bacia (a visão atual), com a situação no período correspondente ao plano anterior e as metas estabelecidas (a visão de futuro), isto é, promovendo a inserção da temporalidade;

- identificar e destacar transformações ocorridas, quer no espaço quer no tempo;
- inserir os diagramas de teia nos PRHs, nos PERHs e no Relatório de Conjuntura da Agência Nacional de Águas, como elemento de comunicação de rápida apreensão cognitiva;
- reunir as bacias ou UPHs em grupos com igual problemática;
- classificar bacias (ou UPHs de uma bacia) em categorias de desenvolvimento dos seus recursos hídricos, com base nos indicadores selecionados para integrar o SINPLAGE.

Eles poderão constituir linhas de pesquisas a serem conduzidas com vistas a aprofundar o presente trabalho. Além disso, os trabalhos desenvolvidos também insinuam novas pesquisas. Dentre elas, merecem menção:

- caracterização das trajetórias e delimitação dos estágios de desenvolvimento das bacias hidrográficas com base no sistema de indicadores ora apresentado;
- incorporação das envoltórias de metas, de valores críticos e do período precedente aos diagramas de teia;
- acoplamento do sistema de indicadores a sistemas de informações de recursos hídricos, de tal modo que os indicadores possam ser recalculados periodicamente sempre que determinadas condições, inseridas no sistema de informações, forem ultrapassadas ou novos dados sejam introduzidos no sistema de informações;
- associação do sistema de indicadores a sistemas multicritério de apoio à tomada de decisão;
- modelos de quantificação e distribuição de intervenções necessárias para atingir metas associadas aos indicadores do sistema;
- consideração do gerenciamento de riscos e planos de contingência para bacias hidrográficas;
- estudo das interfaces da gestão dos recursos hídricos e gestão do uso do solo urbano, bem como dos impactos da segunda sobre a primeira;

- montagem de subsistemas de indicadores especializados para gerenciamento de reservatórios construídos pelo homem e para o gerenciamento de áreas úmidas em bacias hidrográficas.

Um bom sistema de indicadores é também uma contribuição concreta à democracia, na medida em que permite o acesso à informação, confere transparência à gestão e, com isso, abre a gestão dos recursos hídricos à sociedade, como previsto na Lei 9.433.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELMADJID, A. "The expectations of the people of other continents with regard to Europe". In: Insecurity and Extreme Poverty in Europe - towards 2010. Study session organised by the Research and Training Institute of ATD. Fourth World and the Futuribles Group, Brussels, Jan. 2002.

ABRAMS, L. "Water Supply and Sanitation Collaborative Council. Working Group on Water Supply and Sanitation Development in Africa, 1996". Disponível em: <http://wn.epc.org/afwater/council.htm-Toc372958018>. Acesso em 15 Set.2006.

ADLER, M.; ZIGLIO, E. (eds.). Gazing into the Oracle: The Delphi Method and its Application to Social Policy and Public Health. London, Jessica Kingsley, 1996.

AGÊNCIA BRASIL. "Pesquisadores revelam que contaminação dos rios da Amazônia pelo mercúrio é de origem natural". Disponível em: <http://www.radiobras.gov.br>. Acesso em 21 Jan.2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. Resolução ANA n. 211, de 26 Maio 2003, Brasília, 2003 a.

_____. Resolução ANA n. 282, de 04 Ago.2003, Brasília, 2003 b.

_____. Resolução ANA n. 408, de 18 Nov. 2003, Brasília, 2003 c.

_____. Resolução ANA n. 465, de 20 Set. 2004, Brasília, 2004 a.

_____. Resolução ANA n. 542, de 03 Nov. 2004, Brasília, 2004 b.

_____. Cadernos de Recursos Hídricos: Disponibilidades e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, ANA, 2005 a.

_____. Cadernos de Recursos Hídricos - Navegação. Brasília, ANA, 2005 b.

_____. Cadernos de Recursos Hídricos – Aproveitamento do Potencial Hidráulico para Geração de Energia. Brasília, ANA, 2005 c.

_____. Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água. Brasília, ANA, 2005 d.

_____. Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil. Brasília, ANA, 2005 e.

_____. Termos de Referência para elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce. Brasília, ANA, 2005 f.

_____. Atlas do Nordeste. Brasília, ANA, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA/ COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS-CPRM/ INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DE MINAS GERAIS-IGAM. Sistema de alerta contra enchentes da Bacia do Rio Doce. Relatório Técnico do período de operação de Dez. 2003 a Mar. 2004. Belo Horizonte, CPRM, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA/ GLOBAL ENVIRONMENT FUND-GEF/ PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE-PNUMA/ ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS-OEA. Síntese Executiva. In: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2004-2013). Brasília, ANA, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA/ INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS-IGAM. Projeto Águas de Minas: qualidade das águas superficiais em 2003. Belo Horizonte, IGAM, 2003 (CD-ROM).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA/ SONDOTÉCNICA ENGENHARIA DE SOLOS. Relatório Síntese. In: Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim, Brasília, ANA/SPR, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL/ SECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS-SRH/ MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA/

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL-OMM. O Estado das Águas no Brasil – Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília, ANEEL/SRH/MMA/OMM, 1999.

AHMAD, M.D.; BASTIAANSEN, W.G.M.; FEDDES, R.A. “A new technique to estimate net groundwater use across large irrigated areas by combining remote sensing and water balance approaches, Rechna Doab, Pakistan”, Hydrogeology Journal, 15 (5-6), pp. 653-664, 2005.

AMAZONAS. Secretaria de Desenvolvimento Sustentável. “Plano de Gestão. Reserva de Desenvolvimento Sustentável Cujubim. Versão para consulta pública”. Disponível em: http://www.sds.am.gov.br/dsv/download/img_download/20070413181237plano_gestao_cujubim_completo%20para%20consulta.pdf. Acesso em 31 Mar.2007.

ANAND, S.; SEN, A.K. Human Development Index. Methodology and Measurement, Occasional Paper 12. New York, Human Development Report Office - UNDP, 1994.

ANTUNES, B. Disponibilidade hídrica na Região Hidrográfica Tocantins/Araguaia Nota Técnica nº 005/2006/SPR. In: Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia. Brasília, ANA, 2007.

ASSAE, S. Termos de Referência para Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Verde Grande. Contrato: AS-13363/2006, Brasília, ANA, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABTN. NBR ISO 14031: Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro, ABNT/Normas Técnicas, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS-ABRH. “Carta de Recife”. Seminário Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos. Recife, ABRH, 1995.

AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND ENVIRONMENT AND CONSERVATION COUNCIL-ANZECC. State of Environment Reporting Task Force. Core Environmental Indicators for Reporting the State of Environment. Canberra, Environment Australia - ANZECC, 2000.

AUSTRALIAN STATE OF THE ENVIRONMENT COMMITTEE. "Independent Report to the Commonwealth Minister for the Environment and Heritage". In: Australia State of the Environment 2001. Canberra, CSIRO/Department of the Environment and Heritage, 2001.

BALBI, A.; FREITAS, G. "Vazamento chega a afluente do Paraíba do Sul". O Globo, Editoria Rio, Rio de Janeiro, p. 12, 04 Mar.2006.

BALDWIN, D.S. Nutrients in Inland Waters Report to Environment Australia. In: State of the Environment Report, Canberra, 1997.

BALL, R. O.; CHURCH, R. L. "Water quality indexing and scoring". Journal of the Environmental Engineering Division. American Society of Civil Engineers, Washington, 106, EE4, pp.757-771, 1980.

BANZHAF, S.; BOYD, J. Index and Indicators for Ecosystem Services. Washington, Resources for the Future, 2004.

BARDELIN, C.E.A. Os efeitos do racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no consumo de energia elétrica. Dissertação de M.Sc., USP, São Paulo, 2004.

BARTH, F.T. "Aspectos Institucionais para o Desenvolvimento de Recursos Hídricos". In: Anais do Encontro Nacional: Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável- Agenda 21- cap. 18, Brasília, ABEAS, 1996 a.

_____ A recente experiência brasileira de gerenciamento de recursos hídricos. Cadernos FUNDAP: Política ambiental e gestão dos recursos naturais (20), pp. 59-75, São Paulo, 1996 b.

_____ "Aspectos institucionais do Gerenciamento dos Recursos Hídricos". In: Rebouças, A.C.; Braga, B.; Tundisi J.G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo, Escrituras, pp. 563-597, 1999.

BAUER, R.A, (ed.) Social Indicators. Cambridge, MIT Press, 1966.

BAUER, S.B.; RALPH, S.C. Aquatic habitat indicators and their application to water quality objectives within the Clean Water Act, EPA-910-R-9-014, Seattle, US Environmental Protection Agency - Region 10, 1999.

BENGOA, J.M. "Significance of malnutrition and priorities for its prevention". In: Berg, A.; Scrimshaw, N.S.; Call, D.L. Nutrition, National Development and Planning, Cambridge, MIT Press , pp. 103-128, 1973.

BOSSSEL, H. Indicators for Sustainability Development: Theory, Method and Applications. A Report to the Balaton Group. Winnipeg, IISD, 1999.

BRASIL. Congresso Nacional. Constituição da República Federativa do Brasil, Brasília, 1988.

_____. Lei Federal n. 8.490, de 19 Nov. 1992 - Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios e dá outras providências.

_____. Lei Federal n. 9433, de 08 Jan. 1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

_____. Lei Federal n. 9984, de 17 Jul. 2000 – Cria a Agência Nacional de Águas.

_____. Lei Federal n. 6938, de 31 Ago.1981 – Estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente-Sisnama, institui o Cadastro de Defesa Ambiental (redação dada pela Lei n. 8028, de 12 Abr. 1990) e dá outras providências (última alteração : Lei n. 10.165 de 27 Dez. 2000).

BRASIL. Governo Federal. Presidência da República. Decreto n.. 24.643, de 10 Jul.1934 – Código de Águas.

_____. Decreto n.. 68.324, de 09 Mar.1971 – Aprova o Plano de Regularização do Rio Paraíba e dá outras providências.

BRASIL. Ministério das Cidades. Programa de Modernização do Setor de Saneamento – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Resíduos Sólidos. Brasília, PMSS, 2003.

_____. Ministério das Cidades. Programa de Modernização do Setor de Saneamento-PMSS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2003. Brasília, MCIDADES/PMSS, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. “Pró-água Nacional”. Linhas gerais para a concepção e desempenho do programa. Brasília, SRH, 1999.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica. Relatório Final da Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica. Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 1469, de 29 Dez. 2000, Brasília, 2000.

_____. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 Mar. 2004, Brasília, 2004.

BRITISH BROADCASTING SYSTEM- BBC. “1986: coal mine canaries made redundant”. Disponível em: news.bbc.co.uk/onthisday/low/dates/stories/december/30/newsid_2547000/2547587.stm. Acesso em 30 Out.2005.

BROWN, R.M. ; MCCLELLAND, NINA, L. ; DEININGER, R.A. et al. “A water quality index-do we dare?” Water Sewage Works, pp. 339-343, 1973.

_____. “Validating the WQI”. Presentation at the National Meeting on Water Resources Engineering of the American Society for Civil Engineers. Washington, ASCE,1970.

BRUNDTLAND, G.H.(chair.), “Our Common Future” – Report on the World Commission on Environment and Development. New York, United Nations Environmental Programme, 1987.

CÂMARA MUNICIPAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Comissão Especial de Estudos sobre Enchentes. Relatório Final. São Paulo, 1995.

CAMDESSUS, M. Conferência pronunciada na Reunião de Governadores do Banco Interamericano de Desenvolvimento. Fortaleza, 2002.

CAMPOS, J.D. Desafios do gerenciamento dos recursos hídricos nas transferências naturais e artificiais envolvendo mudança de domínio hídrico. Tese D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

CAMPOS, V.F. TQC. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CANEDO DE MAGALHÃES, P. Comunicação pessoal, em 13 Abr. 2006..

CARLEY, M., Indicadores sociais: teoria e prática. Rio de Janeiro, Zahar, 1985.

CARMO, R.L. A água é o limite? Redistribuição espacial da população e recursos hídricos no Estado de S. Paulo. Tese de D.Sc., Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/ UNICAMP, Campinas, 2001.

CARSON, R. Primavera Silenciosa. São Paulo, Melhoramentos, 1969.

CENTRAIS ELÉTRICAS DO BRASIL-ELETOBRÁS. Relatório Condensado. In: Estudos Tocantins: Inventário Hidrelétrico das Áreas dos Rios Tocantins e Baixo Araguaia, Rio de Janeiro, Eletronorte, 1977.

CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO-CETEC. Diagnóstico da situação dos recursos hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – UGRHI-05, São Paulo, Cetec, 2000 a.

_____. Diagnóstico da situação dos recursos hídricos do Tietê/Batalha – UGRHI-16, São Paulo, Cetec, 2000 b.

_____. Diagnóstico da situação dos recursos hídricos do Baixo Tietê – UGRHI-19, São Paulo, Cetec, 2001.

CHAMBERS, N.; SIMMONS, C.; WACKERNAGEL, M. Sharing Nature's Interest: Ecological Footprints as an indicator of sustainability. London, Earthscan Publications, 2000.

COBB, C.W.; RIXFORD, C. Lessons learned from the history of social indicators. San Francisco, Redefining Progress, 1998.

COLLE, R.A.; JOHNSTON, N.T.; ROBINSON, D.J. "The use of flow duration curves as a data quality tool". Hydrological Sciences Journal, 48(6), pp. 939-951, 2003.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO DOCE-CBH DOCE. Relatório do Grupo de Trabalho Cheias do Rio Doce, Governador Valadares, CBH Doce, 2005 a.

_____. Resolução CBH n. 14, de 18 Ago. 2005 - Institui a Câmara Técnica de Gestão de Cheias da Bacia do Rio Doce. Governador Valadares, CBH Doce, 2005 b.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE-CBH VERDE GRANDE. Participe da gestão da Bacia do Rio Verde Grande, s.l., s.d.

COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBA DO SUL-CEIVAP. Deliberação Ceivap n. 08/01, Dispõe sobre a Implantação da Cobrança pelo uso de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul a partir de 2002, Resende, 2001.

COMMITTEE ON ENVIRONMENTAL POLICY. Convention on access to information, public participation in decision-making and access to justice in environmental matters, Aarhus, UNECE, 1998

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB. Norma Técnica L 5.303: Fitoplâncton de água doce: Métodos qualitativo e quantitativo – Método de ensaio. São Paulo, Cetesb, 1990 a.

_____. Norma Técnica L5.306: Determinação de pigmentos fotossintetizantes. Clorofila a, b e c e feofitina a. São Paulo, Cetesb, 1990 b.

_____. Comunidade planctônica e clorofila a do Complexo Billings (out/92 a out/93). São Paulo, Cetesb, 1996.

_____. Norma Técnica L5.309: Determinação de bentos de Água Doce – Macroinvertebrados. Método Qualitativo e Quantitativo. São Paulo, Cetesb, 2003.

_____. Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares 2003. São Paulo, Cetesb, 2004 a.

_____. Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2001-2003. São Paulo, Cetesb, 2004 b.

_____. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo-2003. São Paulo, Cetesb, 2004 c.

_____. Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares 2005. São Paulo, Cetesb, 2006 a.

_____. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2005. São Paulo, Cetesb, 2006 b.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE- CONAMA. Resolução Conama n. 020, de 18 Jun.1986, Brasília, 1986.

_____. Resolução Conama n. 006, de 16 Set.1987, Brasília, 1987.

_____. Resolução Conama n. 237 de 19 Dez.1997, Brasília, 1997.

_____. Resolução Conama n. 357, de 17 Mar.2005, Brasília, 2005.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CNRH. Resolução CNRH n.. 12, de 2000, Brasília , 2000.

_____. Resolução CNRH n. 16, de 8 Maio 2001, Brasília, 2001 a.

_____. Resolução CNRH n. 17, de 29 Maio 2001, Brasília, 2001 b.

_____. Resolução CNRH n. 48, de 21 Jul. 2005, Brasília, 2005 a.

_____. Resolução CNRH n. 49, de 21 Jul. 2005, Brasília, 2005 b.

CONSÓRCIO ENCIBRA-HIDROCONSULT . “Relatório Parcial 01 – Levantamento e Análise dos Estudos Existentes e o Diagnóstico dos Sistemas Integrado e Isolados de Abastecimento Existentes”. In: Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de S. Paulo, São Paulo, Consórcio Encibra-Hidroconsult/Sabesp, 2002.

_____. “Relatório Parcial 05 – Estudo dos Sistemas Produtores: Mananciais”. In: Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de S. Paulo. S. Paulo, Consórcio Encibra Hidroconsult/Sabesp, 2003

CONSÓRCIO ETEP – ECOLOGUS - SM GROUP. “Relatório R-8, Estudos de Base”. In: Macroplano de Gestão e Saneamento da Bacia de Sepetiba. Rio de Janeiro, Sema/PNMA, 1998.

CONSÓRCIO HIDROPLAN. Plano Integrado de Aproveitamento de Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista. São Paulo, CRH-SRHSO-DAEE, 1995.

CONSÓRCIO ICF-KAISER-LOGOS. “Nota Técnica-NT-03-001”. In: Projeto de Qualidade das Águas da Bacia do Rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo. São Paulo, SRHSO/SEDURB, 1998.

_____. “Relatório Final”. In: Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul. São Paulo, ICF Kaiser-Logos, 1999 a.

_____. “Relatório Final da Meta 1”. In: Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul Concepção do Sub-Programa Estadual de Investimentos. São Paulo, ICF Kaiser-Logos, 1999 b.

_____. “Relatório Final da Meta III – Revisão A”. In: Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul Estudos Relativos ao Arranjo Institucional RT-03-001. São Paulo, ICF Kaiser-Logos, 1999 c.

_____."Sumário Executivo". In: Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul Estudos Relativos ao Arranjo Institucional. São Paulo, ICF Kaiser-Logos, 1999 d.

CONSÓRCIO JMR-ENGEORPS. "Relatório 1: Síntese dos Planos de Bacia e Relatórios de Situação". In: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2004/2007). São Paulo, CORHI, 2005 a.

_____. "Relatório R2 – Definição das Metas do PERH 2004/2007". In: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2004/2007). São Paulo, CORHI, 2005 b.

_____. "Relatório R3 – Síntese dos Planos de Bacia". In: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2004/2007) São Paulo, CORHI, 2005 c.

_____. "Relatório R4: Síntese da Participação Regional", In: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2004/2007). São Paulo, CORHI, 2005 d.

_____. "Relatório R5: Proposta de Conteúdo Mínimo e Indicadores de Acompanhamento do Plano". In: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2004/2007). São Paulo, CORHI, 2005 e.

_____. "Relatório Final". In: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2004-2007). São Paulo, CORHI, 2005 f.

CONSÓRCIO MAGNA – COHIDRO. "Relatório de Diagnóstico_(n. 1329-R- MIN– PLD – 15 – 00)". In: Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Tocantins e Araguaia, Rio de Janeiro, 2006.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS. Diagnóstico da Situação dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul – UGRHI-02. São Paulo, CPTI, 2000.

_____. Planos de Bacia – UGRHI 1 – Serra da Mantiqueira e UGRHI 2 – Paraíba do Sul. São Paulo, CPTI, 2001

COPLAENGE PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA. Plano de bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – UGRHI-05. São Paulo, Coplaenge, 2000.

COSTA, S.S.; HELLER, L.; BRANDÃO, C.C.S. “Indicadores Epidemiológicos aplicáveis a estudos sobre a associação entre saneamento e saúde de base municipal”. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 2, pp. 118-127, 2005.

COSTIN, C. Comunicação pessoal, no Ciclo de palestras sobre a reforma do Estado. FUNDAP, São Paulo, 1999.

CSIR, MZURI CONSULTANTS, HSRC. National Core Set of Environmental Indicators for State of Environment Reporting in South Africa. Pretoria, DEAT, 2001.

DALE, V.H.; BEYELER, S.C. “Challenges in the development and use of ecological indicators”. Ecological Indicators, 1(1), pp. 3-10, 2001.

DALKEY, N.; HELMER, O. “An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts”. Management Science, v. 9, n. 3, pp. 458-467, 1963.

DÁVID, L. “Water transfer in a small country: Hungarian experiences and perspectives”. In: Golubev, G.N.; Biswas, A.K. Large scale water transfers – emerging environmental and social experiences. Oxfrd, United Nations Environment Program/ Ticooly, pp. 135-156, 1985.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE. “Projeto Tietê – Solução para as Enchentes na Região Metropolitana de São Paulo”. Revista Águas e Energia Elétrica, 4(12), São Paulo, Diretoria de Engenharia e Apoio Técnico do DAEE, 1987.

_____. “Medidas não Estruturais de combate a Inundações”. Revista Águas e Energia Elétrica, 5(15), São Paulo, Assessoria de Recursos Hídricos do DAEE, 1989.

_____. Dados coletados para a elaboração dos Relatórios de Situação de Bacias Hidrográficas (Lupa, Cetesb, DEPRN, IPT). São Paulo, DAEE, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL-DNPM. Mapa Geológico do Brasil ao Milionésimo. Folha AS-19, Brasília, DNPM, 2005 a.

_____. Mapa Geológico do Brasil ao Milionésimo. Folha AS-20, Brasília, DNPM, 2005 b.

_____. Mapa Geológico do Brasil ao Milionésimo. Folha SB-19, Brasília, DNPM, 2005 c.

DESCARTES, R. Discurso sobre o método. S. Paulo, Nova Cultural, 2000.

EARTHTRENDS. "Population health and well being". Disponível em <http://earthtrends.wri.org/text/population-health/country-profiles.html> . Acesso em 15 Jan.2006.

ECONOMOPOULOS, A.P. Assessment of source of air, water and land pollution – a guide to rapid source inventory techniques and their use in formulating environmental control strategies. Part One: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution. Geneva, World Health Organization, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. "Erosão Chitolina". Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=guará:::45>. Acesso em 20 Fev.2007.

ESTRELA, T.; MARCUELLO, C.; IGLESIAS, A. Water resources problems in Southern Europe. Topic Report 15/1996. Copenhagen, European Env. Agency, 1996.

ESTY, D.C.; LEVY, M.A.; SREBOTNJAK, T. et al. Pilot 2005 Environmental Performance Index. New Haven, Yale Center for Environmental Law & Policy, 2005.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY-EEA. Europe's water: An indicator-based assessment summary, Copenhagen, Office for Official Publications of the European Communities, 2003.

EUROPEAN PARLIAMENT. "Directive 2003/4/EC". Official Journal L 041, Brussels ,pp. 26-32, 14 Fev. 2003 a.

_____. "Directive 2003/35/EC". Official Journal L 156 , Brussels, pp. 17 - 25, 25 Jun.2003 b.

EUROPEAN SCHOOLBOOKS. The battle for water: Earth's most precious resource, Cheltenham, E.Schoolbooks., 1994.

FAIRWEATHER, P.; NAPIER, G. "Environmental indicators for national state of the environment reporting - Inland waters". In: State of the Environment (Environmental Indicator Reports), Canberra, Department of the Environment, 1998.

FALKENMARK, M.; LINDH, G. "Water and economic development". In: Gleick, P., ed. Water in crisis. New York, Oxford University Press, pp. 80-91, 1993.

FALKENMARK, M.; WIDSTRAND, C. "Population and Water Resources: A delicate balance". Population Bulletin, Washington, Population Reference Bureau, 1992.

FALKENMARK, M. "The purpose of this book". In: Swedish Natural Sciences, Research Council. Water: a reflection of land use, Stockholm, SNSRC, pp. 10-16, 1999.

FALKENMARK, M.; LUNDQVIST, J. "Towards water security: political determination and human adaptation crucial". Nat. Resources Forum, v. 22, n. 1, pp. 37-50, Feb. 1998.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE-FEAM. Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais, Minas Gerais, Feam, 2000.

FOUCAULT, M. As palavras e as coisas: uma arqueologia das ciências humanas, São Paulo, Martins Fontes, 1981.

_____. A microfísica do poder, Rio de Janeiro, Graal, 2000.

FRIEND, A.; RAPPORT, D. Towards a comprehensive framework for environmental statistics: a stress- response approach, Ottawa, Statistics Canada, 1979.

FUNDAÇÃO COPPETEC. “Síntese (PGRH-RE-019-R0)”. In: Bacia do Rio Paraíba do Sul. Plano de Recursos Hídricos (Fase Inicial da Cobrança pelo Uso da Água), Rio de Janeiro, ANA/COPPETEC, 2002.

_____. “Diagnóstico dos Recursos Hídricos- PSR-006-R0”. In: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo. Rio de Janeiro, COPPETEC/AGEVAP, 2006.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS-FGV. Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável-Cids. Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. Rio de Janeiro, Cids/FGV, 2000.

FUNDAÇÃO RURAL MINAS/ UNIVERSIDADE DE VIÇOSA/ INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Atlas Digital das Águas de Minas – Uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Belo Horizonte, RURALMINAS/UFV/IGAM, 2004.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Diagnóstico da situação da bacia do Alto Tietê– UGRHI-06, São Paulo, FUSP, 2000.

_____. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Alto Tietê, São Paulo, FUSP, 2001.

FURNAS/ENGEVIX. Estudos Ambientais dos Aproveitamentos Hidrelétricos do Rio Paraíba do Sul – Estudo da Qualidade da Água, Rio de Janeiro, Furnas/Engevix, 1990.

GANZELLI, J.P. “Aspectos Ambientais do Planejamento dos Recursos Hídricos: a Bacia do Rio Piracicaba”. In: TAUKE, S.M. (org.). Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar, São Paulo, UNESP, 1995.

GARRIDO, R.J.S. “Comentários do Secretário de Recursos Hídricos sobre Aspectos Instrumentais do Setor”. In: MMA/SRH. Política Nacional de Recursos Hídricos - Legislação Básica, Brasília, MMA/SRH, 2002.

GILL, M.A. “Planning to use full life of a reservoir”. Water Power and Dam Construction, pp. 46-47, May 1988.

GLEICK, P. "Basic water requirements for human activities: meeting basic needs". Water International, IWRA, v. 21, n. 2, pp. 83-92, 1996.

GEF – UNDP – UNIDO. "Global Mercury Project". GMP News, n.5, Dez. 2004.

GOLUBEV, G.; BISWAS, A.K. (Eds.). Large Scale Water Transfers.- Emerging Environmental and Social Experiences. Oxford, United Nations Environment Program/ Ticooly, 1985.

GONDIM FILHO, J. G. C. Sustentabilidade do desenvolvimento do Semi-Árido sob o ponto de vista dos recursos hídricos. Brasília, Projeto Áridas, Seplan/PR, 1995.

GREAT LAKES REGIONAL WATER QUALITY LEADERSHIP TEAM. "What are Social Indicators and how will they contribute to water quality improvement ?" Disponível em <http://www.uwex.edu/ces/regionalwaterquality/Flagships/SI-Docs/whatsi.htm> . Acesso em 12 Jan. 2006.

HARDI, P.; ZDAN, T.J. The Dashboard of Sustainability, Draft Paper, Winnipeg, HSD, 2000.

HART, M. Guide to sustainable community indicators. West Hartford, Hart Environmental Data, 1999.

HEALEY, P. "Planning through debate: the communicative turn in planning theory". Town Planning Review, v.63, n. 2, pp.234-257, 1992.

HERÓDOTO. História: O relato clássico da Guerra entre gregos e persas- Livro 2- Euterpe. São Paulo, Ediouro, 2001.

HINDLEY, M. "USBR`s brave new world". International Water Power & Dam Construction, pp. 32-33, Dec.1994.

HIRATA, R.; FERREIRA, L.M.R. "Os aquíferos da bacia do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição". Revista Brasileira de Geociências, 31(1), pp. 43-50, 2001.

HODELLI, D.A.; CURTIS, J. H.; BRENNER, M. "Possible role of climate in the collapse of the Classic Maya Civilization". Nature, 375, pp. 391-394, 1995.

HOLLANDA, A.B. Novo Dicionário da Língua Portuguesa, Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1974.

HOLLAND, T.W. Water Use Guidelines, USGS, 1995.

HOLMBERG, J.; LUDQVIST, U.; ROBERT, K.H. et al. "The ecological footprint from a systems perspective of sustainability". International Journal of Sustainable Development and World Ecology, v. 6, pp.17-33, 1999.

HUERTAS, F. Entrevista com Matus: o método PES, São Paulo, FUNDAP, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário, Rio de Janeiro, IBGE, 1996.

_____. Censo Demográfico Brasileiro- 2000, Rio de Janeiro, IBGE, 2001.

_____. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico- 2000, Rio de Janeiro, IBGE, 2002.

_____. Atlas de Saneamento, Rio de Janeiro, IBGE, 2004 a.

_____. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – Dimensão Ambiental: Saneamento, Rio de Janeiro, IBGE, 2004 b.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. "Macrodrenagem - Calha do Tietê – Ampliação chega na reta final". Revista Engenharia, São Paulo, Reportagem Especial, n. 569, 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Tietê/Sorocaba – UGRHI-10, São Paulo, IPT, 1995.

_____. "Documento Preliminar". In: Mapa de Erosão do Estado de São Paulo, São Paulo, IPT, 1999.

_____. Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Tietê/ Jacaré – UGRHI-13, São Paulo, IPT, 2000.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS-IGAM. Relatório das Águas Superficiais em 2003, Belo Horizonte, IGAM, 2004.

_____. Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais. Monitoramento da Águas Superficiais na Bacia do São Francisco Norte em 2004. Belo Horizonte, IGAM, 2005.

INSTITUTO SÓCIO – AMBIENTAL - ISA. “Terras indígenas no Brasil”. Disponível em <http://200.170.199.243/website/TerraIndigenaNovo/viewer.htm>. Acesso em 10/04/2007

INTERNATIONAL WATER RESOURCES ASSOCIATION. “Melbourne Declaration, Conference Report Xth World Water Congress. International Journal of Water Resources Development, v 16 no. 3, pp. 444-446, 2000.

JANNUZZI, P.M. Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações. Campinas, Alínea, 2001.

_____. “Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais”, Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, RAP, 36(1), 2002.

JANNUZZI P. M.; GRACIOSO, L. S. “Produção e disseminação da informação estatística”. São Paulo em Perspectiva. São Paulo, 16(3), pp. 92-103, 2002.

JESINGHAUS, J. A European System of Environmental Pressure Indices. Ispra, Institute of Systems Informatics and Safety, 1999.

JOHNSSON, R., M.F.; KEMPER, K. E. Institutional and policy analysis of river basin management: the Jaguaribe river basin. Ceará, Brazil. Washington, Banco Mundial, 2005.

JOHNSSON, R., M.F.; LOPES, P.D. “Retrato 3x4 das Bacias Pesquisadas”. In: Projeto Marca D’Água; Seguindo as mudanças na Gestão das Bacias Hidrográficas do Brasil. Brasília, Finatec – UNB, 2003.

JORGENSEN, S.E.; VOLLENWEIDER, R.A. Diretrizes para o gerenciamento de lagos. São Carlos, ILEC/IIE/UNESP, v.1, 2000.

JOYCE, P. G. "Using Performance Measures for Budgeting: A New Beat, or is it the Same Old Tune?" New Directions for Evaluation, n.75, pp. 45-61, 1997.

KELMAN, J. "Temas Estratégicos da Água na América Latina e no Caribe - Agenda para a Ação". Palestra proferida na Reunião anual das Assembléias de Governadores do Banco Interamericano de Desenvolvimento e da Corporação Interamericana de Investimentos, Fortaleza, 2002.

KEMPER, K. E. O custo da água gratuita: alocação e uso dos recursos hídricos no Vale do Curu, Ceará, Nordeste brasileiro. Linköping, Linköping Studies, 1997.

KENNEDY, R.H. "Reservoir design and operation: Limnological implications and management opportunities". In : Tundisi, J.G.; Straskaba, M.(eds.) Theoretical Reservoir Ecology and application. International Institute of Ecology. Brazilian Academy of Sciences and Backhuys, São Carlos – London, pp. 1-28, 1999.

KNAPP, K.C. et al. "Water transfers, agriculture, and groundwater management: a dynamic economic analysis", Journal of Environmental Management, 67, pp. 291-301, 2003.

KOHEN, S. "A thirsty Syria may make Turkey's water price of peace". Christian Science Monitor, 9, pp. 1-7, Jan.1996.

KOTZE, J. et al. "Determination of Sustainable Wellfield Yield considering Groundwater – Surface Water Interaction". Proc. of Environmentally Sound Technology in Water Resources Management (ESTW 2006), Gaborone, Botswana, Otlogetswe Totolo, pp.51-53, 2006.

KUHN, T. The structure of scientific revolutions. Chicago, Chicago Univ. Press, 1962.

LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA DA COPPE-UFRJ. Plano de Qualidade de Água da Bacia do Paraíba do Sul e Projeto Preparatório de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul. Rio de Janeiro, Coppe/UFRJ, 2000.

LACORTE, A.C. Gestão de Recursos Hídricos e planejamento territorial: as experiências brasileiras no gerenciamento de bacias hidrográficas. Dissertação de M.Sc., IPPUR/UFRJ, Rio de Janeiro, 1994.

LANNA, A.E.L. Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995.

LANNA, A.E.L.; PEREIRA, J.S.; HUBERT, G. “Os novos instrumentos de planejamento do sistema francês de gestão dos recursos hídricos: II - Reflexões e Propostas para o Brasil”, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, ABRH, v. 7, n. 2, pp. 109-120, 2002.

LAWRENCE, P.; MEIGH, J.; SULLIVAN, C. The Water Poverty Index: an International Comparison. Keele, Kerp, 2003.

LEAKEY, L. S. B. Olduvai Gorge 1951-61, (2 v.), Cambridge, Cambridge University Press, 1965.

LEAL, M.S. Gestão Ambiental dos Recursos Hídricos: Princípios e Aplicações. Rio de Janeiro, CPRM, 1998

MAGALHÃES Jr, A.P.; NETTO, O.M.C.; NASCIMENTO, N.O. “Os indicadores como instrumentos potenciais de gestão das águas no atual contexto legal-institucional do Brasil – resultados de um painel de especialistas”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v. 8, n. 4, pp. 49-67, 2003.

MALTA, V. A busca de uma solução de compromisso em problemas de conflitos em recursos hídricos utilizando o modelo de decisão CONSENSUS. Seminário de Qualificação ao Doutorado, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2005.

MANITOBA CONSERVATION. Provincial Sustainability Report for Manitoba 2005, Winnipeg, Manitoba Conservation, 2005.

MARA, D.D.; FEACHEM, R.G.A. “Water and excreta related disease – Unitary Environmental Classification”, Journal of Environmental Engineering, n. 125, pp. 334-339, 1999.

MARANHÃO, N. “Diagnóstico Consolidado da Bacia - Relatório Parcial-3”. In: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce. Projeto 704BRA2041-ANA/UNESCO, Brasília, ANA, 2005.

_____. Mapa de Degradação Ambiental da Bacia do Tocantins-Araguaia (ined)

MARANHÃO, N.; ASSAE, S. “A água no Século XXI”. Recursos Hídricos. Revista da Associação dos Engenheiros do DAEE-SP (AEDAEESP), São Paulo, n. 2, pp. 7-8, 2004.

MATUS, C. Teoria do Jogo Social. São Paulo, FUNDAP, 2005.

MEADOWS, D. Indicators and information systems for sustainable development. A report to the Balaton Group. Hartland, The Sustainability Institute, 1998.

MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; JORGEN, R. Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future, Chelsea Green, 1992.

MILES, I. Social Indicators for human development. New York, St. Martin, 1985.

MINAS GERAIS. Assembléia Legislativa. Lei n. 13.199, de 29 Jan.1999 – Dispõe sobre a Política de Recursos Hídricos de Minas Gerais.

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DEVELOPEMENT DURABLE. Portée Juridique et Rédaction des SAGE. Petit Guide Pratique, Paris, MEDD, 2003.

MOORE, K. A.; BROWN, B.V.; SCARUPA, H.J. “The uses and misuses of social indicators: implications for public policy”, Child Trends Research Brief Publ. 2003-1, Washington, pp. 1-6, 2003.

MORIN, E. A Cabeça Bem Feita. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 28, 2001.

_____. La méthode: la nature de la nature. Paris, Seuil, v. 1, 1977.

MULLER, E.; PRETORIUS, R. (comp). Environmental Indicators for National State of Environment Reporting - South Africa. Pretoria, DEAT, 2002.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Ecological Indicators for the Nation. Washington, National Research Council, 2003.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION-NASA. "Vegetation Applications. Disponível em: rst.gsfc.nasa.gov/Sect3_5.html. Acesso em 01 Mar.2007.

NATIONAL LAND AND WATER RESOURCES AUDIT. "Surface Water and Groundwater – availability and quality". In: Australian Water Resources Assessment 2000, Canberra, Goanna Print, 2001.

NATIONAL WATER QUALY MONITORING COUNCIL. "Population and Water Resources". Disponível em : <http://www.un.org/popin/fao/water.html>. Acesso em 13 Mar. 2007.

NEMEC, J. Engineering Hydrology. New York, McGraw Hill, 1972.

NEW SOUTH WALES ENVIRONMENTAL PROTECTION AUTHORITY. NSW 2003 State of the Environment Report. Sidney, Department of Environment and Conservation, 2003.

NOLL, H.H. "Social Indicators and Quality of Life Research: Background, Achievements and Current Trends". In: GENOV, N. (ed.). Advances in Sociological Knowledge over Half a Century. Paris, International Social Science Council, 2002.

_____. "Social Indicators and Social Reporting: The International Experience". In: CANADIAN COUNCIL ON SOCIAL DEVELOPMENT (ed.): Symposium on Measuring Well-being and Social Indicators. Final report. Ottawa, CCSD, 1996.

O ESTADO DE S. PAULO, Cidades, 04AGO06. Disponível em <http://www.estadao.com.br/ultimas/cidades/noticias/2006/ago/04/402.htm> . Acesso em 01JAN07

OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET: THE EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT. "Government performance results act of 1993". Washington, 1993.

Também disponível em: <http://www.whitehouse.gov/omb/mgmt-gpra/gplaw2m.html>. Acesso em 22 Abr.2006.

O GLOBO. Editorial “Uma sucessão de tragédias”. Rio de Janeiro, Editoria Rio, p.12, 28 Jan.2006.

OHLSSON, L. Water and Social Resource Scarcity. Göteborg, Department of Peace and Development Studies (Padrigu), University of Göteborg, 1998.

OLIVEIRA, F. “O Estado e o Urbano no Brasil”. Estudos e Debates. São Paulo, pp.36-54, Jun./Set. 1982.

OLIVEIRA, M.M. et al. Critérios para definir a sustentabilidade de exploração de águas subterrâneas. Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento Territorial. Vila Real, Out. 2005.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT-OECD. Core set of Indicators for Environmental Performance Reviews. Environment Monograph n. 83, Paris, OECD, 1993.

_____. Background paper to the OECD Workshop: Sustainable consumption and production – clarifying the concepts. Rosendal, OECD, 1995.

_____. “Estatística da OECD” Disponível em < www.oecd.org >. Acesso em Nov. 2003.

_____. OECD Key Environmental Indicators, Paris, OECD, 2004 a.

_____. Environmental Indicators – Development, Measurement and Use, Reference Paper, Paris, OECD, 2004 b.

_____. Environmental Data- Compendium 2004. Paris, OECD, 2004 c.

OTT, W.R. Environmental Indices: Theory and Practice. Ann Arbor, Ann Arbor Science, 1978.

PALMADE, G. Interdisciplinaridade e Ideologias. Madrid, Narcea, 1979.

PARK, R.E. "A cidade: sugestões para a investigação do comportamento humano no meio urbano". In: Velho, O.G.(org). O fenômeno urbano, Rio de Janeiro, Guanabara, 1982.

PARLEMENT EUROPÉEN. "Directive 2000/60/CE". Journal Officiel des Communautés Européennes L 327/1, 2000.

PARSONS, R. Statistical analysis: a decision making approach. New York, Harper & Row, 1974.

PEREIRA, V.L.R. A limnologia e o gerenciamento integrado do reservatório da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães – UHE Lajeado, Tocantins. Tese de D.Sc., EESC/USP, São Carlos, 2002.

PIRCHER, W. "36000 dams and still more needed". Water Power & Dam Construction, Sutton, pp.15-18, May 1993.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. Índice de qualidade de vida humana. Belo Horizonte, PMBH, 2000.

PRESCOT-ALLEN, R. System assessment method, origins and key features. Washington, The World Conservation Union, 1999.

QUINN, P.F.; HEWETT, C.J.M.; DOYLE, A. Scale appropriate modelling: from mechanisms to management. In: Tchiguirinskaia, I.; Bonell, M.; Hubert, P. (ed.) Scales in Hydrology and Water Management. IAHS Pub. n. 287, pp. 17-37, 2004.

RATTNER, H. "Indicadores sociais e planificação do desenvolvimento". Revista Brasileira de Planejamento, Porto Alegre, Instituto Brasileiro de Planejamento, 1977.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. Águas Doces do Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação. São Paulo, Escrituras, 2002.

REINA, E. "Piora nível de poluição no Tietê". O Estado de São Paulo, Metrópole, 16 Maio 2007.

RIO DE JANEIRO. Governo do Estado. Decreto E n. 39, de 24 Mar. 1975.

_____. Assembléia Legislativa, Lei n. 3239, de 02 Ago. 1999 – Institui a política estadual de recursos hídricos e cria o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro.

RIVERA, F.J.U. Agir comunicativo e planejamento social: uma crítica ao enfoque estratégico. Rio de Janeiro, FIOCRUZ, 1995.

SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO-SABESP. “Relatório Parcial 01: Levantamento e Análise dos Estudos Existentes e o Diagnóstico dos Sistemas Integrados e Isolados de Abastecimento Existentes”. In: Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo . São Paulo, Consórcio PDA 2025, Out.2002.

SANEAGO. Informações Operacionais. Goiânia, SANEAGO, 2005.

SANEATINS. Informações Operacionais. Palmas, SANEATINS, 2005.

SÃO PAULO. Governo do Estado. Decreto E n. 50.079, de 24 Jul.1968.

_____. Secretaria do Meio Ambiente, SRHSO, IG, CETESB, DAEE. Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, São Paulo,1997.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA/65, de 13 Ago.1998 a.

_____. Secretaria do Meio Ambiente . Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares. São Paulo, 1998 b.

_____. Secretaria do Meio Ambiente . Perfil Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo,1998 c.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. Atlas das Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo,Metalivros, 1998 d.

_____. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. Relação de Municípios do Estado de São Paulo com os respectivos índices de atendimento em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos (preliminar)- Base de dados para a elaboração do ISA, São Paulo, 1999.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos, Primeiro Plano do Estado de São Paulo-1990. São Paulo, 1990.

_____. Plano Estadual de Recursos Hídricos – 2000-2003. São Paulo, DAEE – SRHSO, 2000.

_____. Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004/2007 – Resumo. São Paulo, DAEE, 2006.

SATO, A.C.K. “Índices de Sustentabilidade”. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/temas530/anacarla.htm>>. Acesso em 29 Jun. 2003.

SCORECARD. “Pollution Locator”. Disponível em http://www.scorecard.org/env-releases/water/index_iwi.tcl. Acesso em 15 Dez. 2005.

SEADE, Índice Paulista de Responsabilidade Social. São Paulo, SEADE, 2001.

SEARCY, J.K. “Flow duration curves”. In: Manual of Hydrology, part. 2. Low – flow techniques. USGS Supply Paper 1542A. Washington, US Government Printing Office, 1959.

SEGNSTAM, L. Indicators of Environment and Sustainable Development - Theories and practical experience. Washington, The World Bank, 2002.

SEGURA, R.; YAGUE, J. “Criteria for storing water in Spanish dams”. In: Sautbergen, L.; Van Westen, C.J. (eds.). Reservoirs in Water Basin Development, Rotterdam, Balkema, pp. 65-73, 1995.

SETTI, A.A. ; LIMA J.E.F.W.; CHAVES, A.G. M. et al. Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, ANEEL/ANA, 2001.

SHIKLOMANOV , I.A. “World fresh water resources”. In: Gleick, P. (ed.) Water in crisis. New York, Oxford University Press, pp.13-24, 1993.

SHIKLOMANOV, I. A. "World Water Resources and Their Use. State Hydrological Institute/UNEP, 1999". Disponível em : <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/>. Acesso em 22 Jan. 2006.

SILVA, A.P. et al. "Um projeto para acabar com as inundações que S.Paulo enfrenta desde o Século XVIII". Rev. Engenharia. São Paulo, n. 548, pp.58-74, 2001.

SILVA, E. R. O Curso da Água na História: Simbologia, Moralidade e a Gestão de Recursos Hídricos. Tese de D.Sc., Escola Nacional de Saúde Pública/ Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1988.

SIMMEL, G. "The Metropolis and mental life". In: Wolff, K.H. The Sociology of Georg Simmel. Glencoe: Free Press, 1959. (artigo originalmente publicado em 1902).

SIMONOVIC, S.P. "Risk in sustainable water resources management". In: Rosbjerg, D. et al. (eds.). Sustainability of water resources under increasing uncertainty. Proc. International Symposium, Rabat. IAHS Press, Publication n.240, Institute of Hydrology, Wallingford, pp. 3-17, 1997.

SMITH, R.; SIMARD, C.; SHARP, A. A Proposed Approach to Environment and Sustainable Development Indicators Based on Capital. Ottawa, The National Round Table on the Environment and the Economy's Environment and Sustainable Development Indicators Initiative, 2001.

SOUZA, M.T. Fundamentos para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Distrito Federal. Dissertação de M.Sc., Instituto de Geociências/Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

SPENGLER, O. The Decline of the West. New York, Oxford Univ. Press, 1991.

SRINIVASAN, T.N. "Human Development: A New Paradigm or Reinvention of the Wheel?". AEA Papers and Proceedings, 84 (2), pp. 238-243, 1994.

STRASKABA, M. "Self Organization, direct and indirect effects". In: Tundisi, J.G.; Straskaba, M. (ed.). Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. International

Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences, London, Backhuys pp. 29-51, 1999.

STRASKABA, M.; TUNDISI, J.G. "Reservoir ecosystem functioning :Theory and Application". In: Tundisi, J.G.; Straskaba, M. (ed.). Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences, São Carlos – London, Backhuys, 1999.

STREETEN, P. "Human Development: Means and Ends", American Economic Review, 84(2), pp. 232-237, 1994.

SULLIVAN, C.A. "Calculating a Water Poverty Index". World Development, 30, pp. 1195-1210, 2002.

SULLIVAN, C.A. ; MEIGH, J. R. "Access to water as a dimension of poverty: The need to develop a Water Poverty Index as a tool for poverty reduction". In: Olcay Unver, I.H., Gupta, R.K; Kibaroglou, A. Water Development and Poverty Reduction. Boston, Klumer, pp.31-52, 2003.

TABLE RONDE NATIONALE POUR L'ENVIRONNEMENT ET L'ÉCONOMIE-TRNEE . L'état du débat sur l'environnement et l'économie. Les indicateurs d'environnement et de développement durable pour le Canada. Ottawa, Éditions Renouf, TRNEE, 2003

TAGNIN, R.A. O Tratamento da Expansão Urbana na Proteção aos Mananciais : O Caso da Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação de M.Sc., USP, São Paulo, 2000.

TAYLOR, C.J.; ALLEY, W.M. "Ground – Water – Level Monitoring and the Importance of Long – Term Water – Level Data". US Geological Survey Circular 1217. Reston, Virginia, 2001.

THAME, A.C.M. (org) A cobrança pelo uso da água. S. Paulo, IQUAL, 2000.

TOLEDO Jr., A. P. Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais . São Paulo, CETESB, 1990.

TOLEDO Jr., A.P. ; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J. et al . A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagoas e reservatórios tropicais. Camboriú, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária-CBES, 1983.

TRIGALE, J.T. et al. Using water availability models to assess alterations in instream flows. Draft Report. Resource Protection Division. Austin, Texas Parks and Wildlife Department, 2003.

TUNDISI, J.G. A água no Século XXI. São Carlos, RiMA/ IIE, 2003.

TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, R. Theoretical reservoir ecology and its application, São Carlos, IIE, 1999.

UNITED NATIONS COMMISSION ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT-UNCSD. Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies. New York, UNCSD 1996.

_____. Report on the aggregation of Indicators for Sustainable Development - (CSD9). New York, UNCSD, 2001.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM-UNDP. Human Development Report . New York, Hoechstetter Printing, UNDP, 2005.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE-UNECE.

UNITED NATIONS EDUCATION SCIENCE AND CULTURE OFFICE-UNESCO. “Les Indicateurs socio-economiques: theories et applications”. Révue Internationale des Sciences Sociales, UNESCO, v. XXVII (1), pp. 13-14, 1975.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. Work Programme on Indicators of Sustainable Development of the Commission on Sustainable Development, New York, Division for Sustainable Development, 1999.

UNITED NATIONS ORGANIZATION . Agenda 21. New York, United Nations, 1992.

UNITED NATIONS POPULATION INFORMATION NETWORK. "Population and Water Resource". Disponível em <http://www.un.org/popin/fao/water.html>. Acesso em 15 Fev.2006

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-USEPA. Community-Based Environmental Protection: A Resource Book for Protecting Ecosystems and Communities. Washington, Usepa, 1997.

_____. Draft Report on the Environment 2003. Washington, Usepa, 2003.

_____. "Index of Watershed Indicators: an overview". Disponível em <http://www.epa.gov/iwi/iwi-overview.pdf>. Acesso em 10 Nov.2005.

US GOVERNEMENT ADMINISTRATION OFFICE-USGAO. The Government Performance and Results Act: Governmentwide Implementation Will Be Uneven. Washington, DC, GAO/GGD, pp.97-109, 1997.

VALARELLI, L.L. "Um panorama sobre o estado da arte sobre indicadores". In: Passos, A. K. (org). Indicadores, ONG's e cidadania: contribuições sociopolíticas e metodológicas. Curitiba, Plataforma Contrapartes Novib. GT Indicadores, 2003, pp. 50-56. Também disponível em <http://www.aidsalliance.org/apoioong/resources/0201103p00.pdf>. Acesso em 21 Out.2005.

VELTROP, J. V. "Water, dams and hydropower in the coming decades". Water Power & Dam Construction, pp. 37-44, 1991.

VERNANT, J.P. As origens do pensamento grego. São Paulo, Difel, 1984.

VILLIERS, M. Água. Rio de Janeiro, Ediouro, 2002.

VIDAL, C.L.R. Disponibilidade e gerenciamento sustentável do aquífero Serra Grande no Município de Picos – Piauí. Tese de D.Sc., Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

VILLARROYA, F.; ALDWELL, C.R. Sustainable development and groundwater resources exploitation. Springer, 34(2-3), pp. 111-115, 1998.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. Our Ecological Footprint. Gabriola Island, BC and Stony Creek, CT, New Society Publishers, 1996.

WATSON, D.; ARROWSMITH, C.; GOUDEY, R. "Water availability: a regional water quality problem". International Journal of River Basin Management. Madrid, IAHR, v.1, pp. 1-9, 2004.

WEGHORST, K. M. The Reclamation Drought Index: Guidelines and practical applications. Denver: Bureau of Reclamation, 1996.

WIKIPEDIA. "Human Development Index". Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/HDI>. Acesso em 20 Out. 2005.

WINOGRAD, M. "Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales para la planificación y de sustentabilidad para toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe". Taller regional sobre uso y desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad. México, PNUMA-CIAT, 1995.

WIRTH, L. Urbanism as a Way of Life. Chicago, Chicago University Press, 1964.

WORLD BANK. World Development Report, 1992: Development and Environment. Washington, World Bank, 1992.

_____. Water Resources Management : A World Bank Policy Paper. Washington, World Bank, 1993.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development. New York, WRI, 1995.

_____. "Earth Trends: The Environmental Information Portal". Disponível em <http://earthtrends.wri.org/tex/population-health/country-profiles.html>. Acesso em 15 Jan. 2006.

WORLDWATCH INSTITUTE . The State of the World – 2006. Special Focus: China and India. New York, W.W.Norton, 2006.

ZAPF, W. "Soziale Indikatoren - eine Zwischenbilanz". In: Krupp, H.J.; Zapf, W. Sozialpolitik und Sozialberichterstattung. Frankfurt, New York Campus, pp. 231-246, 1977.

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](#)