



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

CHRISTIAN RICARDO RIBEIRO

**PLANEJAMENTO AMBIENTAL E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DA REPRESA DE CHAPÉU D'UVAS – ZONA DA MATA
E CAMPO DAS VERTENTES/MG**

Presidente Prudente

2012

CHRISTIAN RICARDO RIBEIRO

**PLANEJAMENTO AMBIENTAL E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DA REPRESA DE CHAPÉU D'UVAS – ZONA DA MATA
E CAMPO DAS VERTENTES/MG**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal.

Presidente Prudente

2012

FICHA CATALOGRÁFICA

R368p Ribeiro, Christian Ricardo.
Planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos na Bacia
Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas – Zona da Mata e Campo das
Vertentes/MG / Christian Ricardo Ribeiro. - Presidente Prudente : [s.n], 2012
xvi, 525 f. : il.

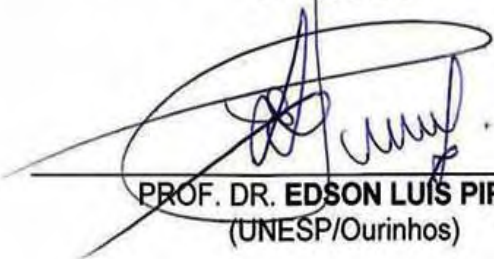
Orientador: Antonio Cezar Leal
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Planejamento ambiental. 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Bacia
hidrográfica. I. Leal, Antonio Cezar. II. Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Planejamento ambiental e gestão de
recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas –
Zona da Mata e Campo das Vertentes/MG.

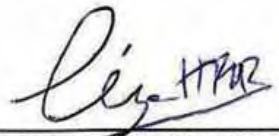
BANCA EXAMINADORA



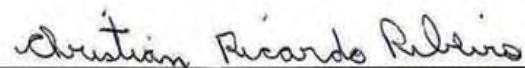
PROF. DR. **ANTONIO CEZAR LEAL**
ORIENTADOR



PROF. DR. **EDSON LUÍS PIROLI**
(UNESP/Ourinhos)

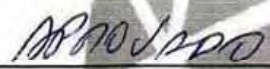


PROF. DR. **CEZAR HENRIQUE BARRA ROCHA**
(UFJF)



CHRISTIAN RICARDO RIBEIRO

Presidente Prudente (SP), 01 de novembro de 2012.

RESULTADO: 

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Luiz Fernando e Iolanda.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me sustentou e me permitiu chegar até aqui;

Aos meus pais, Luiz Fernando e Iolanda, por serem os melhores exemplos que alguém poderia ter de simplicidade, dedicação, integridade e honradez! Agradeço também pelo apoio recebido durante toda a minha vida e, em especial, neste tempo de mestrado e de residência em Presidente Prudente, certamente não isento de saudades, desafios e difícil aprendizado;

A todos os meus familiares, especialmente meus irmãos Juliana e Victor; minhas três avós Naná, Rosa e Tatá; minha querida tia Iêda; e minhas afilhadas Emmanuele e Talita, que enchem de alegria a minha vida;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Cezar Leal, agradeço pela acolhida generosa em Presidente Prudente, pela confiança em meu trabalho, pela orientação precisa e cuidadosa e por todo o apoio institucional necessário ao pleno desenvolvimento de minha pesquisa de mestrado e de todas as atividades associadas a ela. Agradeço também pela constante palavra de incentivo, pelas conversas tão esclarecedoras a respeito das temáticas relacionadas à água e pelo profissionalismo demonstrado em todas as etapas deste trabalho;

A todos os colegas do Grupo Acadêmico de Pesquisa em Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial (GADIS). São muitos, e não nomearei para não correr o risco de esquecer ninguém. Porém, agradeço especialmente àqueles que estiveram mais próximos de mim, que me auxiliaram com seus conhecimentos em tantos momentos durante o desenvolvimento da pesquisa e que, durante dois anos, foram generosos ao compartilharem comigo suas ideias e suas experiências neste importante espaço de diálogos. Agradeço especialmente ao Rafael Silva Nunes, bolsista de apoio técnico do grupo, cujo auxílio foi de fundamental importância para o desenvolvimento da cartografia temática desta pesquisa. Agradeço também ao Oscar Buitrago Bermúdez pela constante troca de ideias a respeito dos mais variados temas e pelos trabalhos realizados em conjunto;

Aos amigos mais que especiais que jamais esqueço e que me presenteiam com sua amizade há mais de uma década: Alysson, Gislaine, Juliana, Úrsula e Weber, e também todos os agregados. Tenho que agradecer de forma especial ao Jordan e à Gislaine, amigos presentes em absolutamente todos os momentos de minha vida, sempre me ajudando e dando força em tudo aquilo que eu preciso;

A Jussara, grande talento da Geografia e grande amiga de todas as horas, certeza da presença, da força e da torcida ainda que seja grande a distância;

Aos meus amigos de fé Cidinha, Ana Virgínia e Vidinho, sempre presentes em minha vida, me ensinando o valor da simplicidade e do cuidado com o outro;

A amiga Vânia por se fazer sempre presente, por acreditar em mim, pela torcida constante e pelo carinho sempre demonstrado;

A Diomara, presença constante e profunda na minha vida, que me leva sempre ao questionamento, ao inconformismo e ao desejo de ser melhor;

A Maria José e Juliane, duas grandes amigas presentes em todos os momentos da minha vida, certeza da palavra terna e consoladora nos momentos difíceis, certeza da palavra firme e encorajadora quando se apresenta a dificuldade;

Às amigas e colegas de trabalho: Cristina, por seu carinho e torcida incondicional por mim; e Cristiane, por sua autenticidade e sinceridade, pelo respeito sempre demonstrado quando as opiniões não convergem e por torcer sempre por mim. Agradeço também à Thaianne e à Ângela, pela torcida e por sempre levarem muita alegria a mim;

A duas pessoas que entraram para valer na minha vida neste ano: Fran e Bel, obrigado por me mostrarem sempre com a palavra e com a vida que vale a pena lutar sempre e ser inteiro em tudo o que se faz, e também por despertar em mim o desejo de ir além;

Aos amigos reconhecidos em Presidente Prudente, que encheram de significado e tornaram muito mais leve a minha passagem por esta cidade: Carmen, pelo companheirismo, pelo desprendimento, pelas muitas risadas, pelas aulas de culinária, por me escutar, por despertar em mim os melhores sentimentos; enfim, por tanta vida partilhada no tempo em que dividimos a mesma casa; Gislene, por tantos momentos partilhados, pelas caminhadas, pelas farras gastronômicas, pelos filmes e seriados, pelo apoio técnico, pelas realizações acadêmicas conjuntas; mas, sobretudo, pela palavra constante de incentivo e por saber sempre reconhecer aquilo que há de bom em mim e a sinceridade de minha amizade; ao Ronaldo, um dos primeiros amigos em Prudente, pelos muitos *chopps*, pelos churrascos e pizzas, pelos debates políticos intermináveis, pelas muitas atividades acadêmicas conjuntas, pelas caminhadas e corridas, pela constante troca de ideias e experiências sobre a Geografia, sobre nossas pesquisas e sobre o ser professor; mas principalmente, por acreditar de forma sincera e enfática em minha capacidade de trabalho, por se fazer sempre presente, por saber ouvir e por ter a palavra clara, prudente e equilibrada para cada situação; ao Éder, uma das pessoas mais íntegras que já conheci, por sua generosidade e desprendimento, pela palavra constante de incentivo, pela sinceridade nas palavras e nas atitudes;

A todos com os quais tive a oportunidade de dividir as três casas nas quais morei em Presidente Prudente, especialmente o Edimar, primeira pessoa a me receber na cidade;

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Geografia;

Ao Prof. Dr. Edson Luís Piroli e ao Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha, pela participação e fundamental contribuição no Exame Geral de Qualificação;

Ao Prof. Dr. Edson Luís Piroli e ao Prof. César Henrique Barra Rocha, pela participação e pelas valiosas contribuições oferecidas na Banca Examinadora de Defesa da Dissertação;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia, com os quais muito pude aprender nas aulas, palestras, seminários e conversas;

Aos professores, de ontem e de hoje, que marcaram minha vida e que contribuíram de maneira fundamental no desenvolvimento desta pesquisa. Recordo aqui os professores da Universidade Federal de Juiz de Fora, junto dos quais pude dar os meus primeiros passos na Geografia. Agradeço especialmente a dois professores da UFJF: Roselene Perlatto Bom Jardim, pelo carinho demonstrado em todas as vezes em que nos encontramos, por acreditar sinceramente em meu trabalho e por acompanhar ainda hoje minha trajetória ainda que a distância; e Pedro José de Oliveira Machado, mestre com o qual iniciei os meus estudos sobre a gestão das águas e que até hoje acompanha minha trajetória através da troca de ideias e experiências, incentivo constante, trabalhos de campo e empréstimo de material;

Aos professores da Universidade Federal de Juiz de Fora, que me auxiliaram em diversos momentos desta pesquisa com informações, empréstimo de material e orientações a respeito de diversos procedimentos técnicos, especialmente Pedro José de Oliveira Machado, Sebastião de Oliveira Menezes, Ricardo Tavares Zaidan e César Henrique Barra Rocha;

A Tatiana Gomes Sant'Ana de Castro, pelo auxílio na produção do mapa geomorfológico; e a Valéria Nocelli, pela elaboração do Abstract;

Ao Laboratório de Análises Físico-Químicas da CESAMA, pela cessão dos dados de qualidade da água da Represa de Chapéu D'Uvas;

A todos os funcionários da CESAMA, que colaboraram em diversos momentos da pesquisa com material e informações, especialmente Henrique da Silva Pizzo, que foi também meu orientador no curso de especialização;

A Subsecretaria de Defesa Civil da Prefeitura de Juiz de Fora, pela cessão da imagem de satélite utilizada na produção do mapa de uso e cobertura da terra da bacia;

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação, pelo profissionalismo e pelo atendimento sempre personalizado e muitíssimo eficiente;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de estudos que viabilizou a realização deste trabalho.

*“A Água é o sangue da terra.
Insubstituível.
Nada é mais suave e, no entanto, nada a ela resiste.
Aquele que conhece seus princípios pode agir corretamente,
tomando-a como chave e exemplo.
Quando a Água é pura, o coração do povo é forte.
Quando a Água é suficiente, o coração do povo é tranquilo.”*

(Filósofo chinês anônimo – Século IV a.C.)

SUMÁRIO

Índice.....	i
Lista de mapas.....	iv
Lista de figuras.....	v
Lista de fotos.....	viii
Lista de tabelas.....	x
Lista de quadros.....	xii
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos.....	xiii
Resumo.....	xv
Abstract.....	xvi
1 – Introdução.....	1
2 – Fundamentação teórico-metodológica.....	14
3 – Procedimentos metodológicos.....	134
4 – Resultados e discussão.....	174
5 – Considerações finais	485
Referências bibliográficas.....	488
Anexos.....	520

ÍNDICE

1 – Introdução.....	1
1.1 – Justificativa e problemática da área de estudo.....	6
1.2 – Objetivos.....	12
1.2.1 – Objetivo geral	12
1.2.2 – Objetivos específicos.....	12
2 – Fundamentação teórico-metodológica.....	14
2.1 – Questão ambiental e desenvolvimento sustentável.....	14
2.2 – Geografia Física, Teoria Geral dos Sistemas e Geoecologia da Paisagem.....	26
2.3 – Planejamento ambiental de bacias hidrográficas e proteção de mananciais.....	54
2.4 – Conceitos, princípios e modelos de gerenciamento de recursos hídricos.....	72
2.5 – Aspectos legais e institucionais da gestão das águas no Brasil	90
2.6 – Oferta ou disponibilidade hídrica (quantidade e qualidade) e demanda hídrica.....	116
3 – Procedimentos metodológicos	134
3.1 – Roteiro metodológico	139
3.2 – Material e métodos	155
4 – Resultados e discussão.....	174
4.1 – Inventário.....	174
4.1.1– Localização.....	174
4.1.1.1 – Localização segundo critérios político-administrativos	174
4.1.1.2 – Localização segundo critérios hidrográficos	176
4.1.2 – Histórico de ocupação	179
4.1.2.1 – Breve histórico da ocupação dos municípios que abrangem a bacia.....	186
4.1.3 – Condições socioeconômicas	190
4.1.4 – Recursos hídricos.....	202
4.1.4.1 – Aspectos quantitativos.....	203
4.1.4.1.1 – Estudos desenvolvidos referentes à disponibilidade hídrica	203
4.1.4.1.2 – Exigências legais para o aproveitamento da disponibilidade hídrica	209
4.1.4.2 – Aspectos qualitativos.....	212
4.1.4.2.1 – Contextualização e referências	212
4.1.4.2.2 – Legislação de enquadramento de corpos de água.....	216
4.1.4.2.3 – Verificação da conformidade de parâmetros selecionados de qualidade da água em relação às exigências legais para a destinação ao abastecimento humano.....	220

4.1.5 – Arcabouço legal e arranjo institucional da gestão	240
4.1.5.1 – Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais.....	240
4.1.5.1.1 – Política de recursos hídricos do Estado de Minas Gerais.....	240
4.1.5.1.2 – Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais.....	257
4.1.5.2 – Divisão hidrográfica do Estado de Minas Gerais: Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs).....	262
4.1.5.3 – Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé.....	268
4.1.6 – Unidades geoecológicas	275
4.1.6.1 – Definição das unidades do meio físico	275
4.1.6.1.1 – Clima	275
4.1.6.1.2 – Geologia	284
4.1.6.1.3 – Pedologia	296
4.1.6.1.4 – Geomorfologia, hipsometria e clinografia.....	310
4.1.6.1.5 – Drenagem	326
4.1.6.1.5.1 – Análise morfométrica.....	338
4.1.6.1.6 – Unidades do meio físico	353
4.1.6.2 – Definição das unidades de uso e cobertura da terra.....	357
4.1.6.2.1 – Vegetação nativa e pastagens	361
4.1.6.2.2 – Áreas urbanizadas e sistema viário.....	373
4.1.6.2.3 – Culturas agrícolas, reflorestamento e solo exposto	378
4.1.6.2.4 – Águas (represa, áreas úmidas e açudes)	386
4.1.6.3 – Definição das unidades geoecológicas	390
4.2 – Diagnóstico.....	395
4.2.1 – Diagnóstico das unidades geoecológicas: estado ambiental.....	395
4.2.1.1 – Função geoecológica	395
4.2.1.2 – Processos geoecológicos.....	397
4.2.1.3 – Estabilidade potencial.....	399
4.2.1.4 – Fragilidade	401
4.2.1.5 – Sensibilidade.....	403
4.2.1.6 – Estado geoecológico	405
4.2.1.7 – Relação entre uso real e uso potencial da terra.....	408
4.2.1.8 – Diagnóstico ambiental integrado	416

4.2.2 – Diagnóstico dos recursos hídricos: usos da água	418
4.2.2.1 – As demandas para a construção da Represa de Chapéu D’Uvas.....	418
4.2.2.2 – A desapropriação das áreas a serem submersas pelo lago.....	420
4.2.2.3 – Conflitos associados à implantação de Nova Dores do Paraibuna.....	424
4.2.2.4 – O abastecimento de água de Juiz de Fora.....	427
4.2.2.4.1 – Diagnóstico do atual sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora.....	427
4.2.2.4.1.1 – Sistema de produção de água	427
4.2.2.4.1.2 – Sistema de distribuição e de abastecimento de água	436
4.2.2.4.2 – Possibilidades de expansão do sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora.....	439
4.2.2.4.3 – A incorporação da Represa de Chapéu D’Uvas ao sistema de abastecimento público municipal de água de Juiz de Fora.....	448
4.3 – Prognóstico	453
4.3.1 – Prognóstico das unidades geoecológicas: cenários de evolução do uso e cobertura da terra na bacia.....	453
4.3.1.1 – Cenário tendencial	454
4.3.1.2 – Cenário ideal.....	457
4.3.2 – Prognóstico dos recursos hídricos: cenários do abastecimento de água em Juiz de Fora.....	459
4.4 – Proposição	467
4.4.1 – Proposição para a melhoria do estado ambiental das unidades geoecológicas: disciplinamento do uso e ocupação da terra.....	467
4.4.1.1 – Ações de recuperação e controle	467
4.4.1.2 – Ações de proteção.....	473
4.4.2 – Proposição para a conservação dos recursos hídricos: instrumentos de gestão de recursos hídricos.....	481
5 – Considerações finais.....	485
Referências bibliográficas.....	488
Anexos.....	520

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Mapa-base.....	173
Mapa 2 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Localização segundo critérios político-administrativos.....	175
Mapa 3 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Localização segundo critérios hidrográficos.....	178
Mapa 4 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Setores censitários.....	191
Mapa 5 – Rio Paraibuna: Enquadramento das águas.....	219
Mapa 6 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Geologia.....	288
Mapa 7 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Pedologia.....	305
Mapa 8 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Geomorfologia.....	318
Mapa 9 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Hipsometria.....	319
Mapa 10 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Clinografia.....	320
Mapa 11 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Hierarquia fluvial.....	340
Mapa 12 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Unidades do meio físico....	356
Mapa 13 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Uso e cobertura da terra....	360
Mapa 14 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Unidades geoecológicas....	394
Mapa 15 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Processos geoecológicos....	398
Mapa 16 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Restrições legais ao uso e ocupação da terra (APPs hídricas).....	414
Mapa 17 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Relação entre uso potencial e uso real nas APPs hídricas.....	415
Mapa 18 – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: Proposta preliminar de zoneamento ambiental.....	480

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura conceitual da organização espacial e envolvimento com disciplinas subsidiárias.....	34
Figura 2 – Estruturação do geossistema e do sistema socioeconômico	34
Figura 3 – Modelo de paisagem no contexto ecológico	37
Figura 4 – Esquemas estruturais de geossistema e ecossistema.....	43
Figura 5 – Esboço da de definição teórica de geossistema	50
Figura 6 – Interdependência e complementaridade dos instrumentos de gestão de recursos hídricos da PNRH.....	107
Figura 7 – Estrutura político-institucional do SINGREH.....	110
Figura 8 – Organização da gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica.....	115
Figura 9 – Curva de permanência de vazões.....	119
Figura 10 – Curva de regularização de vazões.....	119
Figura 11 – Árvore da qualidade total da água.....	124
Figura 12 – Concepção geral da proposta de planejamento ambiental para a Microbacia do Córrego da Areia Branca – Campinas/SP.....	138
Figura 13 – Roteiro metodológico para a elaboração de subsídios ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos na BHRCDU.....	140
Figura 14 – Bloco-diagrama esquemático com explicação do cálculo do desnivelamento altimétrico.....	159
Figura 15 – Número de domicílios particulares permanentes ocupados segundo a fonte de abastecimento de água nos setores censitários que abrangem a BHRCDU (2010).....	195
Figura 16 – Número de domicílios particulares permanentes ocupados com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário segundo a forma de esgotamento sanitário nos setores censitários que abrangem a BHRCDU (2010).....	196
Figura 17 – Número de domicílios particulares permanentes ocupados segundo a forma de destinação do lixo nos setores censitários que abrangem a BHRCDU (2010).....	197
Figura 18 – Número de domicílios particulares permanentes ocupados segundo a fonte de fornecimento de energia elétrica nos setores censitários que abrangem a BHRCDU (2010).....	198
Figura 19 – Número de domicílios particulares permanentes ocupados segundo as faixas de rendimento nominal mensal domiciliar per capita nos setores censitários que abrangem a BHRCDU (2010).....	200

Figura 20 – Número de responsáveis pelos domicílios segundo as faixas de rendimento nominal mensal nos setores censitários que abrangem a BHRC DU (2010).....	201
Figura 21 – Variação de cloreto total na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	222
Figura 22 – Variação de cor verdadeira na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	223
Figura 23 – Variação de DBO na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	224
Figura 24 – Variação da densidade de cianobactérias na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	226
Figura 25 – Variação de <i>E. coli</i> na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	228
Figura 26 – Variação de ferro dissolvido na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	230
Figura 27 – Variação de manganês total na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	230
Figura 28 – Variação de fósforo total na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	231
Figura 29 – Variação de nitrogênio total na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	233
Figura 30 – Variação de OD na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	235
Figura 31 – Variação de pH na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	236
Figura 32 – Variação de turbidez na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006-2010).....	238
Figura 33 – Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs) do Estado de Minas Gerais.....	265
Figura 34 – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Rios Preto e Paraibuna (PS1).....	266
Figura 35 – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Rios Pomba e Muriaé (PS2).....	267
Figura 36 – Diagrama Ombrotérmico de Juiz de Fora (dados mensais médios 1910-1973).....	282

Figura 37 – Diagrama Ombrotérmico de Juiz de Fora (dados mensais médios 1973-2007).....	282
Figura 38 – Perfis topográficos da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas.....	316
Figura 39 – Modelo Digital de Elevação da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas.....	317
Figura 40 – Perfil altimétrico do curso do Rio Paraibuna	330
Figura 41 – Distribuição regional das características do balanço hídrico em algumas sub-bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul	336
Figura 42 – Variação da vazão do Rio Paraibuna (01/01/2006 a 01/09/2007)	337
Figura 43 – Distrito de Nova Dores do Paraibuna em imagem do Google Earth®	374
Figura 44 – Projeto de estradas rurais da Barragem de Chapéu D’Uvas.....	423
Figura 45 – Localização dos mananciais de abastecimento de água na área urbana de Juiz de Fora.....	428
Figura 46 – Representação esquemática do sistema de abastecimento de água do Município de Juiz de Fora.....	438
Figura 47 – Croqui do sistema de abastecimento urbano de água existente em Juiz de Fora.....	447
Figura 48 – Croqui do sistema de abastecimento urbano de água proposto para Juiz de Fora.....	447
Figura 49 – Represa de Chapéu D’Uvas em material de divulgação da CESAMA.....	449
Figura 50 – Mananciais de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora operados pela CESAMA	461

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Afloramento rochoso na BHRCDU.....	295
Foto 2 – Perfil de solo às margens da Represa de Chapéu D’Uvas.....	295
Foto 3 – Área de solo na BHRCDU.....	309
Foto 4 – Aspecto geral do relevo mamelonar da BHRCDU.....	323
Foto 5 – Visão geral de vertentes na BHRCDU.....	323
Foto 6 – Aspecto do relevo mamelonar da BHRCDU com fragmentos florestais.....	324
Foto 7 – Vista de um dos braços da BHRCDU encaixado entre as vertentes de seu relevo mamelonar.....	324
Foto 8 – Vista geral de parte da Represa de Chapéu D’Uvas e suas vertentes.....	325
Foto 9 – Vista geral de parte da Represa de Chapéu D’Uvas e do relevo mamelonar de sua bacia.....	325
Foto 10 – Vista parcial do lago da Represa de Chapéu D’Uvas.....	351
Foto 11 – Ponto de deságue de tributário da Represa de Chapéu D’Uvas.....	352
Foto 12 – Vista geral de um dos braços da Represa de Chapéu D’Uvas.....	352
Foto 13 – Fragmento de vegetação florestal às margens da Represa de Chapéu D’Uvas.....	369
Foto 14 – Área de pasto limpo e fragmento de vegetação florestal na BHRCDU.....	370
Foto 15 – Mata de topo de morro e pasto na BHRCDU.....	370
Foto 16 – Fragmentos de vegetação florestal, área de pasto limpo e pequena propriedade rural na BHRCDU.....	371
Foto 17 – Área de pasto sujo e fragmentos de vegetação florestal na BHRCDU.....	371
Foto 18 – Área de pasto com prática de queimada e fragmentos de vegetação florestal na BHRCDU.....	372
Foto 19 – Áreas de pasto e fragmentos florestais às margens da Represa de Chapéu D’Uvas.....	372
Foto 20 – Pequena propriedade rural na BHRCDU.....	374
Foto 21 – Edificações de pequenas propriedades rurais na BHRCDU.....	375
Foto 22 – Cemitério da antiga Colônia de São Firmino.....	375
Foto 23 – Pequena propriedade rural às margens da Represa de Chapéu D’Uvas.....	376
Foto 24 – Estrada rural e pequena propriedade rural na BHRCDU.....	376
Foto 25 – Estrada rural às margens da Represa de Chapéu D’Uvas.....	377
Foto 26 – Pequena propriedade rural com lançamento de esgoto doméstico na Represa de Chapéu D’Uvas.....	377

Foto 27 – Área de solo exposto às margens da Represa de Chapéu D’Uvas.....	383
Foto 28 – Área de solo exposto às margens da Represa de Chapéu D’Uvas.....	383
Foto 29 – Pastoreio do gado na BHRCDU.....	384
Foto 30 – Pequena área de cultivo agrícola na BHRCDU.....	384
Foto 31 – Pequena área de cultivo agrícola na BHRCDU.....	385
Foto 32 – Prática do reflorestamento na BHRCDU.....	385
Foto 33 – Área do barramento da Represa de Chapéu D’Uvas.....	388
Foto 34 – Barramento e vertedouro da Represa de Chapéu D’Uvas.....	388
Foto 35 – Barragem de Chapéu D’Uvas.....	389
Foto 36 – Açude em pequena propriedade rural da BHRCDU.....	389
Foto 37 – Vista geral da Represa Dr. João Penido.....	430
Foto 38 – Captação de água no Ribeirão do Espírito Santo.....	432
Foto 39 – Vista geral da Represa de São Pedro.....	434
Foto 40 – Vista geral da Represa do Poço D’Antas.....	435
Foto 41 – Vista parcial da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas.....	452

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características gerais dos municípios que compõem a BHRCDU.....	174
Tabela 2 – Características gerais dos setores censitários que abrangem a BHRCDU.....	193
Tabela 3 – Taxa de alfabetização dos responsáveis pelos domicílios nos setores censitários que abrangem a BHRCDU.....	199
Tabela 4 – Identificação da Estação Pluviométrica Chapéu D’Uvas.....	205
Tabela 5 – Identificação da Estação Fluviométrica Chapéu D’Uvas.....	205
Tabela 6 – Resultados da regionalização hidrológica da BHRCDU.....	207
Tabela 7 – Informações hidrológicas da BHRCDU.....	208
Tabela 8 – Dados de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas em 2010 (Projeto Águas de Minas).....	215
Tabela 9 – Investimentos do CBH-Preto e Paraibuna nos municípios que abrangem a BHRCDU (2007-2010).....	247
Tabela 10 – Investimentos do COMPÉ nos municípios que abrangem a BHRCDU (2007-2010).....	248
Tabela 11 – Dados médios mensais de Precipitação e de Temperatura Média Compensada de Juiz de Fora/MG.....	280
Tabela 12 – Distribuição percentual dos níveis hierárquicos da classificação de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.....	299
Tabela 13 – Número e comprimento total dos segmentos de canal da BHRCDU por ordem da hierarquia fluvial.....	339
Tabela 14 – Relação de bifurcação para as ordens da hierarquia fluvial na BHRCDU.....	341
Tabela 15 – Gradiente dos principais cursos de água da BHRCDU.....	343
Tabela 16 – Estrutura fundiária dos municípios que compõem a BHRCDU (2010)	378
Tabela 17 – Produção agrícola dos municípios que compõem a BHRCDU (2010).....	379
Tabela 18 – Produção pecuária dos municípios que compõem a BHRCDU (2010).....	380
Tabela 19 – Número de estabelecimentos agropecuários por tipo de sistema de preparo do solo nos municípios que compõem a BHRCDU (2006).....	381
Tabela 20 – Produção da extração vegetal e da silvicultura dos municípios que compõem a BHRCDU (2009).....	382
Tabela 21 – Usos rurais da terra nos municípios que compõem a BHRCDU (2006).....	387
Tabela 22 – Número de imóveis desapropriados e número de moradores remanejados para a construção da Represa de Chapéu D’Uvas.....	422

Tabela 23 – Diagnóstico e soluções propostas para o sistema de abastecimento urbano de água de Juiz de Fora.....	446
Tabela 24 – Consumos progressivos de água para o Município de Juiz de Fora.....	462
Tabela 25 – Vazões médias aduzidas em Juiz de Fora.....	463
Tabela 26 – Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas - 2006.....	521
Tabela 27 – Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas - 2007.....	522
Tabela 28 – Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas - 2008.....	523
Tabela 29 – Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas - 2009.....	524
Tabela 30 – Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas - 2010.....	525

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Enfoques e métodos de análise da paisagem.....	40
Quadro 2 – Estruturação do geossistema e do sistema socioeconômico	45
Quadro 3 – Sistema de classificação têmporo-espacial da paisagem proposto por Georges Bertrand.....	49
Quadro 4 – Objetivos dos instrumentos de gestão de recursos hídricos da PNRH	106
Quadro 5 – Atribuições das entidades componentes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).....	110
Quadro 6 – Necessidades de uso da água em uma comunidade.....	128
Quadro 7 – Características gerais dos CBHs que incluem em sua área de atuação os municípios que abrangem a BHRCDU.....	270
Quadro 8 – Composição dos CBHs que incluem em sua área de atuação os municípios que abrangem a BHRCDU.....	271
Quadro 9 – Composição atual do CBH-Preto e Paraibuna e do COMPÉ.....	272
Quadro 10 – Caracterização das unidades geológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas.....	287
Quadro 11 – Características das fases de deformação encontradas na BHRCDU.....	289
Quadro 12 – Níveis hierárquicos para a classificação de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna segundo as características adotadas pelo Projeto RADAMBRASIL.....	299
Quadro 13 – Caracterização das unidades do meio físico da BHRCDU.....	355
Quadro 14 – Caracterização das unidades geoecológicas da BHRCDU.....	393
Quadro 15 – Função geoecológica das unidades geoecológicas da BHRCDU.....	396
Quadro 16 – Critérios para a determinação da estabilidade potencial das paisagens em Corumbataí.....	400
Quadro 17 – Estabilidade potencial das unidades geoecológicas da BHRCDU.....	400
Quadro 18 – Classes de uso e cobertura da terra e respectivos valores na escala de vulnerabilidade morfodinâmica natural da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi.....	402
Quadro 19 – Fragilidade das unidades geoecológicas da BHRCDU.....	402
Quadro 20 – Sensibilidade das unidades geoecológicas da BHRCDU.....	404
Quadro 21 – Estado geoecológico das unidades geoecológicas da BHRCDU.....	407
Quadro 22 – Diagnóstico ambiental integrado das unidades geoecológicas da BHRCDU.....	417

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- AGEVAP** – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
- ALOS** – *Advanced Land Observing Satellite*
- ANA** – Agência Nacional de Águas
- ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica
- APP** – Área de Preservação Permanente
- BHRCDU** – Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas
- CBH** – Comitê de Bacia Hidrográfica
- CBH-Preto e Paraibuna ou PS1** – Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna
- CDI-MG** – Companhia de Distritos Industriais de Minas Gerais
- CEEIBH** – Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas
- CEIVAP** – Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
- CEMIG** – Companhia Energética de Minas Gerais
- CERH-MG** – Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais
- CESAMA** – Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora
- CETEC** – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
- CNRH** – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- COMPÉ, CBH-Pomba e Muriaé ou PS2** – Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- COPAM** – Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais
- COPPETEC** – Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos
- CPRM** – Serviço Geológico do Brasil (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais)
- DAE-JF** – Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Juiz de Fora
- DAE-MG** – Departamento de Águas e Esgotos do Estado de Minas Gerais
- DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DNPM** – Departamento Nacional de Produção Mineral
- DQO** – Demanda Química de Oxigênio
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- E. coli*** – *Escherichia coli*
- ETA** – Estação de Tratamento de Água
- FEAM** – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais

FHIDRO – Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

OD – Oxigênio Dissolvido

PDAA-AUJF – Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área Urbana de Juiz de Fora

pH – potencial hidrogeniônico

PERH-MG – Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

Q_{7,10} – Vazão mínima média com 7 dias consecutivos de duração e tempo de retorno de 10 anos

Q₉₅ – Vazão mínima de 95% da curva de permanência

Q_{lp} ou Q_{MLT} – Vazão média de longo período ou de longo termo

SEGRH-MG – Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Minas Gerais

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul

SIRH – Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora

UFLA – Universidade Federal de Lavras

UFV – Universidade Federal de Viçosa

UMP – Unidade de Mapeamento Pedológico

UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

**PLANEJAMENTO AMBIENTAL E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DA REPRESA DE CHAPÉU D’UVAS – ZONA DA MATA
E CAMPO DAS VERTENTES/MG**

RESUMO

As áreas de mananciais devem contar sempre com ações de planejamento e de gestão baseadas no disciplinamento do uso e ocupação da terra e na implementação de instrumentos de gestão de recursos hídricos em suas respectivas bacias hidrográficas. Tais ações têm o objetivo de oferecer os subsídios necessários à formulação de políticas públicas que viabilizem a manutenção das condições ambientais favoráveis à produção e à reserva de água com fins de abastecimento humano, a múltipla utilização das águas e a qualidade de vida da população residente nessas áreas. A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas localiza-se no sudeste do Estado de Minas Gerais e terá o seu manancial incorporado ao sistema de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora ainda em 2012. A pesquisa adotou como referencial teórico-metodológico a proposta de Mateo Rodriguez et al. (2007) para o planejamento ambiental de bacias hidrográficas segundo os princípios emanados da Geoecologia das Paisagens. Assim, o objetivo geral da pesquisa foi o de elaborar subsídios ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos na bacia estudada. A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma estrutura metodológica que destaca a definição e o estudo das unidades geoecológicas da bacia e a análise dos impactos da incorporação do manancial ao sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora, tendo sido organizada em quatro etapas principais: Inventário, Diagnóstico, Prognóstico e Proposição. Os resultados encontrados mostram que a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas apresenta vários problemas ambientais, que contribuem de maneira significativa para a degradação de seu estado ambiental. Entre esses problemas, destacam-se a poluição e a contaminação das águas da represa através da introdução de esgotos domésticos; a ocupação das áreas de preservação permanente; os processos erosivos originados pela retirada da cobertura vegetal, levando ao assoreamento dos cursos de água; a disposição inadequada dos resíduos sólidos; etc. Além disso, a bacia apresenta uma elevada disponibilidade hídrica, com implicações significativas na oferta de água para Juiz de Fora e na demanda por água apresentada por este município. Os cenários elaborados reafirmam a necessidade da adoção de medidas de disciplinamento do uso e ocupação da terra e de conservação dos recursos hídricos na bacia, com o objetivo de reverter as tendências de degradação identificadas.

Palavras-chave: abastecimento de água, bacia hidrográfica, Chapéu D’Uvas, geoecologia da paisagem, gestão de recursos hídricos, Juiz de Fora e planejamento ambiental.

**ENVIRONMENTAL PLANNING AND WATER RESOURCES MANAGEMENT IN
THE HYDROGRAPHIC BASIN OF THE CHAPÉU D'UVAS DAM – ZONA DA
MATA AND CAMPO DAS VERTENTES/MG**

ABSTRACT

The areas with water sources might always count on planned actions and management based on a disciplined use and occupation of the land and the implementation of tools to the water resources management in their own watersheds. Such actions aim at offering the necessary information to the formulation of public policies that can make viable the upkeep of environmental conditions favorable to the production and reserve of water to human consumption, the many different ways in which water is used and the quality of life of the local resident population. The Hydrographic Basin of the Chapéu D'Uvas Dam is located in the south-east of Minas Gerais and it will have its water source incorporated into the public system of water supply of the Municipality of Juiz de Fora still in 2012. The research adopted the proposal of Mateo Rodriguez et al. (2007) to environmental planning of hydrographic basins following the principles from the Geoecology of Landscapes as the theoretical and methodological framework for its development. The general aim of the research was to elaborate subsidies for the environmental planning and the management of water resources in the studied area. The research was carried out on a methodological structure that highlights the definition and the study of the geoecologic units of the hydrographic basin and the analysis of the impacts of the incorporation of the source to the water supply of Juiz de Fora, having been organized into four main stages: Inventory, Diagnosis, Prognosis and Proposition. The results show that the Hydrographic Basin of the Chapéu D'Uvas Dam has many environmental problems, contributing to the degradation of their environmental status. Among these problems can be highlighted the pollution and the contamination of the water of the dam due to the domestic sewage; the occupation of permanent preservation areas; the erosion caused by the removal of the covering vegetation, leading to the silting of the watercourses and to the inadequate display of the solid waste, among others. Furthermore, the hydrographic basin has high water availability, with significant implications in the water supply in Juiz de Fora and in the water demand presented by the municipality. The scenarios developed reaffirm the need to adopt measures of disciplining the use and occupation of the land and of conservation of the water resources in the hydrographic basin, in order to reverse the trends of degradation identified.

Key words: water supply, hydrographic basin, Chapéu D'Uvas, geoecology of landscape, management of water sources, Juiz de Fora and environmental planning.

1 – Introdução

Entre todos os recursos naturais dos quais dispõe a humanidade, a água pode ser considerada fundamental e prioritária, sendo indispensável à sua própria sobrevivência na Terra. Disso decorre a vital importância de sua conservação, ou seja, de sua utilização racional pelas populações humanas.

A partir da década de 1970 começou a emergir em alguns setores da sociedade a consciência da esgotabilidade dos recursos naturais e da necessidade de utilizá-los de forma racional. A partir desse momento, observa-se que “as questões relacionadas à poluição ambiental e à intensa utilização e degradação dos recursos naturais levaram a discussões mais profundas sobre o próprio modelo de desenvolvimento e de sociedade, responsáveis por estas situações” (MACHADO, 1998, p. 32).

Já em 1972 a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo (Suécia), denunciava uma crise mundial da água. Crise essa que poderia fazer com que uma grande parte da população mundial fosse privada do acesso a essa substância essencial à sua sobrevivência num curto espaço de tempo: a água potável.

Em relação à crise da água, Alves (2004, p. 22) ressalta que a mesma “está inserida em um contexto maior que é a crise ambiental mundial, sendo esta de caráter complexo e multidimensional e submetida a vários posicionamentos de ordem moral, intelectual e ética”. Trata-se, portanto, de uma questão ampla, que envolve problemas como a precariedade e a insuficiência dos serviços de saneamento básico; o aumento da pobreza e da miséria; o crescimento demográfico nos grandes centros urbanos; a construção de moradias em áreas de risco ambiental; a falta de acesso à água potável; a disseminação de doenças; as mudanças climáticas locais, regionais e globais; a perda de solos férteis; etc., ou seja, um declínio generalizado da qualidade de vida e ambiental.

Petrella (2002, p. 52-53) acredita que essa crise se agiganta, a ponto de identificá-la como uma “bomba de água” prestes a explodir. Existiria, assim, uma explicação incompleta para a crise da água, que só poderia ser compreendida em sua totalidade a partir da análise integrada de seus quatro aspectos principais:

- a) A distribuição desigual dos recursos hídricos na superfície terrestre;
- b) Todos os fatores relacionados ao desperdício e ao gerenciamento inadequado dos recursos hídricos disponíveis;

c) O contexto cada vez mais alarmante de poluição e contaminação dos recursos hídricos;

d) O crescimento populacional, especialmente nos países subdesenvolvidos.

Este quadro de crise reforça a necessidade do manejo adequado dos recursos hídricos, compatibilizando-se os seus diversos usos, de forma a garantir a água na quantidade e na qualidade desejáveis aos seus diversos fins. Disso decorre também a necessidade premente de se rediscutir o modelo de desenvolvimento, o padrão de consumo, a desigual distribuição de riqueza e o padrão tecnológico existentes no mundo atual. Para isso, é fundamental compreender o sistema produtivo e os processos que causam tão numerosos e intensos desequilíbrios na natureza.

A sustentabilidade hídrica implica justamente em se manter um equilíbrio dinâmico entre a oferta e a demanda por água, de modo que os mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) sejam utilizados a taxas iguais ou inferiores a sua capacidade de regeneração. Especificamente nas áreas urbanas, a sustentabilidade hídrica perpassa pela tentativa de uma conjugação harmônica de vários fatores, entre os quais quatro se destacam: a quantidade hídrica disponível, a qualidade hídrica, a demanda hídrica e a disponibilidade de áreas para a urbanização. Esses fatores devem ser relacionados às tendências de crescimento demográfico municipais, já que as mesmas têm um papel fundamental no comportamento da demanda e no processo de expansão urbana que, por sua vez, podem exercer uma pressão significativa sobre o sistema de abastecimento público de água, requerendo uma maior disponibilidade hídrica.

O abastecimento de água nas áreas urbanas está, portanto, estreitamente vinculado à conservação dos mananciais que prestam-se a tal finalidade. Os mananciais destinados ao abastecimento urbano são fontes disponíveis de água, através dos quais a população pode ser atendida em suas necessidades. Um manancial deve possuir quantidade e qualidade de água adequadas e compatíveis com a sua utilização. O uso mais nobre é o consumo de água pela população humana, comumente conhecido como consumo doméstico.

Dada a necessidade de conservação dos mananciais para a garantia do abastecimento urbano em quantidade suficiente para todos os usuários e qualidade compatível com todos os usos, deve-se ressaltar que “as cidades que utilizam intensamente a água como fonte de vida e desenvolvimento devem ter um plano básico de controle e preservação de seus mananciais de suprimento dentro de um cenário atual, a médio e longo prazo” (TUCCI, 2006, p. 411-412).

É por isso mesmo que os programas mais recentes de gestão dos recursos hídricos têm dispensado maior e especial importância ao planejamento do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas dos mananciais; à regulamentação do uso dos recursos hídricos, inclusive com o desenvolvimento de uma série de estudos e com a criação de leis em âmbito federal, estadual e municipal dispondo sobre essa questão; e também às questões de saneamento básico, intimamente relacionadas à qualidade da água, do solo e de vida das populações. Trata-se de privilegiar as medidas de caráter preventivo, mais eficientes e menos onerosas em termos de esforços econômicos e sociais quando comparadas às medidas de caráter corretivo.

A presente pesquisa, que tem como temática principal a conservação dos recursos hídricos a partir do planejamento do uso e ocupação do solo e da implementação de instrumentos de gestão, pretende oferecer subsídios ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. As questões relacionadas à universalização dos serviços de saneamento básico, especialmente o abastecimento de água, estão, portanto, inseridas no contexto da pesquisa, já que o manancial estudado será incorporado ao sistema de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora, localizado no Estado de Minas Gerais, ainda no ano de 2012.

O Município de Juiz de Fora encontra-se estreita e diretamente vinculado, em termos históricos e socioeconômicos, aos municípios de Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont, cujos territórios são parcialmente abrangidos pela Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. A futura utilização das águas da Represa de Chapéu D'Uvas para o abastecimento de Juiz de Fora certamente deverá estreitar ainda mais as relações entre este importante centro regional, polo comercial e de serviços da Zona da Mata de Minas Gerais, com estes municípios contíguos a ela e situados em sua área de influência, no território dos quais situa-se a bacia do manancial.

A construção da adutora que fará a interligação entre o ponto de captação de água na Represa de Chapéu D'Uvas e a Estação de Tratamento de Água Walfrido Machado Mendonça, em Juiz de Fora, constitui o marco concreto e físico da conexão entre a bacia do manancial e o município beneficiado, agora também do ponto de vista do abastecimento de água.

A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma estrutura metodológica orientada à elaboração de subsídios ao planejamento ambiental na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, segundo os princípios teóricos emanados da Geoecologia das

Paisagens. Além disso, a pesquisa ressalta também os impactos da incorporação do manancial ao sistema de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora, contribuindo assim para a discussão referente à gestão de recursos hídricos na região sob o duplo aspecto da oferta de água e da demanda por água. A estrutura metodológica foi organizada em quatro etapas principais: Inventário, Diagnóstico, Prognóstico e Proposição.

Numa primeira etapa tem-se o Inventário, no qual foram levantados e analisados dados e informações relativos à localização, ao histórico de ocupação e às condições socioeconômicas. A etapa compreendeu também o inventário do meio físico e do uso e cobertura da terra na bacia. A análise integrada das unidades do meio físico e das unidades de uso e cobertura da terra permitiu a definição das unidades geoecológicas, entendidas como unidades de paisagem adequadas para o diagnóstico dos principais problemas ambientais existentes na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Essa etapa incluiu também o inventário dos recursos hídricos da bacia. Foram estudados os aspectos quantitativos e qualitativos de seus recursos hídricos, diretamente relacionados à previsão da oferta de água e, conseqüentemente, à sua disponibilidade hídrica. Finalmente, foi realizado também o inventário do arcabouço legal e do arranjo institucional da gestão, considerando-se que os atores envolvidos na gestão de recursos hídricos na bacia do manancial podem ser agrupados numa estrutura tripartite que inclui o Poder Público (Estado e municípios), os usuários e a sociedade civil organizada, estando proporcionalmente representados nos órgãos colegiados que atuam na região, quais sejam o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé.

O Diagnóstico, segunda etapa da metodologia, utilizou-se do arcabouço de dados e informações levantados e produzidos na etapa anterior para a abordagem dos principais problemas referentes às unidades geoecológicas e aos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Essa etapa incluiu, portanto, duas temáticas principais. A temática das unidades geoecológicas incluiu o diagnóstico ambiental das mesmas, realizado a partir da análise integrada de vários de seus atributos. A temática dos recursos hídricos incluiu o diagnóstico das demandas e dos conflitos pelo uso da água do manancial, ressaltando-se a sua utilização para o abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora. Esse item foi dividido em duas etapas principais, incluindo a compilação, a análise e a avaliação de dados e

informações referentes: a) aos sistemas atuais de produção e de distribuição e abastecimento de água; b) às possibilidades de expansão do sistema de abastecimento de água.

O Prognóstico, caracterizado como a terceira etapa da metodologia proposta, também foi composto por duas temáticas, dando continuidade à etapa anterior. A temática das unidades geoecológicas incluiu a elaboração de dois cenários de evolução do uso e cobertura da terra na bacia, um ideal e outro tendencial. No cenário ideal levou-se em consideração a resolução ou pelo menos a minimização e consequente regressão dos principais problemas ambientais aí presentes, como os processos erosivos em curso, a retirada das matas ciliares e a poluição e contaminação da água por esgotos domésticos. O cenário tendencial levou em consideração a manutenção e até mesmo a progressão dos principais problemas identificados atualmente na bacia. A temática dos recursos hídricos ressaltou a demanda pela água produzida na bacia, destacando-se mais uma vez as necessidades do abastecimento de água em Juiz de Fora. Foram considerados basicamente três cenários: a) o primeiro prognosticou o abastecimento de água no município a partir da não incorporação de novos mananciais e da desativação do Sistema São Pedro; b) o segundo prognosticou os impactos da incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento de água do município com capacidade de produção de 850 l/s, conjugada com a desativação do Sistema São Pedro; c) o terceiro prognosticou os impactos da incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento de água do município com capacidade de produção de 5.000 l/s, e mantendo-se a utilização do Sistema São Pedro.

A Proposição, quarta e última etapa que constitui a metodologia adotada, manteve as duas temáticas apresentadas nas etapas anteriores. Em relação às unidades geoecológicas, foram propostas medidas para a recuperação de seu estado ambiental e da bacia hidrográfica como um todo. As propostas, agrupadas em ações de recuperação e controle e ações de proteção, têm como objetivo viabilizar a evolução do estado ambiental das unidades e da bacia segundo os parâmetros do cenário ideal descrito na etapa de Prognóstico, revertendo a tendência de degradação revelada pelo cenário tendencial. A temática de recursos hídricos incluiu a proposição de uma série de medidas para a efetiva implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos previstos na legislação pertinente tanto a nível nacional quanto a nível estadual, principalmente a cobrança, a outorga e o enquadramento.

1.1 – Justificativa e problemática da área de estudo

Localizado na Mesorregião Geográfica Zona da Mata mineira, o Município de Juiz de Fora é um dos principais centros urbanos do Estado de Minas Gerais. Contando com uma população de 517.872 habitantes (IBGE, 2010) e sofrendo um intenso processo de urbanização nas últimas décadas, o município convive com os benefícios e com os problemas decorrentes desse processo, nem sempre precedido por um planejamento eficiente.

Na linha do recente processo brasileiro de urbanização, que apresenta como uma de suas principais características a mudança das tradicionais tendências de concentração - seja da população, seja dos agentes econômicos - das grandes capitais e metrópoles para as cidades médias, Juiz de Fora vem apresentando, nas últimas décadas, um expressivo crescimento demográfico e, conseqüentemente, da taxa de urbanização. Juiz de Fora apresenta-se como uma cidade-polo de influência regional, em torno da qual orbitam os pequenos municípios que constituem a microrregião da qual ela é o centro. É, assim, o centro urbano mais importante de sua microrregião, exercendo sobre ela uma influência de maneira intensa e imediata.

Novos vetores de expansão urbana se delinearam nas últimas décadas, principalmente nos setores noroeste e oeste do município, justamente nas áreas onde se localizam os seus mananciais de abastecimento público de água. A intensa urbanização das bacias hidrográficas desses mananciais, somada à falta de planejamento do uso e ocupação do solo, tem ocasionado uma sensível degradação quantitativa e qualitativa de suas águas. Alguns mananciais do município estão se tornando inoperantes, como a Represa do Poço D'Antas, cuja estação de tratamento foi desativada em 2006 devido à baixa disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica e à baixa produção de água do sistema, e também a Represa de São Pedro, cuja futura desativação já foi anunciada pela companhia de saneamento municipal em função da intensa poluição e contaminação de suas águas, dos avançados processos de assoreamento que degradaram o seu lago e da inexistência de um projeto de recuperação ambiental de sua bacia hidrográfica.

Ao avanço do processo de urbanização em direção a essas áreas de mananciais alia-se a especulação imobiliária, que vende o sossego e a tranquilidade de morar num local de aparência paisagística belíssima. Dessa forma, passou a existir um aumento, mesmo que ainda tímido, das densidades demográficas e da ocupação humana nessas áreas. Conta-se ainda o aumento significativo das áreas com processos erosivos atuantes

e o conseqüente aumento do assoreamento desses reservatórios, uma vez que a simples atividade de edificar requer, inicialmente, a retirada da vegetação e a movimentação de terra. Esse quadro, aliado a outras formas de mau uso do solo que comumente se processam nessas áreas, tem provocado uma significativa diminuição no volume de água armazenada.

Ainda que o sistema de abastecimento de água existente seja capaz de atender à atual demanda hídrica do município e até mesmo a certa demanda futura, conforme demonstrou Ribeiro (2009), o estado de degradação das bacias hidrográficas dos mananciais em operação reforça a intenção da Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA) de incorporar ao sistema a Represa de Chapéu D'Uvas.

A elevação da renda *per capita* média e o expressivo crescimento demográfico podem ser responsáveis pelo aumento simultâneo do consumo de água. Além disso, Juiz de Fora exerce um forte poder de polarização em toda a Zona da Mata mineira e mesmo em boa parte do Estado do Rio de Janeiro, o que reforça a necessidade de se garantir o abastecimento de água no século XXI. Finalmente, não se pode esquecer que, nos últimos anos, a cidade tem sido alvo de uma política desenvolvimentista que busca reativar o seu papel como polo industrial e consolidá-la como um centro comercial e prestador de serviços, principalmente no setor do turismo de eventos. O alcance da sustentabilidade hídrica na escala local (municipal), que perpassa pela garantia de água em quantidade e qualidade suficientes para as mais diversas necessidades de suas populações, é um dos grandes desafios das cidades no século XXI, entre as quais inclui-se Juiz de Fora.

Predomina atualmente no Município de Juiz de Fora uma mentalidade que privilegia a incorporação de novos mananciais ao sistema de abastecimento público e não o estabelecimento de medidas de proteção e de recuperação ambiental dos mananciais degradados, que teriam condições de garantir o abastecimento de água nas próximas décadas. O próprio *Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área Urbana de Juiz de Fora* (PDAA-AUJF), elaborado em 1985, é um exemplo disso, tendo inclusive previsto a incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema municipal de abastecimento de água.

O Município de Juiz de Fora apresenta abundância, ainda que relativa, de recursos hídricos. As possibilidades de expansão do atual sistema de produção de água do município são apontadas por Machado (1998, p. 74-75), quando afirma que, “além dos sistemas atualmente em operação, existe a possibilidade de ampliação da

capacidade do Sistema Norte; a possibilidade de aproveitamento do manancial da Estiva, pela facilidade de integração de suas águas aos sistemas Norte e Dr. João Penido e pela condição atual de baixa densidade de ocupação da bacia; da Represa de Chapéu D'Uvas, barragem que acumula grande quantidade de água do Rio Paraibuna, à montante da Área Urbana de Juiz de Fora e que tem, atualmente, a função única de regularização do nível das águas desse rio; e ainda a possibilidade de aproveitamento das águas do Rio do Peixe, uma enorme bacia hidrográfica, de baixa densidade de ocupação humana e onde prevalecem usos tipicamente rurais". Certamente, essas áreas ajudarão a compor o futuro sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora.

Atualmente já existe um consenso, sobretudo entre os órgãos da administração pública municipal relacionados à gestão das águas, em torno da ideia de que o manancial a ser priorizado no processo de expansão do sistema de produção e abastecimento de água da cidade nos próximos anos deve ser, sem dúvida nenhuma, a Represa de Chapéu D'Uvas. Porém, não se pode deixar de ressaltar que a adoção de medidas de recuperação ambiental das bacias hidrográficas dos mananciais atualmente destinados ao abastecimento público de água e a realização de investimentos para a expansão de sua capacidade de atendimento "garantiriam o atendimento da demanda hídrica atual e mesmo de uma significativa demanda hídrica futura, abrindo-se a possibilidade para que a Represa de Chapéu D'Uvas permaneça como um manancial estratégico de reserva e evitando-se os possíveis inconvenientes resultantes de sua incorporação ao sistema de abastecimento público de água de Juiz de Fora, entre os quais pode-se citar os custos adicionais para a adução e o tratamento" (RIBEIRO, 2009, p. 346).

A situação exposta indica que a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas desempenhará um papel estratégico na expansão do sistema de abastecimento público de água de Juiz de Fora. Contando com um volume máximo armazenado de 146.000.000 m³, 11 vezes mais que o volume do maior reservatório de abastecimento da cidade em operação (Represa Dr. João Penido), a represa possibilita a regularização de uma vazão efluente de 6.000l/s, dos quais 2.000 l/s estão previstos para o abastecimento do município, superior a que é fornecida atualmente pelos três mananciais responsáveis pelo seu abastecimento em conjunto. A área de contribuição pluviométrica da bacia é de 309 km². A represa está localizada a 33 km da nascente do Rio Paraibuna e a aproximadamente 38 km do centro de Juiz de Fora. A profundidade máxima é de 41 m e sua área inundada, no nível máximo, é de 11,5 km². A extensão da barragem é de 14 km

e a largura da represa varia de acordo com o nível de água retido (MACHADO, 2006, p. 10).

A incorporação desse manancial ao sistema de abastecimento público de Juiz de Fora e a múltipla utilização de suas águas exige ações de planejamento e de intervenção com o intuito de disciplinar o uso e a ocupação do solo em sua bacia hidrográfica. O processo de uso e ocupação do solo provoca modificações no meio ambiente, alterando suas características, sobretudo em áreas de mananciais. No caso específico de Juiz de Fora, a análise da distribuição espacial dos principais impactos ambientais que acometem as bacias hidrográficas dos mananciais atualmente destinados ao abastecimento público de água do município demonstra uma dinâmica de ocupação intensa e irregular, inclusive das áreas de preservação permanente e de proteção ambiental, o que contribuiu nos últimos anos para a degradação quantitativa e qualitativa de suas águas.

Em relação à Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, Alcântara Júnior (2007) apontou vários problemas socioambientais presentes em seu território, entre os quais destacam-se: a remoção das comunidades residentes no local para a formação do lago; a remoção da cobertura vegetal em várias áreas da bacia, o que já desencadeou uma série de significativos processos erosivos, sobretudo em suas margens; a inundação de inúmeras propriedades rurais; a significativa perda de biodiversidade ocorrida após a inundação; a poluição de suas águas devido à ocupação irregular de suas margens; o desmatamento em áreas de preservação permanente; etc.

O disciplinamento do uso e ocupação da terra em áreas de mananciais é tarefa primordial dos planejadores, garantindo assim que as repercussões sobre a disponibilidade hídrica, em termos quantitativos e qualitativos, sejam as mínimas possíveis. No caso de mananciais que desempenham a nobre e prioritária função de abastecimento público, deve-se sempre buscar densidades de ocupação mais baixas, compatíveis com a manutenção da boa qualidade da água.

Parece bem clara e urgente a necessidade de se compatibilizar o crescimento urbano e a utilização racional dos mananciais públicos pela via do planejamento. Sua proteção não deve depender unicamente do Estado. Destaca-se, como bem observado por Miranda (2004, p. 13), que “toda a cidadania pode assumir e participar da gestão das águas”. Insiste-se aqui que a questão fundamental não se resume radicalmente a usar ou não usar, ocupar ou não ocupar, mas sim ao como e ao quanto deve ser feito.

Machado (2006, p. 12) afirma que o como fazer é uma questão menos difícil de ser respondida. Com disposição política e através de legislação, diferenciada e específica para cada manancial (atuais e futuros), é possível disciplinar uso compatível, modelos de ocupação aceitáveis e formas de ocupação e utilização da bacia menos impactantes (abertura de vias, movimentação de terra, disposição e *layout* dos lotes, controle das taxas de impermeabilização dos terrenos, destinação final adequada dos esgotos, etc.).

Porém, ainda segundo Machado (2006, p. 12), o quanto (ou por quantos) uma área pode (ou deve) ser ocupada já se torna uma questão mais difícil de ser respondida. Mais difícil ainda de ser consensual. As posições sobre a densidade de ocupação humana em áreas urbanas são bastante variadas, algumas vezes até extremadas. Ao abordarem esse tema, Acioly Júnior e Davdison (1998, p. 16) ressaltam que, “em princípio, especialistas em habitação têm assumido que, quanto maior a densidade, melhor será a utilização e maximização da infraestrutura e solo urbano”. Contudo, outros defendem a baixa densidade, encarando-a como sinônimo de ambiente mais saudável. Não existe densidade ideal, ela é variável de lugar para lugar, de situação para situação, tendo inclusive implicações ligadas a aspectos culturais (como tamanho de lotes, relações de vizinhança, etc.), sendo o mais importante, em todos os casos, a busca de uma melhor qualidade de vida para a população.

Parece então mais do que justificado e necessário o planejamento de ações específicas que busquem compatibilizar os múltiplos usos que se podem desenvolver na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, desde sua importante função atual de regularização das vazões do Rio Paraibuna até a futura utilização de suas águas para o abastecimento público de Juiz de Fora. Como é fato que a represa deverá ser futuramente utilizada no abastecimento público de água da população de Juiz de Fora, é de fundamental importância ressaltar a necessidade da definição de políticas públicas comuns por parte das administrações municipais inseridas na bacia hidrográfica com o objetivo de oferecer as condições necessárias para a múltipla utilização de suas águas e, principalmente, a proteção de tão importante manancial contra os processos de degradação ambiental.

Aliás, as águas da represa podem e devem se destinar a múltiplos usos e usuários, desde que se faça, previamente, um estudo criterioso de toda a sua bacia de contribuição, do qual devem fazer parte um diagnóstico socioambiental amplo e consistente, uma avaliação da capacidade de utilização do manancial e um plano diretor

de bacia hidrográfica que estabeleça os usos compatíveis e as formas mais racionais de sua utilização.

O planejamento das ações a serem desenvolvidas em toda a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas torna-se ainda mais importante quando leva-se em consideração o fato de que, ao contrário do que ocorre com os atuais mananciais utilizados para o abastecimento público, que têm suas bacias hidrográficas integralmente contidas na área municipal de Juiz de Fora, o manancial em questão localiza-se em áreas dos municípios de Ewbank da Câmara (em sua maior parte) e de Santos Dumont, que diferentemente de Juiz de Fora podem ter outros planos para a futura utilização das águas do reservatório. Assim sendo, o planejamento de ações visando à utilização racional e consorciada de suas águas por todos os municípios da bacia contribuinte torna-se decisão oportuna e inadiável. Isso implica em se pensar (negociar e discutir) brevemente, por exemplo, a possibilidade da múltipla utilização das águas do Rio Paraibuna no trecho da barragem.

Diante desse quadro, espera-se que a elaboração de subsídios ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, baseada no disciplinamento do uso e ocupação da terra e na implementação de instrumentos de gestão, possa contribuir para a formulação de políticas públicas que viabilizem a manutenção das condições ambientais favoráveis à produção e à reserva de água para fins de abastecimento humano, bem como subsidie a múltipla utilização das águas do manancial e a melhoria de suas condições ecológicas e da qualidade de vida da população aí residente ou que se beneficie de suas águas, como no caso do Município de Juiz de Fora.

1.2 – Objetivos

1.2.1 – Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa foi o de elaborar subsídios ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, localizada no Estado de Minas Gerais.

1.2.1 – Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- Elaborar o inventário da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, incluindo a localização, o histórico de ocupação, as condições socioeconômicas, a definição das unidades geoecológicas, os recursos hídricos (aspectos quantitativos e aspectos qualitativos) e o arcabouço legal e o arranjo institucional da gestão;

- Elaborar o diagnóstico da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, que compreende duas temáticas principais:

- a) Unidades geoecológicas: inclui o diagnóstico ambiental das unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, realizado a partir da análise integrada dos seguintes atributos: função geoecológica, processos geoecológicos, estado geoecológico, estabilidade potencial, fragilidade, sensibilidade e relação entre uso real e uso potencial.

- b) Água: inclui a avaliação das demandas e dos conflitos pelo uso da água, destacando-se o abastecimento de água do Município de Juiz de Fora;

- Elaborar o prognóstico da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, que compreende duas temáticas principais:

- a) Unidades geoecológicas: inclui a elaboração de dois cenários de evolução do uso e cobertura da terra (tendencial e ideal);

- b) Água: corresponde à avaliação dos impactos da incorporação da Represa de Chapéu D’Uvas ao sistema de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora, incluindo a elaboração de três cenários de abastecimento de água (utilização apenas dos mananciais atualmente em operação, incorporação de novo manancial ao sistema existente e desativação de manancial atualmente em operação);

- Propor ações de recuperação e controle e ações de proteção que contribuam para a consolidação do cenário ideal de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas e, conseqüentemente, de seu estado ambiental;

- Propor medidas que viabilizem e consolidem a implementação de instrumentos de gestão dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas.

2 – Fundamentação teórico-metodológica

2.1 – Questão ambiental e desenvolvimento sustentável

O meio ambiente, em função da crescente demanda mundial pelo uso dos recursos naturais, principalmente durante os séculos XIX e XX, sofreu profundos impactos e alterações em sua estrutura e equilíbrio. Já em pleno século XXI, a humanidade sofre cada vez mais as consequências da degradação ambiental que visa sustentar uma estrutura de sociedade pautada num modelo de desenvolvimento capitalista. Em função disso é que a questão ambiental coloca-se como um ponto central nas principais discussões empreendidas pela humanidade no início deste século. Porém, é importante ressaltar que “não podemos deixar de reconhecer o paradoxo de nunca termos visto tanto debate sobre a problemática ambiental e, ao mesmo tempo, ser tão grande a devastação do planeta desde os anos 1970” (PORTO-GONÇALVES, 2004, p. 161-162).

A **crise ambiental** pode ser definida como “o momento em que a produção do desperdício, da poluição e da degradação dos recursos naturais começa a suplantar os mecanismos que possam dar conta da sua eliminação” (BORTOLOZZI, 1997, p. 95). Guattari (2000, p. 09) acredita que “não haverá verdadeira resposta à crise ecológica a não ser em escala planetária e com a condição de que se opere uma autêntica revolução política, social e cultural reorientando os objetivos da produção de bens materiais e imateriais”.

Leff (2001, p. 112) entende a crise ambiental como uma crise de civilização, caracterizada por três aspectos fundamentais de fratura e renovação:

- a) Os limites do crescimento e a construção de um novo paradigma de produção sustentável;
- b) O fracionamento do conhecimento e a emergência da teoria de sistemas e o pensamento da complexidade;
- c) O questionamento à concentração do poder do Estado e do mercado e as reivindicações da cidadania por democracia, equidade, justiça, participação e autonomia.

A racionalidade econômica responsável por forjar essa crise que perdura e se aprofunda com vigor no mundo globalizado fundou-se basicamente na lógica de atuação de agentes econômicos conduzidos pela ideologia do liberalismo econômico. Ancorados

no princípio da mão invisível do mercado, tais agentes traduziram suas condutas egoístas na conquista de um interesse comum, associando a ética do trabalho, a frugalidade e a poupança à reinversão de lucros e de excedentes para acelerar a acumulação do capital. Tal processo, fundado sobre as bases da racionalidade econômica e do direito privado, gerou o desenvolvimento desenfreado e desordenado das forças produtivas, suplantando a capacidade de renovação dos recursos naturais e, conseqüentemente, ignorando as condições ecológicas de sustentabilidade da vida no planeta:

Em torno do princípio da igualdade dos direitos individuais, da poupança e do trabalho, do lucro e da acumulação, do progresso e da eficiência, construiu-se uma ordem internacional que levou à concentração do poder econômico e político, à homogeneização dos modelos produtivos, dos padrões de consumo e dos estilos de vida. Isso levou a desestabilizar os equilíbrios ecológicos, a desarraigar os sistemas culturais e a dissipar os sentidos da vida humana. A busca de *status*, de lucro, de prestígio, de poder, substituiu os valores tradicionais: o sentido de enraizamento, equilíbrio, pertença, coesão social, cooperação, convivência e solidariedade (LEFF, 2007, p. 84).

É possível identificar, na irracionalidade ecológica dos padrões dominantes de produção e de consumo, que sempre caracterizou os limites do crescimento econômico, a raiz fundamental dessa crise ambiental:

A visão mecanicista da razão cartesiana converteu-se no princípio constitutivo de uma teoria econômica que predominou sobre os paradigmas organicistas dos processos da vida, legitimando uma falsa ideia de progresso da civilização moderna. Desta forma, a racionalidade econômica banuiu a natureza da esfera da produção, gerando processos de destruição ecológica e degradação ambiental. O conceito de sustentabilidade surge, portanto, do reconhecimento da função de suporte da natureza, condição e potencial do processo de produção (LEFF, 2007, p. 15).

Breilh (2008, p. 159-160) assim se expressa a respeito dessa racionalidade:

E como explicar essa tendência demencial para acumular riqueza às custas da própria vida? Nossa espécie, diferentemente das outras espécies que se regem por um programa instintivo de sobrevivência do mais apto, não se caracteriza por essa cega submissão à competitividade natural. Se a história social humana nos tem levado ao despenhadeiro do fundamentalismo liberal produtivista e a uma etapa que se assemelha à barbárie, não é porque exista em nossa

espécie a compulsão intrínseca de dominar, mas sim porque se produziu uma derrota do espírito de solidariedade, em razão de uma ordem social que possibilita uma incessante concentração de riqueza e poder, dando origem a uma estrutura de dominação. Em seu início, a acumulação de riqueza foi possibilitada pela apropriação privada de excedentes que foram assim subtraídos do bem comum, em uma estrutura social que se tem recriado historicamente de múltiplas formas, cada vez mais eficientes na geração da desigualdade; uma complexa estrutura de dominação, na qual se alimentam mutuamente todas as formas de subordinação entre classes, povos, formações etnoculturais e gêneros (BREILH, 2008, p. 159-160).

As consequências foram não só a devastação da natureza enquanto sistema ecológico que funciona como suporte físico e vital de todo o sistema produtivo, mas também a transformação e a destruição de valores humanos, culturais e sociais. Porém, foi somente a partir da década de 1970 que problemas como o desmatamento, a perda de diversidade genética dos recursos bióticos, a extinção de espécies, a erosão dos solos e a perda da fertilidade das terras, a desertificação, a contaminação química da atmosfera, dos solos e dos recursos hídricos, a produção e a disposição de resíduos tóxicos e do lixo radioativo, a chuva ácida gerada pela industrialização e a consequente destruição da camada foliar das florestas, o aquecimento global e a rarefação da camada de ozônio passaram a fazer parte em caráter definitivo da pauta de discussões da agenda ambiental internacional.

Esses processos de degradação ambiental conjugaram-se e continuam a se conjugar com uma série de efeitos econômicos, sociais e culturais que afetam as maiorias espoliadas. Assim, a deterioração ambiental, somada à crise econômica e financeira do mundo subdesenvolvido, como na América Latina, por exemplo, gerou um processo generalizado de empobrecimento, marginalização social e precariedade das condições de saúde da população. A pobreza crítica e a degradação ecológica devem ser analisadas como fenômenos conexos, alocadas dentro de um mesmo processo de imposição de modelos tecnológicos e de projetos de colonização que desencadearam a ocorrência de significativos movimentos migratórios, a proliferação de assentamentos precários, o aumento do desemprego, a generalização da desnutrição e de condições de vida cada vez mais insalubres e indignas, o desarraigamento das comunidades de seus espaços étnicos, a destruição de suas identidades culturais e o abandono de práticas tradicionais de uso dos recursos (LEFF, 2007).

A crescente destruição da base de recursos do planeta e seu impacto nos valores culturais e humanos conduziram à necessidade de orientar as formas de

desenvolvimento para eliminar a pobreza crítica e passar da sobrevivência à melhoria da qualidade de vida. Estando o ser humano situado dentro da trama vital do processo evolutivo por meio da ecologia, reconhece-se a legitimidade da reivindicação dos valores associados à qualidade de vida, ao prazer estético, ao desenvolvimento intelectual e às necessidades afetivas, através da reconstrução do ambiente. Além do direito fundamental associado ao bem-estar propiciado pela satisfação das necessidades básicas (alimentação, vestuário, trabalho, educação, saúde, moradia), o movimento ambientalista foi gradativamente incorporando a reivindicação pela universalização do “direito a um ambiente sadio e produtivo, inclusive os novos direitos coletivos para a conservação e aproveitamento do patrimônio comum de recursos da humanidade, pela dignidade e pelo pleno desenvolvimento das faculdades de todos os seres humanos” (LEFF, 2007, p. 90).

Em relação à tomada de consciência pela humanidade dos problemas ambientais produzidos pelo modelo de desenvolvimento adotado por várias sociedades no mundo globalizado, já na segunda metade do século XX, verifica-se que:

Em meados da década de oitenta a humanidade toma consciência da globalização do risco e degradação ambiental, que de fato já existia desde a década de cinquenta, em função da capacidade destrutiva das armas nucleares e do potencial de contaminação por parte da indústria química e nuclear. Na última década, alguns problemas ambientais globais começam a ser objeto de esforços (com graus variáveis de sucesso) para a construção de um regime internacional: destruição da camada de ozônio, contaminação radioativa, exportação de lixo tóxico, mudança climática, perda de biodiversidade, poluição dos oceanos e do espaço exterior (VIOLA, 1997, p. 71).

Progressivamente, o debate relativo à poluição e à intensa utilização e degradação dos recursos naturais acabou por desembocar em discussões mais profundas sobre o próprio modelo de desenvolvimento e de sociedade, que revelou-se como a origem e o cerne da crise ambiental que ora se apresentava. A conscientização de alguns setores da sociedade a respeito da esgotabilidade dos recursos naturais e da necessidade de utilizá-los de forma racional culminou, em 1972, com a realização da **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano**, realizada em Estocolmo (Suécia), na qual foi pronunciada uma crise ambiental global e estabeleceram-se os princípios para a busca de modelos de desenvolvimento alternativos àqueles até então vigentes.

Foi Maurice Strong, diretor-executivo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), quem lançou o termo **ecodesenvolvimento** no decorrer da primeira reunião de seu Conselho Administrativo, realizada em Genebra, em junho de 1973. Sachs (1986, p. 18) afirma que o ecodesenvolvimento “é um estilo de desenvolvimento que, em cada ecorregião, insiste nas soluções específicas de seus problemas particulares, levando em conta os dados ecológicos da mesma forma que os culturais, as necessidades imediatas como também aquelas a longo prazo”.

Precursor da noção de desenvolvimento sustentável, o ecodesenvolvimento pressupõe, conforme aponta Montibeller Filho (2001, p. 45), “uma solidariedade sincrônica com os povos atuais, na medida em que desloca o enfoque da lógica da produção para a ótica das necessidades fundamentais da população; e uma solidariedade diacrônica, expressa na economia de recursos naturais e na perspectiva ecológica para garantir possibilidade de qualidade de vida às próximas gerações”. Sachs (1986, p. 60-64) enumera três condições essenciais para tornar operacional o conceito de ecodesenvolvimento:

- 1) Grande conhecimento das culturas e dos ecossistemas, bem como daquilo que as diferentes culturas aprenderam sobre os seus ecossistemas: é indispensável um programa extensivo de pesquisa em etnoecologia e etno-história, tomadas no sentido mais amplo, para que se identifiquem os pontos de partida do processamento dos recursos específicos de cada ecossistema, partindo das diferentes necessidades da sociedade;

- 2) Envolvimento e participação efetiva dos cidadãos no planejamento do processo: envolver os cidadãos de modo que possam identificar suas necessidades, transmitir o saber acumulado da (micro)sociedade e do ambiente, decidir sobre as compensações entre usos alternativos de recursos e entre distribuições de ganhos e avaliar o peso do presente em relação ao futuro dentro da perspectiva local;

- 3) Estabelecimento de um esquema de mercado que ofereça termos de troca relativamente justos e proporcione acesso a certos recursos críticos impossíveis de obter localmente: garantir a constituição de um processo de desenvolvimento autoconfiante, voltado para as necessidades e ambientalmente saudável, mas que possa também romper o caráter de exploração dos vínculos entre a micro-região (ou a municipalidade) e o resto da economia, confiscando e sugando todos os ganhos acrescidos pelo desenvolvimento.

Vinte anos mais tarde, já em 1992, foi realizada, no Rio de Janeiro (Brasil), a **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**, que fortaleceu o paradigma do **Desenvolvimento Sustentável**, definido pela ONU como o “desenvolvimento social, econômico e cultural que atende às buscas do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras, nem tampouco os ecossistemas e os recursos naturais disponíveis” (GIOVANNETTI e LACERDA, 1996, p. 56), uma opção e ao mesmo tempo um antídoto ao chamado **hiperdesenvolvimentismo**. Com relação à gênese do conceito de desenvolvimento sustentável, observa-se que:

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu da Estratégia Mundial para a Conservação (*World Conservation Strategy*) lançada pela União Mundial para a Conservação (IUCN) e pelo Fundo Mundial para a Conservação (WWF), apoiados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), embora já tivesse aparecido como o nome de “ecodesenvolvimento” na Reunião de Founex em 1971, (...). A Estratégia Mundial propunha uma harmonização entre o desenvolvimento socioeconômico e a conservação do meio ambiente, com ênfase na preservação dos ecossistemas naturais e na diversidade genética, para a utilização racional dos recursos naturais (FRANCO, 2001, p. 26).

Já Nobre (2002, p. 38) afirma que não se sabe ao certo quem primeiro utilizou a expressão desenvolvimento sustentável, mas que “parece razoável supor que a expressão tenha sido pela primeira vez empregada no Simpósio das Nações Unidas sobre as Inter-Relações entre Recursos, Ambiente e Desenvolvimento, que teve lugar em Estocolmo em agosto de 1979, ocasião em que W. Burger apresentou um *paper* intitulado *A busca de padrões sustentáveis de desenvolvimento*”.

O fato mais importante, porém, é que a partir de então a variável ambiental passa a ser diretamente considerada nos programas de planejamento do desenvolvimento, sob o ponto de vista das possibilidades e das limitações da utilização dos recursos naturais. Tais possibilidades e limitações podem ser fundamentais e preliminarmente delimitadas a partir dos conceitos de preservação e conservação, tornando-se importante diferenciá-los claramente. Por **preservação** entende-se a “ação de proteger, contra a destruição e qualquer forma de dano ou degradação, um ecossistema, uma área geográfica definida ou espécies animais e vegetais ameaçadas de extinção, adotando-se as medidas preventivas legalmente necessárias e as medidas de vigilância adequadas” (FEEMA, 1990, p. 164). Já a **conservação** pode ser definida como a “utilização racional de um recurso qualquer, de modo a se obter um rendimento considerado bom, garantindo-se,

entretanto, sua renovação ou sua auto-sustentação” (FEEMA, 1990, p. 60). Este último conceito nos remete ao uso racional dos recursos naturais, dentro dos limites capazes de manter a qualidade e o equilíbrio do meio ambiente em níveis aceitáveis.

Os conceitos de preservação e de conservação, e ainda o conceito de recuperação, podem até mesmo ser considerados como princípios orientadores da ação humana sobre o meio ambiente:

O Planejamento Ambiental pressupõe três princípios de ação humana sobre os ecossistemas, os quais podem ser combinados em diversos gradientes: os princípios da *preservação*, da *recuperação* e da *conservação* do meio ambiente. O primeiro é também chamado de *princípio da não-ação*, isto é, os ecossistemas deverão permanecer intocados pela ação humana e representam as áreas de reserva e bancos genéticos de interesse para vidas futuras, aplicando-se a territórios que mantêm seus ciclos ecológicos em funcionamento sem grandes quebras nas cadeias alimentares, que é o caso, a título de exemplo, de vastas regiões da Amazônia, do Pantanal ou da Mata Atlântica, e resquícios desses ecossistemas pulverizados pelo território brasileiro, dispostos em manchas ou “ilhas”. A *recuperação ambiental* aplica-se a áreas alteradas pela ação humana adotando-se, nesse caso e a partir de um certo momento, o princípio da não-ação no sentido de se manter uma área intocável, onde, em alguns casos, presta-se um serviço de “ajuda à natureza” no sentido de se provocar ou acelerar determinados processos. A título de exemplos, cito o caso da recuperação de matas degradadas, onde é feito o plantio artificial de plantas nativas, e o repovoamento de peixes em lagos e rios que sofreram impactos, com a consequente quebra de cadeias alimentares. O terceiro caso, o da *conservação ambiental*, pressupõe o usufruto dos recursos da natureza pelo homem na linha de mínimo risco, isto é, sem degradação do meio, e do mínimo gasto de energia. De outra maneira, pode-se dizer que conservar significa utilizar sem destruir ou depredar a fonte de origem de alimento ou de energia (FRANCO, 2001, p. 36).

Andreozzi (2005, p. 02) confirma a tendência de agregação e de valorização cada vez maior da variável ambiental nos programas de desenvolvimento, afirmando que “existe uma expectativa, que se reflete numa tendência, de que a humanidade caminhe para um processamento não baseado apenas no desempenho econômico, mas principalmente, na valorização da qualidade da vida, ligada de maneira intrínseca à comunidade e ao ambiente, cujo objetivo principal é a busca de um desenvolvimento sustentável, inter e intragerações”. Por sua vez, Francisco (2004, p. 19) afirma que o desenvolvimento sustentável pode “ser representado por uma pirâmide de base triangular, em que os Recursos Humanos, os Recursos Institucionais e os Recursos Construídos representam os vértices do plano horizontal, todos eles apoiando-se no

ápice e nas arestas dos Recursos Naturais, que funcionam como fonte e abrigo do que está na base da pirâmide”. Através desse modelo busca-se representar a mudança de paradigma necessária ao desenvolvimento sustentável, em que o homem reconhece o imperativo de gerenciar os recursos naturais finitos, entre eles a água.

Não obstante as várias interpretações encontradas na literatura científica a respeito do desenvolvimento sustentável, as definições mais conhecidas estão presentes no *Relatório Nosso Futuro Comum*, de autoria da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento:

- Desenvolvimento sustentável é “um novo tipo de desenvolvimento capaz de manter o progresso humano não apenas em alguns lugares e por alguns anos, mas em todo o planeta e até um futuro longínquo” (CMMAD, 1988, p. 04);

- “O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (CMMAD, 1988, p. 46);

- “Em essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas” (CMMAD, 1988, p. 49).

Ainda de acordo com o *Relatório Nosso Futuro Comum* (CMMAD, 1988, p. 70), a estratégia do desenvolvimento sustentável visa promover a harmonia entre os seres humanos e entre a humanidade e a natureza. Por conseguinte, a busca desse modelo de desenvolvimento requer:

- Um sistema político que assegure a efetiva participação dos cidadãos no processo decisório;

- Um sistema econômico capaz de gerar excedentes e *know-how* técnico em bases confiáveis e constantes;

- Um sistema social que possa resolver as tensões causadas por um desenvolvimento não-equilibrado;

- Um sistema de produção que respeite a obrigação de preservar a base ecológica do desenvolvimento;

- Um sistema tecnológico que busque constantemente novas soluções;

- Um sistema internacional que estimule padrões sustentáveis de comércio e financiamento;

- Um sistema administrativo flexível e capaz de autocorrigir-se.

O relatório aponta também que a expressão desenvolvimento sustentável contém dois conceitos-chave (CMMAD, 1988, p. 46):

- O conceito de “necessidades”, sobretudo as necessidades essenciais dos pobres do mundo, que devem receber a máxima prioridade;

- A noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo-o de atender às necessidades presentes e futuras.

O desenvolvimento sustentável pressupõe uma transformação progressiva no modelo de economia e de sociedade atualmente vigente. Constitui uma visão mais ampla de sustentabilidade, que não se restringe aos seus aspectos físicos, pois “mesmo na noção mais estreita de sustentabilidade física está implícita uma preocupação com a equidade social entre gerações, que deve, evidentemente, ser extensiva à equidade em cada geração” (CMMAD, 1988, p. 46). Nobre (2002, p. 42, grifo do autor) acredita que “temos de entender o conceito de “desenvolvimento sustentável” não como uma reformulação dos termos em que se colocava a questão ambiental na década de 1970, mas como uma resposta precisa àquela questão, vale dizer: desenvolvimento (no sentido de “crescimento econômico”) e meio ambiente (no sentido de “estoque de recursos naturais” e de “capacidade de absorção do ecossistema humano”) *não são contraditórios*”.

Não se pode admitir mais uma noção de desenvolvimento sustentável que leve em conta o crescimento econômico em detrimento da melhoria da qualidade de vida das populações:

O desenvolvimento sustentável diz respeito a uma sociedade ser capaz de manter, no médio e no longo prazos, um círculo virtuoso de crescimento econômico e um padrão de vida adequado. Não se trata de abolir os ciclos econômicos com suas flutuações, mas de manter expectativas, com realizações, de melhoria contínua do padrão de vida, a despeito das flutuações setoriais e crises localizadas. A sustentabilidade, portanto, é uma questão multidimensional e intertemporal (MÜLLER, 2001, p. 130).

A partir das premissas básicas apresentadas, é possível então elaborar encontrar novos significados para a expressão desenvolvimento sustentável:

Examinando os detalhes desta definição, observa-se o seguinte: é desenvolvimento porque não se reduz a um simples crescimento quantitativo; pelo contrário, faz intervir a qualidade das relações humanas com o ambiente natural, e a necessidade de conciliar a evolução dos valores socioculturais com a rejeição de todo processo que leva à deculturação. É sustentável porque deve responder à equidade intrageracional e à intergeracional (MONTIBELLER FILHO, 2001, p. 48).

A noção de desenvolvimento sustentável encerra em si cinco dimensões de sustentabilidade, complementares e interdependentes: a sustentabilidade social, a sustentabilidade econômica, a sustentabilidade ecológica ou ambiental, a sustentabilidade espacial ou geográfica e a sustentabilidade cultural. A dimensão ambiental deve perpassar por todos os níveis e dimensões de sustentabilidade, com o intuito de promover uma melhoria da qualidade ambiental e de vida da população. Sachs (2004, p. 15-16) procura definir cada um dos cinco pilares do desenvolvimento sustentável. São eles:

- **Social**, fundamental por motivos tanto intrínsecos quanto instrumentais, por causa da perspectiva de disrupção social que paira de forma ameaçadora sobre muitos lugares problemáticos do planeta;
- **Ambiental**, com as suas duas dimensões: os sistemas de sustentação da vida como provedores de recursos e como “recipientes” para a disposição de resíduos;
- **Territorial**, relacionado à distribuição espacial dos recursos, das populações e das atividades;
- **Econômico**, sendo a viabilidade econômica a *conditio sine qua non* para que as coisas aconteçam;
- **Político**, pois a governança democrática é um valor fundador e um instrumento necessário para fazer as coisas acontecerem, no qual a liberdade faz toda a diferença.

Muitas vezes, o desenvolvimento sustentável foi tomado de maneira equivocada, devido à centralização na dimensão econômica. Porém, esse processo constitui uma realidade muito mais ampla:

Afirmar que os seres humanos constituem o centro e a razão de ser do processo de desenvolvimento significa advogar um novo estilo de desenvolvimento que seja *ambientalmente* sustentável no acesso e no uso dos recursos naturais e na preservação da biodiversidade; *socialmente* sustentável na redução da pobreza e das desigualdades

sociais e promotor da justiça e da equidade; *culturalmente* sustentável na conservação do sistema de valores, práticas e símbolos de identidade que, apesar de sua evolução e sua reatualização permanentes, determinam a integração nacional através dos tempos; *politicamente* sustentável ao aprofundar a democracia e garantir o acesso e a participação de todos nas decisões de ordem pública Este novo estilo de desenvolvimento tem por norte uma nova *ética* do desenvolvimento, ética na qual os objetivos econômicos do progresso estão subordinados às leis de funcionamento dos sistemas naturais e aos critérios de respeito à dignidade humana e de melhoria da qualidade de vida das pessoas (GUIMARÃES, 2001, p.55, grifos do autor).

Pode-se afirmar, portanto, a necessidade urgente de se requalificar o processo de desenvolvimento, de forma que o mesmo possa harmonizar e tornar possível a coexistência de crescimento econômico e proteção do meio ambiente, adjetivando-se e incorporando em sua essência a sustentabilidade:

O conceito de desenvolvimento sustentável deve ser visto como uma alternativa ao conceito de crescimento econômico, o qual está associado a crescimento material, quantitativo, da economia. Isso não quer dizer que, como resultado de um desenvolvimento sustentável, o crescimento econômico deva ser totalmente abandonado. Admitindo-se, antes, que a natureza é a base necessária e indispensável da economia moderna, bem como das vidas das gerações presentes e futuras, desenvolvimento sustentável significa qualificar o crescimento e reconciliar o desenvolvimento econômico com a necessidade de se preservar o meio ambiente (BINSWANGER, 2001, p. 41).

Não se deve, portanto, reduzir o desenvolvimento ao simples crescimento econômico. Os objetivos do desenvolvimento vão bem além da mera multiplicação da riqueza material. O crescimento é uma condição necessária, mas de forma alguma suficiente para se alcançar a meta de uma vida melhor, mais feliz e mais completa para todos. Muito menos o crescimento econômico pode ser considerado como um fim ou objetivo em si mesmo:

O desenvolvimento é um conceito multidimensional: os seus objetivos são sempre sociais e éticos (solidariedade sincrônica). Ele contém uma condicionalidade ambiental explícita (solidariedade diacrônica com as gerações futuras); o crescimento econômico, embora necessário, tem um valor apenas instrumental; o desenvolvimento não pode ocorrer sem crescimento, no entanto, o crescimento não garante por si só o desenvolvimento; o crescimento pode, da mesma forma, estimular o mau desenvolvimento, processo no qual o crescimento do PIB é

acompanhado de desigualdades sociais, desemprego e pobreza crescentes (SACHS, 2004, p. 71).

A adoção de um renovado princípio de sustentabilidade e o consequente fortalecimento do conceito de desenvolvimento sustentável têm um papel fundamental na superação da crise ambiental vivenciada em todo o mundo sob diferentes formas e em diversos graus de intensidade. Leff (2007, p. 22) adverte para o fato de que “diante da impossibilidade de assimilar as propostas de mudança que surgem de uma nova racionalidade (ambiental) para reconstruir as bases éticas e produtivas de um desenvolvimento alternativo, as políticas do desenvolvimento sustentável vão desativando, diluindo e deturpando o conceito de ambiente”.

Diante desta constatação mostra-se cada vez mais necessária e urgente a construção de um paradigma alternativo de sustentabilidade, no qual os recursos ambientais se convertam em potenciais capazes de reconstruir o processo econômico dentro de uma nova racionalidade produtiva, baseando-se na formulação de um projeto social formado por um tripé que inclui a produtividade da natureza, as autonomias culturais e a democracia participativa:

O princípio de sustentabilidade surge no contexto da globalização como a marca de um limite e o sinal que reorienta o processo civilizatório da humanidade. A crise ambiental veio questionar a racionalidade e os paradigmas teóricos que impulsionaram e legitimaram o crescimento econômico, negando a natureza. A sustentabilidade ecológica aparece assim como um critério normativo para a reconstrução da ordem econômica, como uma condição para a sobrevivência humana e um suporte para chegar a um desenvolvimento duradouro, questionando as próprias bases da produção (LEFF, 2007, p. 15).

O que se pretende, em última instância, é a construção de um paradigma ecoproductivo sustentável. A construção deste paradigma teria pelo menos duas contribuições de extrema relevância a oferecer (LEFF, 2007, p. 55):

a) Estabelecer novos equilíbrios ecológicos e dar bases de sustentabilidade ao processo econômico, equilibrando a produção negentrópica de recursos biológicos com a degradação entrópica dos processos tecnológicos;

b) Aliviar a pobreza e melhorar a qualidade de vida de uma população crescente através de um processo descentralizado de produção, aberto a diversos tipos de desenvolvimento, em harmonia com as condições ecológicas e culturais de cada região.

2.2 – Geografia Física, Teoria Geral dos Sistemas e Geoecologia da Paisagem

Os estudos relacionados às questões ambientais têm considerado, já de longa data, a abordagem sistêmica na estruturação de metodologias aplicadas que atendam às necessidades de planejamento, de forma que o meio natural, considerado como um sistema, seja analisado em sua estrutura e, principalmente, em sua dinâmica, tendo o homem como agente ativo nas relações intrínsecas com o meio ambiente.

A **Teoria Geral dos Sistemas** foi apresentada, pioneiramente, pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy, em 1937, durante o Seminário de Filosofia Charles Morris da Universidade de Chicago, tendo sido publicada somente após a Segunda Guerra Mundial. Ao comentar a gênese e a evolução do conceito de sistema, o precursor da teoria sistêmica assim se expressa:

Tal como se dá com qualquer nova idéia na ciência ou em outra atividade, o conceito de sistema tem uma longa história. Embora o termo “sistema” propriamente não tivesse sido empregado, a história deste conceito inclui muitos nomes ilustres. Sob a designação de “filosofia natural”, podemos fazê-lo remontar a Leibniz, a Nicolau de Cusa, com sua coincidência dos opostos, à medicina mística de Paracelso, à visão da história de Vico e Ibn-Kaldun, considerada como uma série de entidades ou “sistemas” culturais, à dialética de Marx e Hegel, para não mencionar mais do que alguns poucos nomes dentre uma rica panóplia de pensadores (BERTALANFFY, 2008, p. 30).

Apesar da história do conceito de sistema começar bem antes de sua formulação explícita na década de 1930, só recentemente se tornou visível a necessidade e a exequibilidade da abordagem da Teoria Geral dos Sistemas. Bertalanffy (2008, p. 31) destaca que tal necessidade “resultou do fato do esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes terem se mostrado insuficientes para atender aos problemas teóricos, especialmente nas ciências biossociais, e aos problemas práticos propostos pela moderna tecnologia”.

Saraiva (2005, p. 87) destaca que “a revolução científica promovida pelo conceito de sistema tem sua base na contradição deste com os postulados da ciência clássica, baseados no procedimento analítico”. Para ser considerada válida e poder ser aplicada de forma coerente, a ciência analítica hegemônica e vigente até então admitia a necessidade de satisfazer duas condições primárias: a) as interações entre as partes

deveriam ser desprezíveis ou mesmo nulas; b) as relações que descrevem seu comportamento deveriam ser lineares.

O atendimento simultâneo a essas duas últimas condições permite que as equações que descrevem o comportamento do todo sejam expressas da mesma forma que as equações que descrevem o comportamento das partes. Porém, Bertalanffy, ao sistematizar a Teoria Geral dos Sistemas, partiu do pressuposto que tais condições não necessitam ser satisfeitas pelas entidades denominadas sistemas, sendo estes constituídos por partes que interagem entre si:

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 2008, p. 53).

Um **sistema** pode ser definido como “um operador que, em determinado lapso de tempo, recebe o *input* e o transforma em *output*” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 01). A definição de sistema, portanto, pressupõe a existência de um conjunto de objetos ou atributos que se encontram organizados com o objetivo de executar uma função particular. Num sistema, as unidades possuem, necessariamente, relações entre si. As unidades possuem propriedades comuns, sendo o estado de cada uma delas controlado, condicionado ou mesmo dependente do estado das demais.

O conjunto de unidades de um sistema encontra-se, dessa maneira, organizado em função das inter-relações existentes entre cada uma delas, e o seu grau de organização permite que este conjunto represente um todo funcionalmente maior do que a simples soma de suas partes. Bertrand (2004, p. 148), ao comentar a adoção da categoria paisagem como recurso metodológico da Geografia Física segundo a perspectiva sistêmica, afirma que, “considerando a paisagem como uma entidade global, admite-se implicitamente que os elementos que a constituem participam de uma dinâmica comum que não corresponde obrigatoriamente à evolução de cada um dentre eles tomados separadamente”. Assim, verifica-se que:

Do ponto de vista da metodologia, o conceito de ecossistema se apoia num tipo de raciocínio elaborado pelos físicos há quase 200 anos e aplicado à termodinâmica. Lembraremos somente que um *sistema* é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de

matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema (TRICART, 1977, p. 19, grifo do autor).

Os sistemas, segundo Christofolletti (1979, p. 02-03), devem necessariamente possuir:

- **Elementos ou unidades:** são as partes componentes do sistema;
- **Relações:** os elementos integrantes do sistema encontram-se inter-relacionados, um dependendo dos outros, através de ligações que denunciam os fluxos;
- **Atributos:** são as qualidades que se atribuem aos elementos do sistema, a fim de caracterizá-los. Conforme o sistema, é possível selecionar algumas qualidades para melhor descrever as suas partes. Os atributos podem se referir ao comprimento, área, volume, características da composição, densidade dos fenômenos observados e outros;
- **Entrada (*input*):** é constituída por aquilo que o sistema recebe. Um rio recebe água e sedimentos fornecidos pelas vertentes; uma indústria recebe matéria-prima e energia para o seu funcionamento; a Terra recebe energia solar; um animal recebe alimentação. Cada sistema é alimentado por determinados tipos de entradas;
- **Saída (*output*):** as entradas recebidas pelo sistema sofrem transformações em seu interior e, depois, são encaminhadas para fora. Todo produto fornecido pelo sistema representa um tipo de saída.

A **estrutura** constitui um aspecto importante no estudo da composição dos sistemas. A estrutura do sistema “é constituída pelos elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus componentes” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 13). Assim, conclui-se que o elemento “é a unidade básica do sistema” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 13).

As estruturas dos sistemas possuem três características básicas (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 13-14):

- a) **Tamanho:** o tamanho de um sistema é determinado pelo número de unidades que o compõem.
- b) **Correlação:** a correlação entre as variáveis de um sistema expressa o modo pelo qual elas se relacionam.

c) Causalidade: a direção da causalidade mostra qual é a variável independente (variável que controla) e a variável dependente (variável que é controlada), de modo que a última só sofre modificações se a primeira se alterar.

Com relação ao **tamanho**, observa-se que o sistema pode ser considerado nas mais diversas escalas:

Qual o tamanho, grandeza ou magnitude, que o sistema deve possuir? A focalização de sistemas pode ser realizada em escalas as mais diversas. Os sistemas ecológicos naturais estudados pela Geografia Física apresentam variadas ordens de magnitude e complexidade. Podemos considerar o sistema terrestre de modo global – a geosfera –, em sua totalidade, um continente, uma região, um componente unitário da região, um indivíduo do mundo animal ou vegetal ou um sistema natural ao nível molecular. A separação e a distinção dos diversos níveis de sistemas são sempre arbitrárias, envolvendo a noção de *limiares*, no tocante ao nível de tratamento, e os mecanismos e estruturas de sua composição (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 04, grifo do autor).

No caso específico da Geografia, a partir de meados dos anos 1960 a abordagem ambiental no campo do pensamento geográfico moderno engaja-se na transformação da realidade, caracterizando-se pelo desenvolvimento de trabalhos “enfocando e tratando a natureza sob o ponto de vista da dinâmica natural das paisagens em interação com as relações sociais de produção” (MENDONÇA, 1996, p. 61).

Abandona-se a tradicional visão do ambiente, visto até então de forma descritiva e contemplativa, como um santuário que existe paralelamente à sociedade. Através do conceito de geossistema, a ação antrópica é inserida na análise ambiental no campo da Geografia, fazendo dela um dos elementos (componente ou sujeito) e não apenas um agente ou fator de análise da proposta sistêmica. Tem-se, assim, a possibilidade de enfocar e tratar a natureza sob o ponto de vista da dinâmica natural das paisagens em interação com as relações sociais de produção.

Existe uma estreita relação entre a **incorporação da abordagem sistêmica à Geografia** e a adoção de uma nova concepção de meio ambiente no âmbito desta ciência, o que se constituiu numa importante contribuição à superação dos problemas teórico-metodológicos postos até então:

A base teórico-metodológica está calcada nos princípios da análise sistêmica e no tratamento das informações referentes à natureza e à sociedade no contexto da integração de dados, combinados e inter-

relacionados, de forma que possibilite alcançar a concepção socioambiental de um determinado lugar, propiciando uma perspectiva holística da interação sociedade-natureza. É um tratamento de informações que contempla as relações da sociedade com a natureza, valorizando os aspectos das fisionomias, arranjos estruturais e funcionalidades socioambientais de uma determinada sociedade e como esta se apropria dos bens naturais e cuida da natureza. Nessa contextualização de formas, estruturas e processos, definem-se os modos como cada fragmento da superfície terrestre responde às intervenções humanas em função dos fluxos naturais de energia e matéria estabelecidos pela natureza, de um lado, e, de outro, as modificações das intensidades desses fluxos energéticos decorrentes das ações humanas nos componentes da natureza (ROSS, 2006, p. 198).

A abordagem sistêmica pode efetivamente oferecer uma metodologia unificadora, contribuindo para “melhorar a Geografia Física, corrigindo o excesso unilateral da atitude analítica, do qual sofreu, isolando-se cada vez mais das outras ciências e permanecendo uma disciplina por demais acadêmica” (TRICART, 1977, p. 19). Essa abordagem unificadora e integradora pode ser considerada como um avanço teórico-metodológico, pois “envolvida no passado com problemas continuamente complicados inerentes a outros ramos, tais como os hidrológicos, geomorfológicos e outros, a Geografia Física automaticamente divorciou-se de sua principal concepção – a conexão da natureza com a sociedade humana” (SOTCHAVA, 1977, p.05).

Marques Neto (2008, p. 253) considera ser inegável a afirmação de que “a abordagem sistêmica contribuiu para o avanço metodológico da Geografia Física, que avança de um caráter separativo e setorizado para tentativamente munir-se de uma perspectiva dinâmica integrativa no estudo dos fenômenos geográficos”. Sotchava (1977, p. 03) ressalta que “o reconhecimento do estudo de geossistemas como o núcleo da moderna Geografia Física (sem antigas subdivisões que procurem lugar independente no rol das Ciências da Terra) não deixa margem a qualquer dúvida, de vez que é capaz de impulsionar o progresso de nossa ciência”.

A concepção sistêmica do meio ambiente é considerada por alguns como o melhor instrumento teórico-metodológico para o estudo de seus problemas:

O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensinar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. Ainda

mais, o conceito de sistema é, por natureza, de caráter dinâmico e por isso adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação – o que não é o caso de um inventário, por natureza estático (TRICART, 1977, p. 19).

O paradigma sistêmico na Geografia insere-se na própria necessidade de reflexão sobre a apreensão analítica do complexo ambiental, através da evolução e interação de seus componentes socioeconômicos e naturais no *conjunto* de sua organização espaço-temporal, sendo neste contexto que surgem as propostas de cunho sistêmico e sua fundamentação integrada da abordagem do objeto de estudo, e do entendimento do todo (sistema) e de sua inerente complexidade (VICENTE E PEREZ FILHO, 2003, p. 334-335, grifo dos autores).

A análise do processo de incorporação da abordagem sistêmica nos estudos geográficos mostra que “a forma sistêmica de pensamento foi adotada sucessivamente pela Biogeografia, Geografia dos Solos, Climatologia e Geomorfologia” (GREGORY, 1992, p. 18), sobretudo a partir da gradual tomada de consciência por parte dos geógrafos de que, da mesma forma como ocorreu com a ecologia, “um efeito idêntico de fertilização pode ser proveitoso para a Geografia Física, cujos diversos ramos oferecem uma imagem de pulverização estéril” (TRICART, 1977, p. 19).

Esse processo, segundo Gregory (1992, p. 18), estendeu-se durante um período de 35 anos, entre 1935 e 1971, quando foi publicada pela primeira vez a obra *Physical Geography: A systems approach*, de autoria de Richard Chorley e Barbara Kennedy. De fato, seria de se admirar que a Teoria Geral dos Sistemas, lançada no início da década de 1950 por Bertalanffy e rapidamente extravasada da Biologia para os mais diversos ramos do conhecimento, já na década de 1960 não viesse a ser aplicada também na Geografia, “sobretudo porque já estavam em franca expansão os reclamos por teoria e quantificação” (MONTEIRO, 2000, p. 30).

Porém, a incorporação dessas ideias cresceu exponencialmente e foi mais significativa entre 1965 e 1975. Ao comentar a incorporação da teoria sistêmica na Geografia, Rodrigues (2001 p.72) ressalta que “sua penetração foi muito maior na área da Geografia Física, tendo em vista que sua abordagem positivista e sua natureza preferencialmente indutiva acabaram por inibir até mesmo a utilização de suas ideias centrais na Geografia Humana”.

Alguns autores admitem até mesmo que o estudo dos sistemas ambientais físicos, ou seja, dos geossistemas, constitui o campo de ação próprio da Geografia Física, cabendo à Geografia Humana o estudo dos sistemas socioeconômicos:

A Geografia Física, como subconjunto da disciplina Geografia, preocupa-se com o estudo da organização espacial dos *sistemas ambientais físicos*, também denominados de *geossistemas*. Como a expressão concreta na superfície terrestre constitui a relevância espacial para a análise geográfica, torna-se necessário que os componentes do geossistema surjam ocupando territórios, que sejam visualizados em documentos tais como fotos aéreas, imagens de radar e de satélites e outros documentos, sendo sensíveis à observação visual. Deve-se também distinguir as fontes fornecedoras de energia e matéria, responsáveis pela dinâmica do sistema, e as redes de circulação envolvidas nos processos de interação, servindo de canais aos fluxos (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 41).

El objeto fundamental de la Geografía Física, creemos ha de centrarse de manera muy clara y concreta, en el estudio e investigación de las *Unidades Naturales* con los procesos y variables que las definen, las cuales pueden hallarse en equilibrio o sometidas a una cierta y determinada evolución.

En uno u otro caso, estas *Unidades Naturales*, no serán nunca estáticas; si están en equilibrio, éste no es estático, sino que gozarán de una dinámica interna propia que, precisamente, definirá a este equilibrio con toda una serie de procesos que compensan los balances energéticos, parámetro éste que, al no sufrir variaciones globales apreciables, es el que determina el estado de equilibrio. Si por el contrario, la *Unidad Natural*, se ve sometida a una cierta evolución, existirá un proceso transformador que la conducirá de un cierto estado de equilibrio, repetimos de carácter dinámico, a otro estado, también equilibrado, en el que, respecto al primero, habrá perdido o ganado una cierta cantidad de energía.

Finalmente, la actividad antropica sobre el medio natural, lo hace reaccionar y lo transforma por el efecto de adición o sustracción de una cierta cantidad de energía no natural; desencadenando todo un cúmulo de procesos que nos llevarán a unidades de características diferentes de las que tendrían de no haber existido dicha actividad antrópica (JARDÍ, 1990, p. 47-48, grifos do autor).

A busca pela integração dos diversos elementos que compõem os sistemas naturais culminou com o surgimento, no âmbito da Geografia, do conceito de **geossistema**. Na verdade, pode-se afirmar que “a teoria geossistêmica faz parte de um conjunto de tentativas ou de formulações teórico-metodológicas da Geografia Física, surgidas em função da necessidade de a Geografia lidar com os princípios de *interdisciplinaridade*, *síntese*, com a *abordagem multiescalar* e com a *dinâmica*,

fundamentalmente, incluindo-se prognoses a respeito desta última” (RODRIGUES, 2001, p. 72, grifos da autora).

Christofolletti (1999, p. 42) afirma que a proposta ligada ao uso do termo geossistema possui uma história, pois o russo Sotchava “introduziu o termo geossistema na literatura soviética com a preocupação de estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, enfocando aspectos integrados dos elementos naturais numa entidade espacial em substituição aos aspectos da dinâmica biológica dos ecossistemas”.

Assim, o geossistema pode ser entendido também como uma entidade de organização do meio ambiente:

De modo preliminar pode-se mencionar que os geossistemas, também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos). É o campo de ação da Geografia Física. Os sistemas ambientais físicos possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionando através da interação areal dos fluxos de matéria e energia entre os seus componentes. Assim, os ecossistemas locais são integrados nessa organização mais abrangente e de maior complexidade hierárquica (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 37).

Christofolletti (1999, p. 42) afirma ainda que os geossistemas, também denominados de **sistemas ambientais físicos**, “representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos), possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através dos fluxos de energia e matéria, dominante numa interação areal”. As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, a estrutura conceitual da organização espacial e o seu envolvimento com disciplinas subsidiárias e a estruturação do geossistema e do sistema socioeconômico:



Figura 1: Estrutura conceitual da organização espacial e envolvimento com disciplinas subsidiárias.

Fonte: Christofolletti (1999, p. 41).

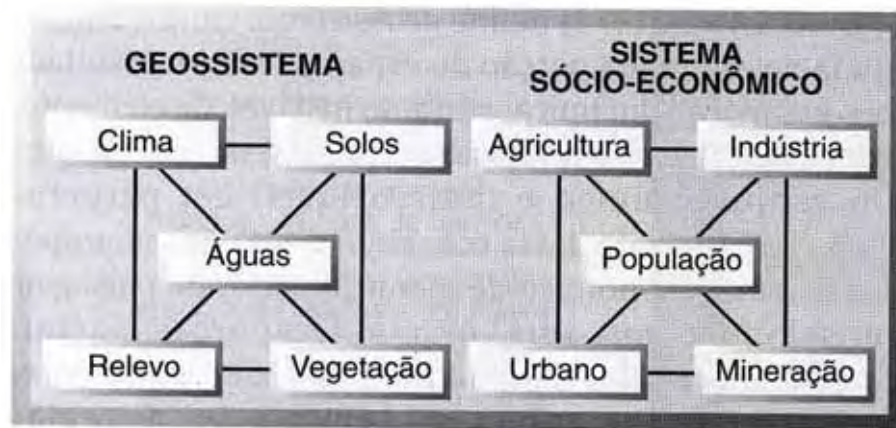


Figura 2: Estruturação do geossistema e do sistema socioeconômico.

Fonte: Christofolletti (1999, p. 41).

O conceito de geossistema está estreitamente vinculado ao conceito de **paisagem** e surgiu a partir da necessidade de operacionalização deste último. Troppmair (2004, p. 07), por exemplo, afirma que “a estrutura, as inter-relações e a dinâmica que ocorrem em determinada área formando um Geossistema, dão a feição, a fisionomia daquele espaço, que é a própria paisagem vista como sistema, como unidade real e integrada”.

Já Bertrand (2004, p. 148) ressalta que “o sistema de evolução de uma unidade de paisagem, um geossistema, por exemplo, reúne todas as formas de energia, complementares ou antagônicas que, reagindo dialeticamente umas em relação às outras, determinam a evolução geral dessa paisagem”. Marques Neto (2008, p. 246) afirma que “a viabilidade e necessidade de mapeamento de diferentes paisagens e dos

fenômenos que ocorrem em seu interior exigem que tal categoria seja considerada uma entidade concreta e discernível no espaço segundo uma lógica sistêmica”.

Bertrand (2004, p. 142) afirma que a paisagem deve ser estudada a partir da abordagem conjunta de problemas de taxonomia, de dinâmica, de tipologia e de cartografia. De fato, o que se verifica é que “a Geografia Física, com a incorporação da Teoria Geral dos Sistemas em seu arcabouço teórico-metodológico, passa assumidamente a estudar a paisagem segundo sua dinâmica, apontando sempre para sua funcionalidade e com interesse na organização derivada do jogo de interações e interdependências entre os atributos constituintes” (MARQUES NETO, 2008, p. 243).

Um aspecto importante desse processo é que, ao incorporar a abordagem sistêmica, a paisagem adquire uma dimensão lógica e concreta, passando a ser considerada em sua dimensão escalar, o que a torna passível de espacialização. Referindo-se à paisagem, Marques Neto (2008, p. 246) afirma que “ao mesmo tempo em que a categoria de análise em apreço é regida por uma lógica sistêmica, ela também é uma unidade espacial relativamente homogênea em seus caracteres e processos naturais e antrópicos atuantes, sendo, portanto, possível de ser convertida em documentos cartográficos”.

Alguns autores definem a paisagem, no âmbito da Geografia, como sinônimo de natureza:

E a natureza? A natureza na Geografia vem sendo representada ao longo dos tempos como paisagem natural ou como geossistemas. Ambas procuram representar uma concepção e uma abordagem da natureza pela Geografia. No entanto a abordagem da natureza pela Geografia perdeu seu caráter holístico, proposto na conceituação de paisagem natural e mesmo em georelevo. Assim, o tratamento da natureza pela Geografia se faz de maneira atomizada e desarticulada. A geração da paisagem é o resultado imediato da intencionalidade humana na superfície terrestre. Seja ontem ou hoje, por meio dos mais variados meios técnicos e científicos, a sociedade imprime sua marca no espaço que fica registrada na paisagem. Assim, a paisagem é uma representação do espaço. Na Ciência Geográfica e particularmente na Geografia Física, a paisagem passa a ser o sinônimo de natureza (VITTE, 2007, p. 77).

A incorporação do homem na paisagem também se deu de forma gradual ao longo da evolução sofrida por esse conceito no âmbito da Geografia. Schier (2003, p. 85) ressalta que “para a esfera da Geografia Física já se percebe uma grande mudança ao se focar a problemática da paisagem, levando em conta o homem, muito embora

possa aparecer de forma denotativa e funcional, enquanto para a Geografia Cultural, há algum tempo, as paisagens são conotativas, cheias de valores subjetivos e relacionados às culturas”. Já Delpoux (1974, p. 05) define a paisagem como “a entidade espacial correspondente à soma de um tipo geomorfológico e de uma cobertura no sentido mais amplo deste termo (da floresta à aglomeração e à zona industrial passando pelas culturas ou superfícies aquáticas)”.

Maximiano (2004, p. 87) afirma que “entre os geógrafos há um consenso de que a paisagem, embora tenha sido estudada sob ênfases diferenciadas, resulta da relação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos. E que ela não é apenas um fato natural, mas inclui a existência humana”. Num esforço de síntese, e considerando os conceitos das diversas épocas e áreas de conhecimento, Maximiano (2004, p. 90) enumera algumas características da paisagem, considerada como objeto de interesse da pesquisa ou como método de estudo:

- O aspecto visual;
- A complexidade de inter-relações entre os elementos físicos e destes com os elementos culturais;
- A possibilidade de cartografar a paisagem, já que a mesma ocupa um lugar;
- A diversidade da escala da paisagem - do local ao planetário;
- A possibilidade de classificar paisagens em unidades diferenciadas ou homogêneas;
- A possibilidade de classificar paisagens com ênfase em um elemento de sua composição - vegetação, clima ou cultura;
- O caráter dinâmico das paisagens;
- A possibilidade de análise por meio dos elementos, estrutura e/ou funcionamento da paisagem.

Ainda sobre as características da paisagem, pode acrescentar que:

Repasados diferentes conceptos de Paisaje, vemos queda ya totalmente superado el considerarlo como la simple percepción visual de un determinado espacio físico más o menos natural o más o menos humanizado. Si analizamos un poco el concepto definido por la Dra. de Bolós, podemos comprobar que considera al Paisaje como una porción de terreno, por lo que tendrá unos límites bien definidos y, por tanto, cartografiable, con una dinámica propia y diferenciada del entorno; que lo supone inestable y que, además, evoluciona en bloque reafirmando así la idea de unidad paisajística y diferenciando de forma clara y precisa los dos conceptos: Geografía Física y Paisaje que,

desde aquí, por contra, propugnamos su identificación como conceptos similares (JARDÍ, 1990, p. 53).

A Figura 3 apresenta o modelo de paisagem no contexto ecológico:

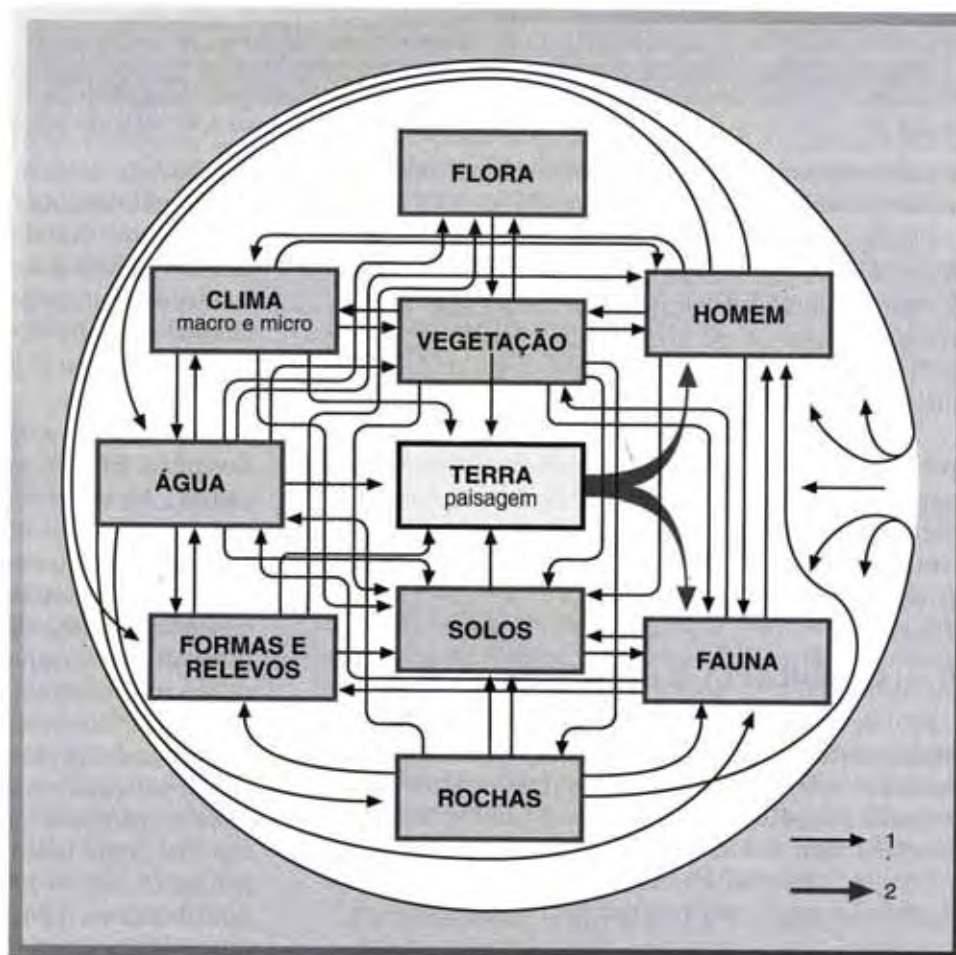


Figura 3: Modelo de paisagem no contexto ecológico. As linhas assinaladas em 1 indicam relações de dependência em graus diversos, enquanto a linha em 2 indica as duas principais retroalimentações (adaptado de Zonneveld, 1979).

Fonte: Christofletti (1979, p. 39).

É importante ressaltar que, embora estejam estreita e intrinsecamente relacionados, **paisagem e geossistema não são sinônimos**. Enquanto o geossistema pode ser definido como “la combinación de un geoma o subsistema abiótico (litomasa, aeromasa, hidromasa), un bioma o ecosistema (biomasa) dentro del que creemos debe de incluirse al hombre y un subsistema socioeconómico, creado por la sociedad humana” (BOLÓS I CAPDEVILA, 1981, p. 51), a paisagem é definida como “una porción de espacio geográfico concreto que se ajusta al modelo geosistema” (BOLÓS I CAPDEVILA, 1981, p. 57).

Já Troppmair e Galina (2006, p. 81) afirmam que “o Geossistema é um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem”, ao passo que a “paisagem é um fato concreto, um termo fundamental e de importante significado para a Geografia, pois a paisagem é a fisionomia do próprio Geossistema” (TROPPMAIR e GALINA, 2006, p. 82).

Mateo Rodrigues e Silva (2002, p. 96) ressaltam que “a concepção sobre a paisagem como uma totalidade dialética de base natural foi desenvolvida principalmente na União Soviética, e posteriormente em outros países do mundo socialista”, o que pode ser explicado, segundo os autores, por dois motivos principais:

- a) A utilização do marxismo-leninismo como doutrina oficial que privilegia a análise dialética das totalidades e das interações dos fenômenos;
- b) A necessidade da construção socialista sustentada no planejamento centralizado, que precisava do conhecimento das unidades naturais integradas, a fim de poder transformá-las e dominá-las.

A **análise integrada da paisagem**, na qual o estudo da paisagem é realizado segundo os pressupostos da teoria sistêmica, foi desenvolvido no âmbito da chamada **Geoecologia da Paisagem**. Desde a segunda metade do século XX o geógrafo alemão Carl Troll havia proposto a criação da Geoecologia da Paisagem, centralizada no estudo dos aspectos espaciais e funcionais da paisagem. Por isso mesmo, Mateo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007, p. 20) ressaltam que, “a partir da reconceitualização da Ecologia, com a incorporação da dimensão espacial, desenvolveu-se fundamentalmente dentro das ciências biológicas a Ecologia da Paisagem, como uma sinecologia geográfica que dedica-se ao estudo das relações entre os organismos ou as biocenoses e o entorno e seus fatores ambientais”.

A respeito da Geoecologia da Paisagem, afirma-se que:

A concepção científica sobre a Geoecologia da Paisagem, como base para o planejamento ecológico do território, será analisada como um sistema de métodos, procedimentos e técnicas de investigação, cujo propósito consiste na obtenção de um conhecimento sobre o meio natural, com os quais pode-se estabelecer um diagnóstico operacional (MATEO RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 13).

Nessa perspectiva, diversas ciências são relevantes para a formação de um referencial holístico no estudo da paisagem, destacando-se a Geografia e a Ecologia. Na escola germânica de Geografia Física, Carl Troll define, em 1950, o que vem a ser o casamento entre essas duas ciências que mais abordam o estudo da paisagem, através do conceito de “Ecologia da Paisagem”. Incorporando a abordagem funcionalista, Troll (1997) faz questão de marcar uma concepção interativa do todo (holística), onde o autor assinala o enfoque funcional como resultado da observação de que todos os geofatores, inclusive a economia e a cultura humana, se encontram em interação. Para o autor, a compreensão dessa interação incorpora o desenvolvimento de abordagens sistemáticas, que mesmo tendo como base uma ideia de regionalização, via identificação de estrutura da paisagem, retoma uma espécie de visão orgânica do todo. O conceito de ecossistema na Geografia proposta por ele ganharia uma dimensão espacial, traduzindo-se em “células da paisagem” ou “ecótopos”, que são as divisões mínimas da paisagem geográfica (TROLL, 1997) (GUERRA e MARÇAL, 2006, p. 111).

O suporte teórico de geossistema, tanto para os russo-soviéticos como para os franceses, está na noção da “paisagem ecológica”, introduzida por Troll a partir do final da década de 1930 e na ampliação do termo e conceito de ecossistema de Tansley em 1935, que se desenvolveram nas décadas de 1940/1950 e alavancaram a Geografia Física dos russos e franceses nas décadas seguintes. A abordagem geográfica de “paisagem ecológica” ou, como foi designada mais tarde, de Geoecologia, é o estudo da paisagem sob o ponto de vista ecológico. As paisagens são individualizadas em ecótopos, que são unidades comparáveis a ecossistemas, em que se reagrupam todos os elementos da paisagem, inclusive os de origem antrópica (ROSS, 2006, p. 28-29).

Os princípios metodológicos que fundamentam a investigação geoecológica da paisagem são determinados pela concepção dialética sobre a interação entre as condições naturais e a produção social. Por outro lado, a análise histórico-natural constitui a base fundamental de aquisição do conhecimento relativo à gênese, ao desenvolvimento e à diferenciação espacial e temporal das paisagens.

Tendo-se em conta que a análise da paisagem “é o conjunto de métodos e procedimentos técnico-analíticos que permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem, estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados, os processos de formação e transformação da paisagem e a pesquisa das paisagens naturais, como sistemas manejáveis e administráveis” (MATEO RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 40), pode-se afirmar que o esquema metodológico para análise geoecológica da paisagem é o seguinte:

- Estudo da organização paisagística, classificação e taxonomia das estruturas paisagísticas, conhecimento dos fatores que formam e transformam as paisagens, que inclui a utilização dos enfoques estrutural, funcional e histórico-genético;
- Avaliação do potencial das paisagens e tipologia funcional, que inclui o cálculo do papel dos fatores antropogênicos através dos tipos de utilização da Natureza, dos impactos geoecológicos das atividades humanas, das funções e cargas econômicas;
- Análise de planificação e proteção das paisagens, que inclui a tecnologia de utilização das paisagens e a análise de alternativas tendo por base a prognose;
- Organização estrutural-funcional direcionada à otimização das paisagens;
- Perícia ecológico-geográfica e monitoramento geossistêmico regional.

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos enfoques e dos métodos de análise da paisagem:

Quadro 1 – Enfoque e métodos de análise da paisagem			
Princípios	Conceitos básicos	Métodos	Índices
Estrutural	Estruturas das paisagens: monossistêmica e parassistêmica. Estrutura horizontal e vertical, geodiversidade.	Cartografia das paisagens, classificação quantitativo-estrutural, tipologia e regionalização.	Imagem, complexidade, forma dos contornos, vizinhança, conexão, composição, integridade, coerência e configuração geoecológica.
Funcional	Balanço de EMI, interação de componentes, gênese, processos, dinâmica funcional, resiliência e homeostase.	Análise funcional, geoquímica, geofísica e investigações estacionais.	Função, estabilidade, solidez, fragilidade, estado geoecológico, capacidade de auto-manutenção, auto-regulação e organização, equilíbrio.
Dinâmico-evolutivo	Dinâmica temporal, estados temporais, evolução e desenvolvimento.	Retrospectivo, estacional, evolutivo e paleogeográfico.	Ciclos anuais, regimes dinâmicos, geomassa, geohorizonte, idade e tendências evolutivas.
Histórico-antropogênico	Antropogênese, transformação e modificação das paisagens.	Histórico e análise antropogênica.	Índices de antropogênese, cortes histórico-paisagísticos, perturbações, tipos de modificação e transformação humana (paisagens contemporâneas, trocas, hemerobia).
Integrativo	Sustentabilidade geoecológica das paisagens; paisagem sustentável.	Análise paisagística integral.	Suporte estrutural, funcional, relacional, evolutivo e produtivo das paisagens; categorias de manejo da sustentabilidade da paisagem.

Fonte: Mateo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007, p. 48).

A definição de **unidades geoecológicas** constitui um aspecto fundamental da análise integrada da paisagem. As unidades geoecológicas ou unidades geoambientais representam a individualização, a tipologia e as unidades regionais e locais da paisagem.

A regionalização e a tipologia são fundamentais para a análise paisagística regional, constituindo a base das propriedades espaço-temporais dos complexos territoriais que se reproduzem pela influência dos fatores naturais e antropogênicos.

Enquanto a regionalização, de forma geral, consiste no procedimento científico de determinar o sistema de divisão territorial de unidades espaciais de qualquer tipo (administrativas, econômicas, naturais, etc.), a regionalização físico-geográfica, geoecológica ou de paisagens, mais especificamente, “consiste na análise, classificação e cartografia dos complexos físico-geográficos individuais, tanto naturais quanto modificados pela atividade humana e a compreensão de sua composição, estrutura, relações, desenvolvimento e diferenciação” (MATEO RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 66-68).

O critério de distinção dos complexos físico-geográficos não é a semelhança, mas sim a inseparabilidade, as relações espaciais e o desenvolvimento histórico. Cada unidade tem seu próprio nome e uma única área territorial. Tais unidades podem ser assim definidas:

Cada uma das unidades das paisagens caracteriza-se por uma determinada interação entre os componentes naturais, na qual origina-se o processo de desenvolvimento. Isto determina a homogeneidade relativa de suas propriedades naturais e a estabilidade das inter-relações estruturais. A propriedade mais importante do complexo individual é a unicidade relativa de sua estrutura, tanto morfológica como funcional; do caráter das inter-relações e interações entre os componentes naturais. Portanto, para complexo individual é característico um sistema individual, inter-relacionado, de unidades tipológicas (tipos, classes, espécies de paisagens, etc.) (MATEO RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 68).

Em relação à tipologia da paisagem, verifica-se que o procedimento científico de tipificação consiste na determinação do sistema de divisão territorial de objetos semelhantes ou análogos, de acordo com determinados traços comuns.

As paisagens podem ser classificadas de acordo com o caráter de sua estrutura morfológica, de sua gênese, de sua designação e das possibilidades de utilização funcional, através de um processo que pode ser assim sintetizado:

A classificação da paisagem deve refletir o nível de estado do território e, simultaneamente, o grau de sua diferenciação espacial. A tipologia da paisagem é ainda um instrumento científico que contribui para a utilização em planejamento e projeções das ideias geoecológicas (MATEO RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 77).

A execução da tipologia da paisagem de qualquer território deve ser fundamentada nos princípios da existência objetiva dos “tipos” geográficos, da integridade e diferenciação, da repetibilidade, da semelhança substancial estrutural-morfológica, da homogeneidade relativa e da complexidade (MATEO RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 78).

Apesar de ter sido formulada no contexto da escola russa de Geografia, através de Viktor Borisovich Sotchava, que propôs o conceito de geossistema e dele se utilizou em um estudo pioneiro publicado em 1962, a teoria geossistêmica foi difundida no mundo ocidental pela escola francesa, por iniciativa de Georges Bertrand, ainda na mesma década, a partir de artigo publicado em 1968. Estes autores foram os responsáveis por desenvolver as primeiras propostas para a análise integrada da paisagem segundo os fundamentos teórico-metodológicos da Teoria Geral dos Sistemas.

Viktor Sotchava se utilizou de toda a teoria sobre paisagens elaborada pela Escola Russa a fim de incorporar a Teoria Geral dos Sistemas nos estudos geográficos. Assim, para Sotchava, “a paisagem era considerada como uma formação sistêmica, formada por cinco atributos sistêmicos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação” (MATEO RODRIGUES e SILVA, 2002, p. 96), no contexto de um novo arcabouço teórico-metodológico no qual, pela primeira vez, a análise espacial (própria da Geografia Física) articulava-se com a análise funcional (própria da Ecologia Biológica).

Pode-se afirmar que “a necessidade de operacionalizar o conceito de paisagem com fins de gestão territorial levou os geógrafos russos a desenvolverem o conceito de geossistema” (MAXIMIANO, 2007, p. 88). Sotchava empenhou-se em formular uma teoria de classificação dos geossistemas da vida terrestre. Christofolletti (1999, p. 42) afirma que, para Sotchava, “os geossistemas são sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa mobilidade cada vez maior sob a influência do homem”. Assim, o elemento básico para a classificação é o espaço e tudo o que nele está contido em integração funcional.

É importante destacar que Sotchava “introduziu o termo geossistema na literatura soviética com a preocupação de estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, enfocando aspectos integrados dos elementos naturais numa entidade espacial em substituição aos aspectos da dinâmica biológica dos ecossistemas” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42). Sendo assim, constata-se claramente que o geossistema possui algumas características específicas que o distinguem claramente do ecossistema:

Geossistemas abrangem complexos biológicos, possuem uma organização de sistemas mais complicada e, em comparação com os ecossistemas, têm capacidade vertical consideravelmente mais ampla. Geossistemas são policêntricos, sendo-lhe peculiares alguns componentes críticos, um dos quais é, geralmente, representado pela biota. De qualquer modo, mesmo nos casos em que este ou aquele ecossistema coincide, espacialmente, com o seu geossistema adequado, as abordagens de um geógrafo e de um ecologista são diferentes: para o geógrafo, é universal; para o ecologista, especializado (SOTCHAVA, 1977, p. 17).

A Figura 4 apresenta os esquemas estruturais de geossistema e de ecossistema:

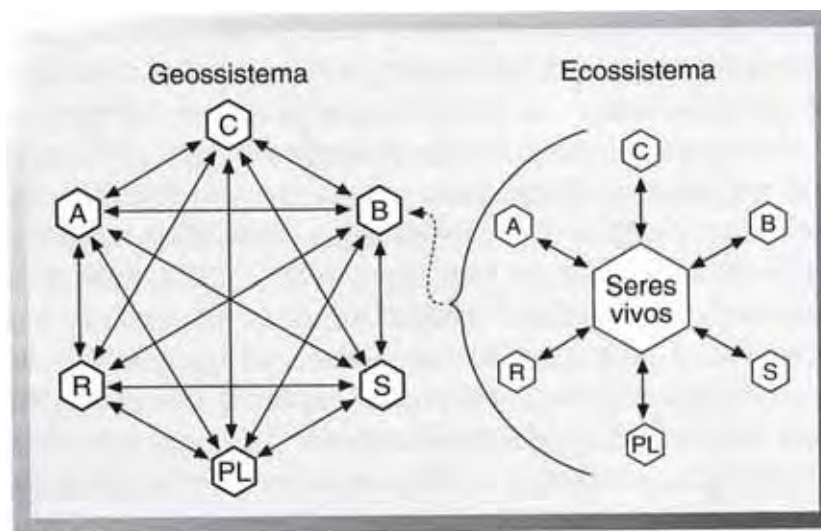


Figura 4: Esquemas estruturais de geossistema e ecossistema, conforme S. Preobrajenski (adaptado de Haase, 1976) – C = Clima; A = Água; R = Relevo; B = Biosfera; S = Sociedade; PL = Pedosfera e Litosfera.

Fonte: Christofolletti (1999, p. 42).

Christofolletti (1999, p. 42) ressalta que, “para Sotchava, a principal concepção do geossistema é a conexão da natureza com a sociedade, pois embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais influenciando sua

estrutura e particularidades especiais são levados em consideração durante sua análise”. Assim, apesar de reconhecer o geossistema como um fenômeno natural, Sotchava admite que os parâmetros econômicos e sociais influenciam as mais importantes conexões dentro do geossistema, principalmente nas paisagens mais intensamente modificadas pelo homem, o que permite concluir que “as ditas paisagens antropogênicas nada mais são do que estados variáveis de primitivos geossistemas naturais, podendo ser referidos à esfera de estudo do problema da dinâmica da paisagem” (SOTCHAVA, 1977, p. 07).

Considera-se que, independentemente da ação e da presença humana, a natureza físico-biológica do sistema terrestre organiza-se ao nível dos ecossistemas e dos geossistemas; “todavia, essas abordagens passam a integrar e considerar as interferências das atividades humanas, que são fatores influenciando nas características e nos fluxos de matéria e energia, modificando o equilíbrio natural dos ecossistemas e geossistemas” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 44).

Sotchava (1978, p. 02), depois de reconhecer que “sistematizar o parcelamento do meio natural é um requisito indispensável à solução de muitos problemas geográficos, tais como a elaboração de cartas de paisagens”, propõe uma teoria de classificação dos geossistemas de vida terrestre. Assim, do ponto de vista geográfico, a classificação comporta três escalas: **topológica**, **regional** e **planetária**. Numa escala decrescente de categorias, Sotchava distingue **geossistema**, **geócoros**, **geômeros** e **geótopos**, dentro de uma perspectiva conceitual que engloba a abordagem taxo-corológica tradicional inserida na literatura soviética dedicada aos estudos das categorias de complexos geográficos naturais. Além das três escalas de grandeza, os geossistemas são identificados também a partir dos **princípios da homogeneidade e da diferenciação**.

Os geossistemas com **estrutura homogênea** são denominados de **geômeros**, ao passo que os geossistemas com **estrutura diferenciada** são denominados de **geócoros**. O Quadro 2 apresenta a divisão taxonômica do geossistema, tal como proposto por Sotchava:

Quadro 2 – Divisão taxonômica do geossistema		
Fileira dos geômeros	Ordem dimensional	Fileira dos geócoros
Perspectiva dos tipos do meio natural (perspectivas dos tipos “landschafts”)	Planetário	Zona físico-geográfica
Tipos do meio natural (tipos de landschafts)		Grupo de regiões físico-geográficas
Classe de geomas		Subcontinentes
Subclasse dos geomas	Regional	Regiões físico-geográficas
Grupo dos geomas		Com latitudes zonais
Subgrupo dos geomas		Com zoneamento vertical
Geoma		Subzona natural
Classe fácies		Província
Grupo fácies	Topológico	Distrito (okrug) (macrogeócoro)
Fácies		Topogeócoro (zonas)
Áreas homogêneas elementares (biogeocenose)		Mesogeócoro (zonas)
		Microgeócoro (grupos determinados)
		Áreas diversificadas elementares

Fonte: Sotchava (1978, p. 22).

A classificação bilateral dos geossistemas, sistematizando as interconexões entre geômeros e geócoros, apresenta vantagens:

O reconhecimento do princípio dual do geossistema – com estrutura homogênea (geômero) e de diferentes qualidades integrativas (geócoros) – é um pré-requisito necessário para sua sistematização. Tanto geômeros quanto geócoros constituem inteirezas: o primeiro com qualidade estrutural homogênea, e o último, diversificada. Em sua totalidade, caracterizam a estrutura das paisagens da Terra. Um geócoro elementar é o menor constituinte dessa estrutura (unidade espacial elementar no complexo dos fenômenos naturais). Localiza-se numa área pequena e está combinado, no espaço, com geômeros elementares de outro tipo, constituindo em conjunto um geócoro elementar. O geômero elementar não é apenas uma noção morfológica: representa o *aparatus* energético inicial e o metabolismo material na geosfera. Esse *aparatus* age apenas como parte de um geócoro elementar, contra o *background* de geossistemas de categoria superior que o influenciam. A hierarquia da estrutura no campo das paisagens – um importante argumento na classificação e suas subdivisões – é determinada por esse fato.

A taxonomia dos geossistemas, a que nos propusemos, é construída segundo duas classes: uma de geômeros e outra de geócoros. (...). Essas classes, ao mesmo tempo em que são independentes, também se intercondicionam em liames nodais. Nos limites da ordem planetária de geossistemas, as seqüências de tipos de ambientes naturais (por exemplo, paisagens do cinturão extratropical do hemisfério norte) são adequadas às zonas físico-geográficas. As subclasses de geômeros, muito frequentemente, se avizinham dentro dos domínios das regiões físico-geográficas. Em relação aos geômeros propriamente ditos, as

peculiaridades a eles inerentes, ora dentro dos limites de uma zona ou subzona, ora em províncias ou grupos de províncias em montanhas. Tem-se como regra que as peculiaridades estruturais inerentes à fácies são mantidas dentro dos domínios de um macrogeócoro definido.

Assim, podemos formular a conclusão geral segundo a qual a estrutura de um geômero é sempre condicionada pela combinação de feições do espaço terrestre de um dado geócoro (SOTCHAVA, 1977, p. 26-28).

Em relação à abrangência territorial das escalas em que se apresentam os geossistemas no contexto da classificação proposta por Sotchava, verifica-se que:

Devemos chamar a atenção que este autor ao criar o termo GEOSSISTEMA o fez com base na vivência, na pesquisa e na interpretação do espaço geográfico do seu país, a Ex-União Soviética. Portanto o Geossistema para este geógrafo (e para os alemães da antiga Alemanha Oriental DDR) abrange sempre áreas com centenas e mesmo milhares de quilômetros quadrados. A literatura geográfica das escolas russa e alemã deixa claro que o Geossistema funciona em escala regional. Transferindo estas escalas para o nosso país, também extremamente grande, podemos exemplificar como Geossistemas as Planícies Costeiras, (do sul, do centro ou do norte de um estado ou do país), o Planalto Meridional ou Planalto Central. Dentro desses, as superfícies aplainadas, mais o conjunto de encostas com vales, com centenas de quilômetros quadrados, formam geofácies, e estes novamente subdivididos, como o fundo de um vale ou uma encosta, formam os geótopos. Mesmo esta última divisão (geótopo) abrange áreas de muitos, até dezenas de quilômetros quadrados (TROPPMAIR e GALINA, 2006, p. 80).

A despeito das incontestes dificuldades e possíveis limitações, Monteiro (2000, p. 47-48) apresenta os méritos da contribuição de Sotchava:

- O geossistema é uma tentativa de melhoria na investigação em Geografia Física;
- A modelização dos geossistemas à base de sua dinâmica espontânea e antropogênica e do regime natural a elas correspondente permite acima de tudo, promover uma maior integração entre o natural e o humano (estudo das relações homem-natureza);
- Proporcionou a precisa distinção entre os conceitos de ecossistema e geossistema;
- Os esforços dirigidos para a compreensão dinâmica dos geossistemas como meio de atingir-se a prognose geográfica;

- A relevância para as avaliações de qualidade ambiental e para o aprimoramento da aplicação da Geografia no planejamento.

Vicente e Perez Filho (2003, p. 342) apontam as diversas contribuições dadas pela aplicação dos conceitos sistêmicos à Geografia e, através dela, aos estudos ambientais, entre as quais destacam-se:

- A constituição de um método unificador para a Geografia;
- A apreensão das estruturas da superfície terrestre de forma integrada;
- O aprimoramento de uma proposta de trabalho científico multidisciplinar;
- O desenvolvimento de técnicas e de métodos estatísticos e cartográficos voltados à análise espacial;
- O aprimoramento dos conceitos de gestão e de planejamento territoriais sob uma perspectiva ambiental.

Sotchava (1977, p. 06) afirma, finalmente, que “a concepção de geossistemas adquire um especial significado: confere precisão aos limites entre a Geografia Física e as outras disciplinas geográficas definindo, ao mesmo tempo, a essência do seu campo de investigações e o seu lugar no conjunto da Geografia”.

Georges Bertrand deu uma importante contribuição para o entendimento da paisagem como um recurso teórico-metodológico da Geografia Física segundo uma perspectiva sistêmica. Bertrand (2004, p. 141) ressalta que a paisagem, muito mais que a simples adição de elementos disparatados, representa, “em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”. Sendo assim, ao tratar-se de paisagem, é necessário considerar não só a paisagem natural, mas a paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica, inclusive as paisagens fortemente urbanas.

Bertrand (2004, p. 142) ressalta que “a noção de escala é inseparável do estudo das paisagens”, razão pela qual o autor procura estabelecer uma taxonomia das paisagens com dominância física sob a condição de fixar limites. O sistema de classificação de Bertrand comporta **seis níveis têmporo-espaciais**:

a) Unidades superiores: para as unidades superiores, Georges Bertrand considera ser suficiente retomar o sistema de classificação consagrado pelo uso,

precisando somente a definição e o lugar relativo de cada unidade. As unidades superiores são a zona, o domínio e a região natural.

b) Unidades inferiores: são três entidades novas propostas por Bertrand (2004, p. 145), cujos termos que as designam tinham a vantagem de não terem sido utilizados até então, de serem construídos em um modelo idêntico e de evocar cada um o traço característico da unidade correspondente. Assim, geossistema acentua o complexo geográfico e a dinâmica de conjunto, geofácies insiste no aspecto fisionômico e geótopo situa essa unidade no último nível da escala espacial.

O geossistema situa-se, assim entre a 4.^a e a 5.^a grandeza têmporo-espacial, constituindo uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. Nessa escala situa-se a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e na qual evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo. Em termos de escala espacial, pode concluir que “o geossistema constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana” (BERTRAND, 2004, p. 146). O Quadro 3 apresenta o sistema de classificação proposto por Bertrand:

Quadro 3 – Sistema de classificação têmporo-espacial da paisagem proposto por Georges Bertrand							
Unidades da paisagem	Escala têmporo-espacial (conforme A. Cailleux e J. Tricart)	Exemplo tomado numa mesma série de paisagem	Unidades elementares				
			Relevo (conforme A. Cailleux, J. Tricart e G. Viers)	Clima (conforme M. Sorre)	Botânica	Biogeografia	Unidade trabalhada pelo homem (conforme R. Brunet)
Zona	G.I	Temperada	---	Zonal	---	Bioma	Zona
Domínio	G.II	Cantábrico	Domínio estrutural	Regional	---	---	Domínio Região
Região Natural	G.III-IV	Picos da Europa	Região estrutural	---	Andar Série	---	Quarteirão rural ou urbano
Geossistema	G.IV-V	Atlântico Montanhês (calcário sombreado com faia higrófila <i>Asperula odorata</i> em “terra fusca”)	Unidade estrutural	Local	---	Zona equipotencial	---
		Prado de ceifa com <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> em solo lixivado hidromórfico formado em depósito morânico	---	---	Estádio Agrupamento	---	Exploração ou quarteirão parcelado (pequena ilha ou cidade)
Geofácies	G.VI						
Geótopo	G.VII	“Lapiês” de dissolução com <i>Aspidium lonchitis</i> em microsolo úmido carbonatado em bolsas	---	Microclima	---	Biótopo Biocenose	Parcela (casa em cidade)

Obs.: As correspondências entre as unidades são muito aproximadas e dadas somente a título de exemplo.

Fonte: Bertrand (2004, p. 145).

Bertrand propõe, assim, limites mensuráveis para as unidades de paisagem, utilizando-se, como Sotchava, da cartografia como instrumento fundamental de análise. Porém, é importante ressaltar que “observa-se na obra de Bertrand diferenças sobre a idéia de *Complexo Natural Territorial* proposto por Sotchava, na medida em que o mesmo realiza um resgate do conceito de paisagem enquanto expressão concreta da relação sociedade/natureza sob uma perspectiva histórica, sendo utilizada por ele como base para a abordagem geossistêmica” (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003, p. 336, grifo dos autores).

O geossistema, segundo Bertrand (2004, p. 146), é definido teoricamente pela interação entre o **potencial ecológico**, a **exploração biológica** e a **ação antrópica**. O geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente instáveis, resultando da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos. Esse conjunto de fatores que se inter-relacionam constitui o seu potencial ecológico. A exploração biológica é representada pela vegetação, pelo solo e pela fauna, dependendo muito estreitamente do estoque florístico regional. Há uma relação evidente entre o potencial ecológico e a exploração biológica. Aliás, verifica-se que “o geossistema está em estado de clímax quando há um equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica” (BERTRAND, 2004, p. 147). A Figura 5 apresenta o esboço da definição teórica de geossistema:

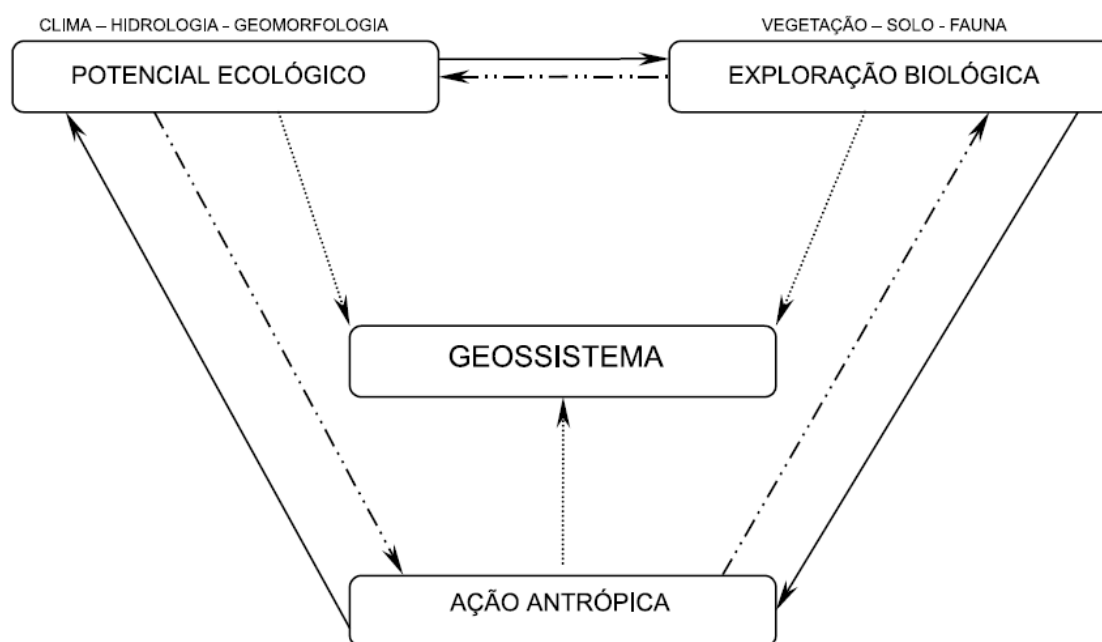


Figura 5: Esboço da de definição teórica de geossistema.

Fonte: Bertrand (2004, p. 146).

O geossistema é um complexo essencialmente dinâmico, mesmo em um espaço de tempo muito breve, como os de tipo histórico, por exemplo. O clímax está longe de ser sempre realizado, pois o potencial ecológico e a exploração biológica são dados instáveis que variam tanto no tempo como no espaço. Em função de sua dinâmica interna, o geossistema não apresenta necessariamente uma grande homogeneidade fisionômica. A esse respeito, Bertrand (2004, p. 147) esclarece que, “na maior parte do tempo, ele é formado de paisagens diferentes que representam os diversos estágios da evolução do geossistema”. Essas paisagens bem circunscritas são ligadas umas às outras por meio de uma série dinâmica que tende, ao menos teoricamente, para um mesmo clímax. Tais unidades fisionômicas se unem, então, em uma mesma família geográfica, os **geofácies**.

Bertrand (2004, p. 149-151) estabeleceu uma tipologia dinâmica que classifica os geossistemas em função de sua evolução e que engloba por meio disso todos os aspectos das paisagens. A classificação leva em conta três elementos: o sistema de evolução, o estágio atingido em relação ao clímax e o sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva, estabilidade). A tipologia, inspirada na teoria de bioestasia de E. Erhart, distingue sete tipos de geossistemas reagrupados em dois conjuntos dinâmicos diferentes:

a) Geossistemas em biostasia: são paisagens onde a atividade geomorfogenética é fraca ou nula. O potencial ecológico é, no caso, mais ou menos estável. O sistema de evolução é dominado pelos agentes e os processos bioquímicos: pedogênese, concorrência entre as espécies vegetais, etc. A intervenção antrópica pode provocar uma dinâmica regressiva da vegetação e dos solos, mas ela nunca compromete gravemente o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica.

b) Geossistemas em resistasia: a geomorfogênese domina a dinâmica global das paisagens. A erosão, o transporte e a acumulação dos detritos de toda sorte (húmus, detritos vegetais, horizontes pedológicos, mantos superficiais e fragmentos de rocha *in loco*) levam a uma mobilidade das vertentes e a uma modificação mais ou menos possante do potencial ecológico. A geomorfogênese contraria a pedogênese e a colonização vegetal.

Vários são os autores que propuseram metodologias de análise da paisagem segundo os pressupostos da concepção sistêmica desenvolvidos por Sotchava e Bertrand. O francês **Jean Tricart** apresentou, em 1977, uma proposta metodológica de diferenciação de Unidades Ecodinâmicas da Paisagem baseada na análise sistêmica, na

qual considera a necessidade de se avaliar as fragilidades dos ambientes naturais quando se pretende estabelecer a sua importância no planejamento territorial. O ambiente é analisado sob o prisma da Teoria Geral de Sistemas, que parte do pressuposto de que, na natureza, as trocas de energia e de matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico, o qual, entretanto, é frequentemente alterado pelas intervenções do homem nos diversos componentes da natureza, com geração de estados de desequilíbrio temporários ou até mesmo permanentes.

A adoção do conceito ecológico, juntamente com a utilização do instrumental lógico dos sistemas, permite estudar as relações entre os diversos componentes do meio ambiente. A partir disso é possível reequilibrar, dialeticamente, o pensamento científico, muitas vezes alterado e viciado pelo excesso unilateral da análise. Do ponto de vista prático, portanto, essa metodologia responde às necessidades do mundo contemporâneo, pois “uma consciência mais aguda das interações entre os vários elementos do meio ambiente é necessária para evitar, no planejamento, consequências inesperadas, geralmente originando dificuldades e custos maiores, e até fracassos em alguns casos” (TRICART, 1977, p. 29).

Tricart (1977, p. 29) ressalta, tanto do ponto de vista fundamental quanto sob o aspecto prático, “a necessidade de se estabelecer uma taxonomia dos tipos de meios ambientes fundada no seu grau de estabilidade-instabilidade morfodinâmica”, configurando uma maneira de abarcar o estudo que responde às exigências de uma conservação-restauração dinâmica dos recursos ecológicos. A metodologia proposta, denominada **Ecodinâmica**, baseia-se no estudo da dinâmica dos ecótopos, considerando-se que “a dinâmica do meio ambiente dos ecossistemas é tão importante para a conservação e o desenvolvimento dos recursos ecológicos quanto a dinâmica das próprias biocenoses” (TRICART, 1977, p. 31).

É importante ressaltar que, na proposta metodológica de Tricart, “a representação gráfica da paisagem é sintetizada na carta de unidades ecodinâmicas, que tem por objetivo evidenciar as várias formas de funcionamento do ambiente dos seres vivos (inclusive o homem), definindo o grau de sensibilidade desse meio em face da ocorrência de fenômenos naturais e espontâneos agilizados pela ação antrópica” (ZACHARIAS, 2010, p. 85). Nesse sentido, Tricart (1977, p. 32) considera que “uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses” (TRICART, 1977, p. 32).

No contexto da representação cartográfica das unidades ecodinâmicas da paisagem, Tricart (1977, p. 35) classifica o sistema ambiental em três grandes categorias:

a) Meios estáveis: são meios nos quais a pedogênese prevalece sobre a morfogênese. Tais meios caracterizam-se pela lenta evolução do modelado, muitas vezes de maneira insidiosa, dificilmente perceptível. Os fenômenos mecânicos atuam pouco e sempre de modo lento. O sistema morfogenético não comporta paroxismos violentos que se traduzam por manifestações catastróficas. As condições se aproximam daquelas que os fitoecologistas designam pelo termo *clímax*. Ex.: todas as regiões em estado de fitoestasia, como as florestas tropicais ombrófilas e mesófilas, as florestas temperadas e as tundras de húmus turfoso; certos tipos de meios com cobertura vegetal muito reduzida, onde não ocorre a fitoestasia, como o deserto brumoso da costa pacífica da América do Sul, onde as ações eólicas não existem.

b) Meios *intergrades*: são meios nos quais o balanço entre a pedogênese e a morfogênese pode favorecer tanto uma como a outra, mas sempre de maneira pouco sensível. Asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis. Tais meios caracterizam-se pela interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço. São particularmente cambiantes, especialmente sensíveis às influências que modificam localmente, por vezes a alguns metros de distância somente, as modalidades dos processos. São meios delicados e suscetíveis a fenômenos de amplificação, transformando-se em meios instáveis cuja exploração fica comprometida. Ex.: zonas de transição biogeográfica.

c) Meios fortemente instáveis: são meios nos quais verifica-se forte prevalência da morfogênese sobre a pedogênese. Podem ter diferentes origens, suscetíveis de se combinarem entre elas. A geodinâmica interna intervém em numerosos casos, em particular no vulcanismo, cujos efeitos são mais imediatos do que os das deformações tectônicas. A cobertura vegetal intervém através da introdução de uma influência indireta no clima, sendo a maior instabilidade realizada nas regiões de forte instabilidade climática. A degradação antrópica se junta às causas naturais, particularmente eficazes nas regiões acidentadas onde o clima opõe fatores limitantes severos à vegetação. No caso de degradação antrópica, a brusca ativação morfodinâmica acaba por destruir rapidamente os solos preexistentes. Ex.: regiões vulcânicas, regiões geladas, regiões sujeitas a um regime periglacial rude, etc.

2.3 – Planejamento ambiental de bacias hidrográficas e proteção de mananciais

A visão fragmentada e estática que muitas vezes se tem dos elementos que compõem a paisagem é responsável pelos desequilíbrios ambientais conhecidos. Por isso mesmo, optou-se nessa pesquisa por adotar a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, o que constitui um dos fundamentos da Lei Federal n.º 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Quando se trata da preservação e/ou da conservação de recursos hídricos, o disciplinamento do uso e da ocupação do solo deve ser estabelecido para toda a bacia hidrográfica do manancial, pois “a qualidade do líquido de determinada coleção d’água dependerá dos seus tributários e, conseqüentemente, das ações desenvolvidas em toda a bacia” (MOTA, 1981, p. 108). Dentro dessa mesma perspectiva, Machado (1998, p. 36) ratifica a adoção da bacia hidrográfica como unidade espacial de planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois “sendo a água de um manancial o resultado da drenagem de sua bacia, sua qualidade e, portanto, suas características físicas, químicas, biológicas e ecológicas, encontram-se sempre na dependência direta das ações (uso e ocupação) que se realizam no solo dessa bacia, bem como do grau de controle que se tem (ou não se tem) sobre essas fontes”. Pode-se concluir então, juntamente com Mota (1995, p. 107), que “nos programas de proteção de recursos hídricos não se deve considerar o corpo de água isoladamente, mas como integrante de um ambiente completo, que forma a sua bacia hidrográfica”.

De conceito relativamente simples, uma bacia hidrográfica ou bacia de drenagem pode ser entendida como “a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 102). Como derivações desse conceito aparecem, usualmente, os termos “sub-bacia” e “microbacia”. Contudo, conforme apontam Botelho e Silva (2004, p. 155), “nota-se uma certa resistência por parte da comunidade científica em adotar a microbacia hidrográfica como célula de análise e assim denominá-la”, sendo vários os casos em que o pesquisador prefere até mesmo utilizar o termo sub-bacia hidrográfica em vez de microbacia hidrográfica em seus estudos. Tal ideia é assumida por Machado (1998, p. 36), ao afirmar que “a designação microbacia expressa uma idéia de tamanho, de dimensão, difícil de se estabelecer”. Fernandes (1996, p. 04) afirma que o termo microbacia constitui “uma denominação empírica, imprópria e subjetiva”, ao passo que o termo sub-bacia “transmite uma idéia

de hierarquia, de subordinação, independentemente do tamanho, razão pela qual parece ser mais preciso e apropriado para estabelecer uma diferenciação por áreas de abrangência” (MACHADO, 1998, p. 36).

Corato (2002) demonstrou a maior resistência dos profissionais ligados a Geografia em utilizar o termo “microbacia” em seus estudos a partir de pesquisa realizada em um total de 7.750 artigos publicados em diferentes eventos científicos no país e classificados em duas subáreas do conhecimento: Geografia Física e Ciência do Solo. Essa resistência em relação ao uso do termo microbacia por parte dos geógrafos físicos em seus estudos pode ser explicada pelo fato dos mesmos não identificarem diferenças significativas entre este termo e aquele que já se encontrava em uso por eles há algum tempo (bacia hidrográfica). Dessa forma, conforme apontam Botelho e Silva (2004, p. 157), “à exceção do menor tamanho – ainda não fixado -, não haveria razão para substituir o uso do termo bacia por microbacia”. Apesar disso, Corato (2002) mostra que o número de artigos publicados a partir de eventos científicos na área das Ciências Ambientais no país, adotando a bacia hidrográfica como unidade espacial de análise, é sete vezes maior na década 1990/2000 em comparação à década 1980/1990.

A bacia hidrográfica apresenta a vantagem de agregar em si os elementos físicos, biológicos e humanos que compõem o meio. Em decorrência disso, pode-se afirmar que “considerar uma bacia hidrográfica como uma unidade de gestão, portanto, impõe abordar todos seus elementos (água, solo, flora, fauna, uso e ocupação do solo, etc.) e compreendê-la como uma totalidade composta por elementos naturais e sociais inter-relacionados e dinâmicos” (LEAL, 2003, p. 71-72). Botelho e Silva (2004, p. 153) também ratificam essa ideia, afirmando que, “entendida como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental”. A esse respeito, Leal (2000, p. 34) destaca que “a unicidade verifica-se, na abordagem sistêmica, pela interação entre os elementos naturais e sociais constituintes da bacia hidrográfica e pela indivisibilidade da água, em suas fases meteórica, superficial ou subterrânea”.

Porém, a adoção da bacia hidrográfica como unidade espacial de análise e de gestão de recursos hídricos pode apresentar também alguns inconvenientes. Se essa escolha apresenta algumas vantagens, como o fato de que “a rede de drenagem de uma bacia consiste num dos caminhos preferenciais de boa parte das relações causa-efeito, particularmente aquelas que envolvem o meio hídrico” (LANNA, 1995, p. 63), existem

também alguns inconvenientes, sobretudo quando se leva em conta que “nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas relações causa-efeito de caráter econômico e político” (LANNA, 1995, p. 63).

Além disso, observa-se que, “em certas ocasiões, a delimitação completa de uma bacia hidrográfica poderá estabelecer uma unidade de intervenção demasiadamente grande para a negociação social” (LANNA, 1995, p. 63), devendo-se, nesses casos, adotar alguns esquemas de subdivisão em conjunto com uma necessária articulação entre as partes envolvidas. Em relação à compatibilização entre os limites político-administrativos e os limites das bacias hidrográficas, é importante ressaltar que:

Outro grande desafio da gestão dos recursos hídricos no país consiste na compatibilização dos limites das bacias hidrográficas e dos territórios municipais e estaduais brasileiros, já que muitos impactos ambientais sobre as águas originam-se da inadequação das ações gerenciais sobre territórios que possuem os cursos d’água como limites e não como aglutinadores

No gerenciamento das águas é preciso analisar cada caso específico de delimitação territorial de bacia hidrográfica. Em princípio, não se deve ficar preso aos limites naturais da bacia (seus divisores d’água), tendo em vista que várias bacias encontram-se interligadas por sistemas hidráulicos de reversão de águas, por redes de drenagem urbana, por movimentos de terra de origem antrópica, etc. Desta forma, a delimitação territorial de uma bacia hidrográfica envolve, entre outros, estudos cartográficos e de uso e ocupação do solo (LEAL, 2000, p. 36).

Santos (2004, p. 41-42) sistematizou os vários inconvenientes que podem surgir com a adoção da bacia hidrográfica como unidade espacial de planejamento e gestão:

- Quando a bacia hidrográfica torna-se o espaço das funções urbanas ou do campo, a complexidade aumenta, pela diversificação de produtores e consumidores, pelo aumento das relações intrínsecas e pela sua dependência de fontes externas, criando uma malha que, comumente, transcende o seu território. Portanto, antes de se definir uma área de referência para as ações de planejamento ambiental, deve-se reconhecer e sistematizar a complexa teia de cada região;

- Muitas vezes, observa-se a existência de unidades homogêneas num determinado território, facilmente identificadas (manchas contínuas em áreas agrícolas ou o padrão de distribuição da população, por exemplo), mas que não coincidem com os

limites da bacia hidrográfica, e que dessa forma são mal interpretadas, principalmente no que tange à compreensão da dinâmica do meio;

- A unidade natural bacia hidrográfica não contém em seus limites todas as relações que se impõem diante das necessidades e dos anseios dos grupos sociais atuantes em seu espaço, como as interações espaciais representadas pelos fluxos de bens e serviços ou os anseios de expansão do setor ecoturístico, que podem transcendê-los. Sob esses aspectos, não se pode aceitar a rigidez de um meio natural como área de planejamento e de ação gerencial;

- Quando se trata de espaços urbanos, o desenho técnico do circuito das águas é bastante complexo. Deve-se considerar que, além dos cursos de água naturais, ocorrem as redes hídricas estabelecidas pela distância entre o ponto de captação e o de consumo humano. Também são produzidos espelhos de água para o lazer da população, independentemente de sua localização, ou são realizadas transposições de água para oferecer o recurso. Assim, diferentes redes (naturais e produzidas por tecnologia) somam-se, sendo que o resultado, com frequência, ultrapassa os limites da rede natural, confundindo o natural com o construído;

- O gerenciamento dos recursos naturais tem sido segmentado para melhor atender às demandas dos vários setores da administração pública. Gerentes ambientais utilizam-se de trechos da calha do rio para planejar o uso da vazão e a queda de água. Outros reservam, de forma exclusiva, as águas dos mananciais, entendidos como conjuntos de nascentes, e outros ainda definem áreas de preservação permanente aos ecossistemas, sem se preocupar se os limites englobam ou não as bacias hidrográficas componentes. O estabelecimento de áreas metropolitanas, que desrespeitam os limites de bacias e sub-bacias hidrográficas criam, por vezes, espaços inadequados ao planejamento e ao gerenciamento;

- Há ainda um importante impasse de ordem técnica, que não pode ser desconsiderado: os dados socioeconômicos, censitários, de infraestrutura e estatísticos no Brasil estão disponíveis por municípios que, frequentemente, não obedecem aos limites de bacias hidrográficas. Nesse caso, o diagnóstico divide-se em meio natural e meio socioeconômico, dificultando a sobreposição espacial de dados e a interpretação da cadeia de relações do meio.

Apesar disso, ainda assim recomenda-se a adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise e de gestão, dado que “o uso dessa unidade natural

ecogeofisiográfica possibilita uma visão sistêmica e integrada, devido, principalmente, à clara delimitação e à natural interdependência de processos climatológicos, hidrológicos, geológicos e ecológicos” (SCHIEL e TUNDISI, 2003, p. 03). Sobre a relação entre bacia hidrográfica e recursos hídricos, verifica-se que:

A partir do tema recursos hídricos, encerra-se a unidade de trabalho bacia hidrográfica e, desta, se caracterizam e integram conhecimentos relativos a: solos, relevo e geologia; vegetação, fauna e uso do solo; clima e microclima; ocupação humana; impactos antrópicos e modelos de gestão; e possibilidades de recuperação. Estes, viabilizados a partir da unidade hidrográfica, são levantados e analisados de maneira plena, a fim de diagnosticar e propiciar manejo adequado do sistema escolhido como unidade básica (RUFFINO e SANTOS, 2003, p. 11).

Pode-se, finalmente, resumir da seguinte forma as razões da adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial do planejamento ambiental e da gestão de recursos hídricos:

Na literatura que enfoca a gestão e o manejo ambiental, frequentemente as bacias hidrográficas são consideradas como a base territorial mais adequada para o desenvolvimento dos processos de gestão ambiental. Dentre as razões para esta escolha, podemos destacar que os processos físicos completam seu ciclo dentro da bacia, facilitando o manejo técnico-científico no sentido de recuperar os ecossistemas, controlar os efeitos dos seus usos e realizar ações preventivas de proteção. A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão é de aceitação internacional, pois esse recorte espacial constitui-se numa unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração como da funcionalidade de seus elementos, mas, também, porque não há qualquer área que não se integre a uma bacia (NAPOLEÃO, 2003, p.12).

Ainda no âmbito da discussão da bacia hidrográfica como unidade espacial de planejamento e gestão, Santos (2004, p. 40-41) apresenta justificativas bastante semelhantes às aquelas apresentadas acima:

Conforme já reconhecido por muitos autores, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal. O critério de bacia hidrográfica é comumente usado porque constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas

e, assim, mais facilmente interpretadas. Esta unidade territorial é entendida como uma caixa preta, onde os fenômenos e interações podem ser interpretados, *a priori*, pelo *input* e *output*. Neste sentido, são tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram. Além disso, constitui-se numa unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização. Sendo assim, é um limite nítido para ordenação territorial, considerando que não há área de terra, por menor que seja, que não se integre a uma bacia hidrográfica e, quando o problema central é água, a solução deve estar estreitamente ligada ao seu manejo e manutenção (SANTOS, 2004, p. 40-41).

A publicação *Políticas Públicas para el Desarrollo Sustentable: La Gestión Integrada de Cuencas* (CEPAL, 1994, p. 101) destaca também alguns aspectos positivos na adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos:

- La posibilidad de organizar la población - en relación a la temática ambiental - en función de un recurso (el agua) y un territorio compartido (la cuenca), superando la barrera impuesta por los límites político-administrativos y facilitando las comunicaciones entre ellos;
- Una mayor facilidad para sistematizar la ejecución de acciones dentro de un espacio donde se puede conciliar los intereses de los actores en torno al uso del territorio de la cuenca, al uso múltiple del agua y el control de fenómenos naturales adversos;
- La posibilidad de evaluar los resultados alcanzados en materia de manejo de los recursos naturales por medio de su repercusión en la descarga del agua. Es decir que trabajando a nivel de cuenca se pueden medir en alguna forma si se está logrando la deseada “sustentabilidad ambiental”.

O planejamento ambiental de bacias hidrográficas deve ser pensado e estruturado a partir da compreensão de um de seus pressupostos básicos – as relações existentes entre a sociedade e a natureza –, pois são os condicionantes sociais, políticos e econômicos os responsáveis por definir o valor e, conseqüentemente, a preservação, a conservação ou a apropriação dos diferentes componentes ambientais. Seu objetivo seria, portanto, a superação da utilização irracional dos recursos naturais e a distribuição e organização racional da sociedade e das atividades econômicas sobre o território.

É importante lembrar que “o Planejamento Ambiental teve seus precursores no início do século XIX com pensadores como John Ruskin na Inglaterra, Viollet-le-Duc na França e Henry David Thoreau, George Perkins Marsh, Frederick Law Olmsted e

outros nos EUA” (FRANCO, 2001, p. 19). Se as ideias destes pensadores foram consideradas, por muitas vezes, utópicas e românticas naquela época, uma preocupação constante dos agentes atualmente envolvidos nos processos de planejamento ambiental tem sido a sua definição de forma mais precisa. O que se verifica, porém, é que ainda não foi dada ao planejamento ambiental tal definição, ora sendo confundido com o próprio planejamento territorial, ora sendo reduzido ou reconhecido como uma extensão de outros planejamentos setoriais mais conhecidos (urbanos, institucionais e administrativos), que foram acrescidos da consideração ambiental.

O reducionismo presente em grande parte das definições de planejamento ambiental explica o fato de que, muitas vezes, “alguns confundem, por exemplo, planejamento ambiental com planejamento físico, planejamento geoecológico, planejamento estético da paisagem, plano de manejo, zoneamento ambiental, planejamento de uso sustentável, planejamento de uso da terra, planejamento estratégico, desenho ambiental, planejamento agroambiental e/ou planejamento de produção” (SANTOS, 2004, p. 27). Conclui-se, diante do exposto, que “ambiental é um adjetivo que vem se estabelecendo nos centros técnicos e acadêmicos com grande velocidade, mas com pouca propriedade” (SANTOS, 2004, p. 27).

De qualquer modo, as definições que tentam ser mais abrangentes têm considerado que o “planejamento ambiental consiste em um grupo de metodologias e procedimentos para avaliar as consequências ambientais de uma ação proposta e identificar possíveis alternativas a esta ação (linha de demanda); ou um conjunto de metodologias e procedimentos que avalia as contraposições entre as aptidões e usos dos territórios a serem planejados (linha de oferta)” (ALMEIDA et al., 1999, p. 14).

Santos (2004, p. 27-28) afirma que “o planejamento ambiental consiste na adequação de ações à potencialidade, vocação local e à sua capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social”. Já Mateo Rodriguez (1994, p. 586) afirma que “o objetivo principal do Planejamento Ambiental é garantir, de forma completa, as condições ecológicas para o desenvolvimento efetivo da produção social, e todas as atividades da população, através do uso racional e da proteção dos recursos do meio ambiente”.

Pode-se afirmar que o planejamento ambiental constitui um dos principais instrumentos da política ambiental e uma ferramenta efetiva para a promoção do desenvolvimento sustentável, na medida em que permite o alcance da sustentabilidade

ambiental, que pode ser expressa em um meio ambiente estável e melhorado, capaz de compatibilizar a máxima produtividade econômica com o maior benefício e equidade social. Aliás, em relação às razões que levaram ao surgimento do planejamento ambiental, verifica-se que:

O planejamento ambiental surgiu, nas últimas três décadas, em razão do aumento dramático da competição por terras, água, recursos energéticos e biológicos, que gerou a necessidade de organizar o uso da terra, de compatibilizar esse uso com a proteção de ambientes ameaçados e de melhorar a qualidade de vida das populações. Surgiu também como uma resposta adversa ao desenvolvimento tecnológico, puramente materialista, buscando o desenvolvimento como um estado de bem-estar humano, ao invés de um estado de economia nacional. O planejamento ambiental vem como uma solução a conflitos que possam ocorrer entre as metas da conservação ambiental e do planejamento tecnológico (SANTOS, 2004, p. 27).

No Brasil, durante muito tempo as questões ambientais foram tratadas de forma setorial (água, floresta, solo, etc.), carecendo da definição de uma política ambiental integrada. Várias leis e órgãos, a nível federal, estadual ou municipal, foram criados, muitas vezes com superposição de funções, conduzindo a conflitos e ineficácia. Além disso, a visão compartimentada e conservadora dos governos, no que tange às questões territoriais, tem desvinculado a problemática ambiental dos aspectos sociais e econômicos do processo de planejamento.

O planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Tem o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, das necessidades socioculturais a atividades e interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível dos seus elementos componentes. Santos (2004, p. 28) afirma que “o planejador que trabalha sob esse prisma, de forma geral, tem uma visão sistêmica e holística, mas tende primeiro a compartimentar o espaço, para depois integrá-lo”. Por isso mesmo, é de fundamental importância atentar-se para o fato de que:

Incorporar o ambiente ao planejamento não significa apenas agregá-lo ao plano do desenvolvimento, na forma de um capítulo especial, nem organizar uma nova hierarquia de valores que tenha em primeiro lugar os valores ambientais. Na realidade, consiste na análise sistemática, no decorrer de todo o processo de planejamento, das oportunidades e potencialidades, bem como dos riscos e perigos inerentes à utilização dos recursos ambientais da sociedade para o seu desenvolvimento.

O planejamento ambiental não pode ser desvinculado das políticas de desenvolvimento e da distribuição dos benefícios sociais por ele gerados, tampouco essas políticas podem continuar a ser orientadas pelos tradicionais modelos normativos e técnico-econômicos de planejamento (*estratégia compreensiva racional*) que não reconhecem as especificidades das inter-relações dos fatores naturais e culturais de uma dada realidade planejada. O alcance desse reconhecimento requer o fortalecimento de metodologias interdisciplinares de planejamento, capazes de articular as especificidades das relações entre os ambientes naturais e humanos em dada realidade, como também de ter a capacidade de responder às exigências de viabilização política dos planos, programas e projetos ambientais (ALMEIDA et al., 1999, p. 123-124, grifo do autor).

A escolha do **método** a ser utilizado no processo de planejamento ambiental deve levar em consideração a sua capacidade de integrar as variáveis ambientais. Escolhido o método, devem ser definidas as células ou unidades de planejamento, buscando sintetizar as informações levantadas durante a etapa de diagnóstico ou inventário ambiental e sobre as quais serão efetuadas as propostas de uso e ocupação do território. Os principais métodos utilizados no planejamento ambiental, segundo Mota (1995, p. 175), são:

- **Método *ad hoc*:** reunião de técnicos e cientistas, cujas especialidades são escolhidas de acordo com as características da proposta a ser analisada; fornece orientação quanto aos impactos mais prováveis e quanto à melhor alternativa a ser escolhida; são úteis como técnica de previsão de impactos;
- **Listagens de controle:** caracterizam-se pela elaboração de uma lista de todos os parâmetros e fatores ambientais que possam ser afetados por uma proposta;
- **Matrizes de interação:** matrizes que dispõem em um dos eixos os fatores ambientais e no outro as diversas ações referentes a um projeto: nas quadrículas definidas pela intersecção das linhas e colunas assinalam-se os prováveis impactos de cada ação sobre cada fator ambiental;
- **Redes de interação:** estabelecem a sequência de impactos desencadeada por cada uma das ações, através da construção de gráficos ou diagramas;
- **Superposição de cartas:** confecção de cartas temáticas de uma mesma área geográfica, uma para cada fator ambiental (embasamento geológico, tipo de solo, declividade, cobertura vegetal, rede hidrográfica, etc.); as cartas são superpostas para permitir a síntese das informações ou a situação ambiental de uma certa área;

• **Modelos de simulação:** modelos matemáticos destinados a representar, tanto quanto possível, a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais.

Dentre os métodos acima elencados, o que mais se aproxima dos procedimentos metodológicos desta pesquisa é a sobreposição de cartas. Dado que um mapa não é uma simples representação espacial da informação e que sua produção é o resultado de um processo de construção de conhecimento, os procedimentos que compõem as etapas de mapeamento no planejamento ambiental são (SANTOS, 2004, p. 129):

- a) Estabelecimento dos objetivos gerais do mapeamento e das escalas a serem adotadas para cada tema;
- b) Coleta e análise da documentação disponível, seja ela sob a forma orbital, cartográfica ou descritiva;
- c) Definição e elaboração dos mapas-base (drenagem, vias de acesso) de mesma escala atribuída aos temas;
- d) Interpretação preliminar de cada tema superposto à base cartográfica;
- e) Trabalhos em campo: coleta de informações e aferições;
- f) Correções ou ajustes dos mapas de cada tema e definição das questões prioritárias, estabelecendo os destaques e detalhamentos a serem feitos;
- g) Elaboração das hipóteses iniciais de relações causa-efeito e determinação de critérios de classificação;
- h) Classificação detalhada ou estabelecimento das relações causais;
- i) Elaboração de mapas intermediários pela associação dos temas, de acordo com a classificação prevista por meio de *softwares* específicos ou manualmente;
- j) Associação dos mapas intermediários para elaboração do mapa-síntese;
- k) Interpretação do mapa-síntese e suas unidades ambientais para subsidiar a etapa seguinte do planejamento (formulação de prognósticos, diretrizes, recomendações, etc.).

Quanto à escolha da **escala** do planejamento, deve-se destacar que não é tarefa trivial, sobretudo devido à carência de trabalhos que discutam as bases teóricas para essa escolha. Alguns critérios fundamentais devem ser levados em conta: no caso do mapeamento, “o desafio é determinar a escala que ditará o quanto a extrapolação poderá ser feita sem perder a representação da heterogeneidade dos sistemas componentes”; no caso do planejamento, “a tarefa é definir o nível de detalhe condizente com os objetivos propostos e instrumentos selecionados, e conduzir a alternativas viáveis e implementáveis” (SANTOS, 2004, p. 45-46).

Uma mudança de escala induz à inserção ou à perda de conhecimento sobre a diversidade de classes mapeadas ocorrentes na área de estudo. Deve-se sempre ponderar se a escala escolhida reflete um número razoável de classes de mapeamento em cada tema, ou seja, generalizar sem perder detalhes que possam ser relevantes aos objetivos do estudo. A preocupação básica na escolha da escala de trabalho é determinar o que pode e o que não pode ser ignorado como informação espacial. Trata-se de julgar qual informação é imprescindível e qual informação pode ser perdida, devendo-se “decidir sobre quais níveis de organização, o quanto da heterogeneidade espacial deve ser representada, o quanto serão representadas as medidas de direção, distância, forma e geometria dos elementos componentes do meio” (SANTOS, 2004, p. 46).

Um dos principais aspectos do planejamento ambiental de bacias hidrográficas refere-se à **proteção de mananciais**. O planejamento e a gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas deve necessariamente incluir propostas de medidas preventivas e, se necessário, também de medidas corretivas para o controle quantitativo e qualitativo de suas águas.

A Lei Federal n.º 9.433/1997, em seu Artigo 1.º, estabeleceu que, “em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”. Logo, o abastecimento de água é considerado como um uso prioritário e dos mais nobres da água. Como a água é um dos recursos naturais que mais sofre as consequências da atividade antrópica degradadora, estando a sua qualidade diretamente relacionada à saúde humana, as áreas fornecedoras de água destinada ao consumo humano devem contar com legislações rigorosas de disciplinamento do uso e ocupação da terra e obedecer a legislações mais restritivas referentes às condições e padrões de qualidade de suas águas.

É importante reconhecer que “os mananciais de abastecimento são áreas especiais onde a principal prioridade é o fornecimento de água de boa qualidade à população; portanto, todas as demais atividades desenvolvidas nestas bacias devem ser compatibilizadas, de forma a atender a este mister” (LARA, 2003, p. 387). Ainda sobre essa questão, pode-se afirmar que:

O fato é que esses mananciais não podem ser encarados como áreas comuns, cuja ocupação possa se dar da mesma forma como ocorre noutros pontos da cidade. Sua finalidade, de abastecimento humano, requer um disciplinamento dos usos e da ocupação do solo diferenciado, mais restritivo e adaptado às realidades e objetivos aos quais se destinam (MACHADO, 1998, p. 75).

A literatura específica reconhece alguns princípios básicos para a proteção de mananciais destinados ao abastecimento público de água:

Assim, os usos de uma represa devem ser disciplinados de forma a garantir o melhor aproveitamento econômico e social da água acumulada. Esse disciplinamento deve considerar as necessidades da população e ser feito com a definição dos usos prioritários do manancial, do estabelecimento de critérios de qualidade da água para esses usos e da adoção de medidas de controle da qualidade do líquido (MOTA, 2008, p. 232).

Mota (1995, p. 63-65) destaca medidas de caráter corretivo e medidas de caráter preventivo para o controle da poluição dos recursos hídricos, que assumem importância fundamental em áreas de mananciais destinados ao abastecimento público de água.

As medidas de **caráter corretivo** visam corrigir uma situação já existente, buscando-se, através de sua aplicação, a melhoria da qualidade dos recursos hídricos. Entre essas medidas, destacam-se (MOTA, 1995, p. 63):

- a) Implantação de estações de tratamento de esgoto nas fontes poluidoras já existentes (cidades, indústrias ou outras), visando reduzir a carga de poluentes;
- b) Medidas aplicadas aos próprios mananciais, incluindo: eliminação de microorganismos patogênicos; remoção de algas; combate a insetos, crustáceos e moluscos; remoção do lodo do fundo; aeração da água, visando aumentar a quantidade de oxigênio dissolvido, reduzindo a demanda pelo mesmo; eliminação da vegetação aquática superior;
- c) Instalação de estações de tratamento de água, visando garantir a qualidade desejada para o abastecimento humano, uso industrial e outros.

As medidas de **caráter preventivo** são aquelas que, quando aplicadas, evitam ou minimizam o lançamento de poluentes nos recursos hídricos. Entre elas, podemos citar (MOTA, 1995, p. 64-65):

- a) Implantação de sistemas de coleta e de tratamento de esgotos domésticos, industriais ou de outros tipos;
- b) Planejamento do uso e ocupação do solo visando à preservação de recursos hídricos, incluindo:
 - Zoneamento: definição de usos para as diversas áreas de uma bacia hidrográfica, compatíveis com a infraestrutura sanitária e com a capacidade do meio de absorver as cargas poluidoras correspondentes;

- Definição de Áreas Especiais de Proteção: áreas onde são estabelecidas restrições quanto à sua ocupação. Exemplos: áreas de vegetação florestal, encostas de declividade elevada, áreas de recarga de aquíferos, alagados e pântanos e áreas marginais a recursos hídricos;

- Estabelecimento de Faixas Sanitárias de Proteção: localizadas às margens dos mananciais, tais faixas objetivam disciplinar o uso e a ocupação do solo em tais áreas, visando à conservação dos recursos hídricos;

- Controle da ocupação do solo: definição de índices urbanísticos, tais como: taxas de ocupação de terrenos, densidades, áreas mínimas dos lotes, percentuais de áreas livres, etc., compatíveis com a infraestrutura sanitária possível de ser implantada.

- c) Controle da erosão, do escoamento superficial da água e da vegetação;

- d) Controle da qualidade da água de represas;

- e) Avaliação prévia de impactos ambientais.

Mota (2008, p. 158) destaca que o planejamento e a gestão de bacias hidrográficas não podem prescindir de medidas de controle preventivo da qualidade e da quantidade da água. Essas ações de proteção, sobretudo nas áreas de mananciais destinados ao abastecimento público de água, referem-se ao manejo adequado dos recursos ambientais diretamente relacionados aos recursos hídricos, principalmente o solo e a vegetação. Além disso, o disciplinamento das atividades que se desenvolvem em toda a bacia hidrográfica, comumente denominado de disciplinamento do uso e ocupação do solo, constitui um item fundamental das ações de proteção aos recursos hídricos.

A **proteção da vegetação** em determinadas áreas é de fundamental importância para a garantia do equilíbrio natural entre escoamento superficial e infiltração da água. Por outro lado, a presença da vegetação oferece ao solo a proteção contra os processos erosivos e suas consequências quantitativas e qualitativas sobre os recursos hídricos. Mota (2008, p. 159-160) destaca que a proteção da vegetação é de fundamental importância para a preservação e conservação dos recursos hídricos por uma série de razões:

- A presença da vegetação em terrenos com declives acentuados evita que a água escoe com velocidades elevadas, provocando deslizamentos, arrastes de materiais e problemas para os recursos hídricos situados nas partes mais baixas do terreno;

- A vegetação oferece proteção ao solo contra erosão e o consequente assoreamento;

- A vegetação representa a garantia da adequada drenagem das águas pluviais;
- As áreas com vegetação funcionam como áreas de amortecimento de cheias, oferecendo proteção contra a ocorrência de inundações;
- A vegetação pode constituir barreira ao acesso de poluentes oriundos de atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica;
- A vegetação proporciona sombreamento e constitui-se em fonte de alimentação para as espécies aquáticas.

No Brasil, existe um conjunto de documentos legais que trata da proteção da vegetação, constituindo uma legislação relacionada, portanto, à proteção dos recursos hídricos e das áreas de mananciais:

- Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012: dispõe sobre proteção da vegetação nativa;
- Medida Provisória n.º 571, de 25 de maio de 2012: altera a Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa;
- Resolução CONAMA n.º 303, de 20 de março de 2002: dispõe sobre parâmetros, definições e limitantes de Áreas de Preservação Permanente;
- Resolução CONAMA n.º 302, de 20 de março de 2002: dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

O **manejo do solo** deve abranger, fundamentalmente, dois itens: a) o **controle da erosão do solo**, que deve levar em conta aspectos como os tipos de solo, a cobertura vegetal da área, a declividade do terreno, o escoamento natural das águas e os tipos de uso do terreno; b) as **condições de escoamento e infiltração da água**, sendo necessário adotar cuidados especiais em locais como terrenos situados às margens de recursos hídricos, encostas, áreas de recarga de aquíferos, dunas, áreas urbanas (impermeabilização do solo) e áreas verdes, praças e parques (MOTA, 2008, p. 161-166).

Entre os projetos e as ações destinados ao planejamento e à gestão de bacias hidrográficas de mananciais de abastecimento, Lara (2003, p. 396-397) destaca os seguintes programas:

- Programa de Uso e Manejo do Solo Urbano: ações de intervenção em área urbana que podem compreender projetos específicos relativos a despejos industriais, esgoto doméstico, disposição de lixo, erosão, circulação de cargas perigosas, ocupação irregular, dentre outros;

- Programa de Uso e Manejo do Solo Rural: ações de intervenção em área rural que podem prever projetos relativos à necessidade de estabelecimento de zoneamento agrosilvopastoril, recomposição de matas ciliares, práticas agrícolas adequadas, adequação de estradas e carreadores, erosão e conservação do solo, dentre outros;

- Programa de Monitoramento dos Recursos Hídricos: visa a avaliação e o acompanhamento da evolução da qualidade da água da bacia através do estabelecimento de uma rede de monitoramento da qualidade da água, identificação e monitoramento de agrotóxicos utilizados na bacia e de fontes potenciais de poluição;

- Programa de Educação Ambiental: compreende o desenvolvimento de atividades educativas, formais e não-formais, contínuas e permanentes, junto à comunidade da bacia;

- Programa de Pesquisas e de Levantamentos Complementares: compreende os estudos necessários à complementação ou atualização do diagnóstico da área. Pode envolver levantamentos de fauna, de flora e de dados socioeconômicos, dentre outros.

O **disciplinamento do uso e ocupação do solo** assume importância fundamental quando se atenta para o fato de que a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos dependem dos usos e das atividades que se desenvolvem em sua bacia hidrográfica. Entre as medidas que integram o disciplinamento do uso e ocupação do solo, Mota (2008, p. 167) destaca as seguintes:

- Macrozoneamento, com a definição de usos para as diversas áreas da bacia hidrográfica, em função das características ambientais e do potencial poluidor dos mesmos;

- Controle do parcelamento e da ocupação dos terrenos;

- Proteção de áreas especiais, por meio de sua preservação ou uso controlado; áreas marginais aos recursos hídricos; encostas; áreas de recarga de aquíferos; áreas de amortecimento de cheias; manguezais; dunas;

- Estabelecimento de faixas de proteção às margens de cursos de água e de reservatórios;

- Proteção da recarga de aquíferos e das águas subterrâneas;

- Proteção de recursos hídricos de áreas urbanas.

O **zoneamento ambiental** “é o instrumento para o disciplinamento do uso e ocupação do solo, devendo ser usado como diretriz inicial para qualquer proposta de

atividade a ser desenvolvida na bacia” (MOTA, 2008, p. 193). O zoneamento deve definir as áreas onde deverão ser desenvolvidas as diversas atividades na bacia hidrográfica, bem como as áreas que deverão ser ocupadas com menor intensidade, e ainda as áreas que deverão ser preservadas.

O zoneamento do uso do solo de uma bacia hidrográfica, visando à proteção dos recursos hídricos, deve considerar os seguintes aspectos (MOTA, 2008, p. 194-195):

- Comprometimento já existente dos recursos hídricos, em termos quantitativos e qualitativos: usos, consumos de água, qualidade das águas;
- Qualidade desejada para os recursos hídricos, ou seja, o enquadramento; o qual, por sua vez, depende dos usos definidos para os mesmos;
- Capacidade dos mananciais de receber carga poluidora: situação existente, capacidade de autodepuração, carga poluidora que pode ser adicionada;
- Fontes de poluição existentes: tipos, estimativa das cargas poluidoras, reduções que podem ser obtidas;
- Impactos ambientais que podem ser resultar dos diversos usos: consumos de água; produção de esgotos, estimativa da carga poluidora, alterações no ambiente (exemplos: desmatamento, impermeabilização, erosão, etc.), impactos sobre os recursos hídricos (poluição, assoreamento, reduções nas vazões, etc.);
- Condicionantes naturais do meio: clima, solo, cobertura vegetal, topografia, geologia e outros;
- Áreas ambientais especiais, cuja ocupação tem reflexos sobre os recursos hídricos: áreas de vegetação, encostas, áreas mais sujeitas à erosão, áreas de nascentes, áreas de recarga de aquíferos;
- Áreas de importância ecológica, paisagística ou de valor histórico-cultural;
- Existência ou não de infraestrutura sanitária para receber os efluentes líquidos de origem, principalmente, urbana e industrial;
- Produção de resíduos sólidos ou gasosos cuja destinação possa causar impactos sobre os recursos hídricos.

Em relação ao **controle do parcelamento e ocupação do solo**, existem alguns princípios básicos a serem respeitados:

O melhor projeto de parcelamento é aquele cuja distribuição das vias públicas e dos lotes considera a topografia do terreno e os caminhos naturais de escoamento das águas, que preserva as áreas marginais aos

recursos hídricos, que protege áreas de valor ecológico, e que prevê lotes maiores e com menor ocupação para as áreas especiais do ponto de vista ambiental (MOTA, 2008, p. 207).

Em áreas urbanas, os **índices urbanísticos**, que constituem parâmetros que direcionam a ocupação do solo, devem ser estabelecidos considerando as características naturais da área a ser ocupada. São exemplos de índices urbanísticos definidos visando à proteção de recursos hídricos (MOTA, 2008, p. 262-263):

- Definição de taxas de ocupação menores, objetivando permitir maiores terrenos livres, em áreas tais como encostas, de vegetação, de proteção, de recarga de aquíferos, ou visando à redução do escoamento superficial e da erosão;
- Especificação de tamanhos de lotes e de taxas de ocupação, em função da infraestrutura sanitária existente. Lotes maiores e mais terrenos livres devem ser previstos para os locais onde não existem sistemas públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário;
- Definição de densidades populacionais maiores para as áreas onde uma ocupação mais adensada é recomendada (por exemplo, onde existe uma infraestrutura adequada); e menores para os terrenos indicados para utilização mais rarefeita (áreas de importância ambiental, paisagística ou de valor histórico-cultural);
- Estabelecimento de índices de permeabilidade, ou seja, percentuais das áreas dos lotes a permanecerem permeáveis, em relação à área total, de modo a permitir a infiltração da água;
- Definição de recuos mínimos para as edificações nos lotes, de forma a possibilitar a adoção de soluções individuais de abastecimento de água e de destinação de esgotos (fossas), onde não existem soluções coletivas de esgotamento.

A definição do zoneamento dos usos e da ocupação do solo urbano deve considerar a existência ou não da **infraestrutura sanitária**. As dimensões dos lotes devem ser função da infraestrutura sanitária. Três situações devem ser consideradas (MOTA, 2008, p. 265-266):

- A área dispõe de sistemas públicos de água e de esgoto: nesses casos, praticamente, não existem riscos de contaminação do lençol freático ou de mananciais superficiais. Nessas áreas são permitidos lotes menores e maior adensamento populacional, dependendo de outros fatores urbanísticos, devendo ser consideradas as densidades para as quais os serviços de água e de esgoto foram dimensionados.

- A área dispõe de sistema público de água, mas não conta com sistema público de esgoto: nessas situações, a adoção de fossas não causará a poluição da água de consumo humano, uma vez que a mesma provém do sistema público. No entanto, deve ser observada a capacidade do solo de absorver os efluentes de fossas, pois, ao sendo possível a adoção de sistemas tipo sumidouros ou valas de infiltração, esses efluentes terão de ter, obrigatoriamente, um outro destino, podendo resultar na poluição de recursos hídricos. Os lotes devem ser maiores, de modo a permitir a absorção do esgoto efluente de fossas. Devem ser observadas as densidades para as quais a rede de água foi dimensionada.

- A área não dispõe de sistemas públicos de água e de esgoto: há necessidade da execução de poço e fossa no lote; nesses casos, os riscos de poluição do lençol freático são muito grandes, havendo necessidade de um rigoroso controle no uso de fossas. Os lotes devem ser bem maiores, para permitir a absorção do esgoto e o afastamento a ser observado entre o poço e a fossa. Baixas densidades são recomendadas.

2.4 – Conceitos, princípios e modelos de gerenciamento de recursos hídricos

A **gestão de recursos hídricos** constitui parte de uma abordagem muito mais ampla concernente à gestão ambiental, tendo assumindo nos últimos anos grande importância no cenário nacional, especialmente em virtude dos problemas relacionados à degradação quantitativa e qualitativa das águas e aos conflitos entre os múltiplos usos e usuários dos recursos hídricos, sobretudo em áreas de forte concentração urbana e industrial. Mota (2008, p. 131) destaca que “a gestão de recursos hídricos deve integrar o conjunto de ações da gestão ambiental, uma vez que os mananciais de água, superficiais e subterrâneos, fazem parte do ambiente como um todo, interagindo com os outros recursos e com a ação humana”.

Assim, tendo em vista que a necessidade de resolução dos conflitos relacionados ao uso dos recursos hídricos pelos diversos setores usuários constitui um ponto fundamental para a gestão de recursos hídricos no Brasil, Lanna (2007, p. 744) afirma que “a gestão de recursos hídricos é uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos”. Já o gerenciamento de recursos hídricos pode ser definido como o “conjunto de ações governamentais destinadas a regular o uso e o controle dos recursos hídricos e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela política dos recursos hídricos.” (LANNA, 2007, p. 744).

O processo de gestão de recursos hídricos possui um fim em si, que é o de proporcionar a utilização racional da água pela sociedade. Campos e Vieira (1993, p. 84) afirmam que a gestão das águas pode ser definida como “a forma pela qual se busca equacionar e resolver as questões de escassez relativa da água”. Essa concepção é endossada por Barth e Pompeu (1987, p.12), ao ressaltarem que a “gestão dos recursos hídricos, em sentido lato, é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos”. De maneira similar também se expressa Yassuda (1993, p. 07), afirmando que a gestão integrada dos recursos hídricos deve assegurar a “preservação, uso, recuperação e conservação da água em condições satisfatórias para os seus múltiplos usuários e de forma compatível com a eficiência e o desenvolvimento equilibrado e sustentável da região”.

A necessidade de se compatibilizar e harmonizar os interesses e necessidades de diferentes usuários demonstra de forma clara que “a condição fundamental para que a gestão de recursos hídricos se realize é a motivação política para a sua efetiva implantação” (BARTH e POMPEU, 1987, p. 12). A motivação política permite que se planeje o aproveitamento e o controle dos recursos hídricos e que sejam implantadas as obras e as medidas recomendadas, controlando-se as variáveis que possam afastar os efeitos nocivos ao planejado. Partindo dessas premissas, é possível concluir que o gerenciamento de recursos hídricos constitui um “processo dinâmico, ambientalmente sustentável, o qual, baseado numa adequada administração da oferta das águas, trata da organização e compatibilização dos diversos usos setoriais dos recursos hídricos, tendo por objetivo uma operação harmônica e integrada das estruturas decorrentes, de forma a se obter o máximo benefício dessas estruturas” (COIMBRA, ROCHA e BEEKMAN, 1999, p. 37).

A gestão de recursos constitui um processo alicerçado em alguns **princípios** fundamentais. Na Declaração de Dublin, de 1992, resultante da Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, foram estabelecidos quatro princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos. Esses princípios são (RIBEIRO, 2008, p. 79-80), são:

- **Princípio n.º 1** – A água potável é um recurso vulnerável e finito, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente. Como a água sustenta a vida, o manejo efetivo dos recursos hídricos demanda uma aproximação holística, ligando o desenvolvimento social e econômico com a proteção dos ecossistemas naturais. O manejo efetivo conecta usos do solo e da água através da área de captação ou aquíferos subterrâneos.

- **Princípio n.º 2** – O manejo da água deve ser baseado em uma abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e criadores de políticas em todos os níveis. Uma abordagem participativa envolve aumentar a consciência da importância da água entre os criadores de políticas e o público geral. Isso significa que as decisões são tomadas no nível apropriado, com total consulta ao público e envolvimento dos usuários no planejamento e implementação dos projetos.

- **Princípio n.º 3** – As mulheres têm parte central na provisão, no manejo e na salvaguarda da água. O papel das mulheres como provedoras, usuárias e guardiãs de todos os ambientes vivos raramente tem se refletido em arranjos institucionais para o desenvolvimento e o gerenciamento de recursos hídricos. A aceitação e a

implementação desse princípio requerem políticas positivas que se enderecem às necessidades específicas das mulheres, objetivando equipá-las e fortalecê-las para que possam participar em todos os níveis dos programas de recursos hídricos, incluindo a tomada de posição e a sua implementação da maneira definida por elas.

• **Princípio n.º 4** – A água tem valor econômico em todos os seus usos e deve ser reconhecida como um bem econômico. Dentro desse princípio é vital reconhecer, primeiramente, o direito básico de todos os seres humanos ao acesso à água potável e ao saneamento a preços acessíveis. Fracassos ocorridos no passado no sentido de se reconhecer o valor econômico da água levaram ao desperdício do recurso e aos usos danosos para o meio ambiente. O manejo da água como um bem econômico é uma maneira importante de atingir um uso eficiente e equitativo, e encorajar a conservação e a proteção do recurso.

A partir dos postulados emanados da Conferência da Água de Dublin e da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, foram evidenciados alguns princípios fundamentais que devem orientar qualquer processo de gerenciamento de recursos hídricos, conforme apontam Coimbra, Rocha e Beekman (1999, p. 28-29):

- a) O acesso aos recursos hídricos deve ser um direito de todos;
- b) A água deve ser considerada um bem econômico;
- c) A bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de planejamento;
- d) A disponibilidade de água deve ser distribuída segundo critérios sociais, econômicos e ambientais;
- e) Deve haver a presença de um órgão central normativo de um sistema de planejamento e controle;
- f) A cooperação internacional deve visar ao intercâmbio científico e tecnológico;
- g) Quando os rios atravessam ou servem de fronteiras entre países, a cooperação internacional é indispensável;
- h) Os usuários devem participar da administração da água;
- i) A avaliação sistemática dos recursos hídricos de um país é responsabilidade nacional;
- j) Recursos financeiros devem ser assegurados para isso;
- l) Deve haver o estabelecimento de sistemas eficazes de avisos, objetivando mitigar situações hidrológicas críticas;

m) Deve haver um aumento sistemático da capacitação de recursos humanos objetivando a gestão da água.

Outros autores, como Cunha et al. (1980), também apontam vários princípios orientadores para gestão racional do uso, do controle da proteção das águas:

a) A avaliação dos benefícios para a coletividade resultantes da utilização da água deve ter em conta as várias componentes da qualidade de vida: nível de vida, condições de vida e qualidade do ambiente;

b) A unidade básica de gestão dos recursos hídricos deve ser a bacia hidrográfica;

c) A capacidade de autodepuração dos cursos de água deve ser considerada como um recurso natural cuja utilização é legítima, devendo os benefícios resultantes de tal utilização ser revertidos para a coletividade; a utilização dos cursos de água como meio receptor de efluentes rejeitados não deve, contudo, provocar a ruptura dos ciclos ecológicos que garantem os processos de autodepuração;

d) A gestão de águas deve abranger tanto as águas interiores superficiais e subterrâneas como as águas marítimas costeiras;

e) A gestão dos recursos hídricos deve considerar a estreita ligação existente entre os problemas de quantidade e qualidade das águas;

f) A gestão dos recursos hídricos deve processar-se no quadro do ordenamento do território, visando a compatibilização, nos âmbitos regional, nacional e internacional, do desenvolvimento económico e social com os valores do meio ambiente;

g) A crescente utilização dos recursos hídricos, bem como a unidade destes em cada bacia hidrográfica, acentuam a incompatibilidade da gestão de águas com sua propriedade privada;

h) Todas as utilizações dos recursos hídricos, com exceção das correspondentes a captações diretas de água de carácter individual, para a satisfação de necessidades básicas, devem estar sujeitas a autorização do Estado;

i) Para pôr em prática uma política de gestão de águas é essencial assegurar a participação das populações por meio de mecanismos devidamente institucionalizados;

j) A autoridade em matéria de gestão dos recursos hídricos deve pertencer ao Estado;

l) Na definição de uma política de gestão de águas devem participar todas as entidades com intervenção nos problemas da água. Todavia, a responsabilidade pela

execução dessa política deve competir a um único órgão que coordene, em todos os níveis, a atuação daquelas entidades em relação aos problemas da água.

Barth e Pompeu (1987, p. 04-05) ressaltam que a gestão de recursos hídricos deve considerar de forma integrada e harmônica os seguintes princípios básicos referentes às características e às propriedades das águas:

a) Referentes ao ciclo hidrológico: a água é um recurso natural renovável e móvel; os fenômenos do ciclo hidrológico têm caráter aleatório; as fases do ciclo hidrológico são indissociáveis e as normas jurídicas devem evoluir no sentido de reconhecerem essa unidade; a água ocorre irregularmente, no tempo e no espaço, em função das condições geográficas, climáticas e meteorológicas; os eventos extremos, como as cheias e as estiagens, são combatidos em razão dos seus efeitos econômicos e sociais, mas os resultados são limitados face aos riscos associados.

b) Referentes à qualidade da água: a água sofre alterações de qualidade nas condições naturais do ciclo hidrológico, mas as alterações mais importantes decorrem das ações humanas; os corpos de água têm capacidade de assimilar esgotos e resíduos e autodepurar-se, mas essa capacidade é limitada; a concentração de poluentes nas águas é inversamente proporcional às vazões, e os atributos de quantidade e qualidade são indissociáveis; o tratamento prévio de esgotos urbanos e industriais é fator fundamental para a conservação dos recursos hídricos; substâncias tóxicas e conservativas e organismos patogênicos podem provocar poluição e contaminação irreversíveis das águas; a erosão do solo provoca a poluição e obstrução dos corpos de água.

c) Referentes à água como insumo energético: o ciclo hidrológico propicia à água potencial energético renovável; a energia hidrelétrica é a opção energética que menos efeitos negativos provoca no meio ambiente; a disponibilidade de energia hidrelétrica é aleatória, como as vazões.

d) Referentes ao aproveitamento da água: a água é essencial à vida e necessária para quase todas as atividades humanas; presta-se a múltiplos usos, cada um com suas peculiaridades; quando há escassez de água, ela precisa ser gerida como bem de alto valor econômico; para geração hidrelétrica, a água é valioso insumo, permitindo o retorno de altos investimentos, o que geralmente não ocorre com outros usos.

e) Referentes ao controle da água: em condições de abundância e uso pouco intensivo da água, são desnecessários maiores cuidados com o controle, em termos de quantidade e qualidade; quando em situações de escassez relativa, essa medida precisa

ser exercida, considerando o controle do regime, da poluição, da erosão do solo e do assoreamento.

Para que a gestão de recursos hídricos possa realizar-se segundo os princípios fundamentais elencados acima, é necessário adotar procedimentos integrados de planejamento e de administração.

O **planejamento de recursos hídricos** “visa à avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais” (BARTH e POMPEU, 1987, p. 12). Engloba, portanto, um conjunto de procedimentos organizados que devem garantir o atendimento das demandas de água, tendo em vista a disponibilidade restrita deste recurso. Para tanto, é necessário planejar a longo prazo, tendo-se em vista, sobretudo, o tempo de maturação e da vida útil de obras hidráulicas e a repercussão das decisões tomadas, que se refletem por várias gerações e são, em boa parte dos casos, irreversíveis. Justamente em função da necessidade de planejar a longo prazo é que os planos de recursos hídricos devem contemplar programas e projetos de curto e médio prazos, compatíveis com os horizontes de planos de desenvolvimento e dos orçamentos públicos.

Já a **administração de recursos hídricos** pode ser definida como “o conjunto de ações necessárias para tornar efetivo o planejamento, com os devidos suportes técnicos, jurídicos e administrativos” (BARTH e POMPEU, 1987, p. 12-13). Seu objetivo, portanto, é a implantação das medidas e das obras previstas nos planos de recursos hídricos, incluindo-se, entre seus instrumentos, a outorga do direito de uso de recursos hídricos, o controle e a fiscalização. Constitui ainda um instrumento de revisão permanente e dinâmica dos planos de recursos hídricos, permitindo o ajuste de objetivos e de metas a novas conjunturas, sem os mesmos se tornem obsoletos ou irreais. É importante ressaltar que a administração independe da existência do plano, mas caso ele exista, será indispensável para a sua implementação.

As ações governamentais são refletidas através das leis, decretos, normas e regulamentos vigentes e, em função disso, a gestão de recursos hídricos eficiente deve ser constituída por uma política dos recursos hídricos, que contenha: a) as diretrizes gerais; b) um modelo de gerenciamento, que estabeleça a organização legal e institucional; e c) um sistema de gerenciamento, que reúna os instrumentos para o preparo e a execução do planejamento de recursos hídricos (LANNA, 2007, p. 745). Já Campos e Vieira (1993, p. 84) ressaltam que o gerenciamento das águas é uma “função

ampla que exige conhecimento profundo da hidrologia regional, coordenação institucional e um aparato jurídico adequado”.

A gestão dos recursos hídricos deve desempenhar funções e operacionalizar um conjunto de ações específicas e integradas. Assim, Coimbra, Rocha e Beekman (1999, p. 21-25) destacam a necessidade da existência de três elementos fundamentais para a gestão de recursos hídricos, cujas características são:

a) Base técnica: deve ser composta por equipes com vários graus de escolaridade, para assegurar confiabilidade e eficácia; visa garantir o conhecimento dos regimes dos rios e de suas sazonalidades, dos regimes pluviométricos das diversas regiões hidrográficas e de uma série de informações sobre o ciclo hidrológico, além de garantir a elaboração de instrumentos importantes, como os Planos Diretores de Bacias Hidrográficas, Planos Regionais de Recursos Hídricos, Planos de Desenvolvimento Regional e planos setoriais, nos quais a água é considerada como insumo dos processos; pode incluir a montagem de rede de monitoramento hidrológico, para coletar e tratar informações no tempo e espaço, incluindo as redes pluviométrica, fluviométrica, hidrogeoquímica, evaporimétrica, piezométrica, etc.

b) Base legal: o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser embasado em sólidos fundamentos legais e contar sempre com o apoio jurídico; as leis relativas aos recursos hídricos constituem importantes instrumentos de gestão que o gestor deve ter constantemente ao seu alcance; compete também ao gestor, em matéria legal, conhecer os objetivos e as estruturas dos órgãos e os organismos e as associações que de alguma forma tratam da oferta, uso, controle e conservação dos recursos hídricos.

c) Ordenamento institucional: tendo-se em vista os diferentes domínios e os usos da água, bem como as diversas organizações governamentais e não-governamentais ocupadas com a questão hídrica, deve-se estabelecer uma forma sistêmica de gerenciamento dos recursos hídricos, adotando a composição de colegiados em diversos níveis, seguindo a estrutura básica – colegiado superior, colegiados de bacias hidrográficas e apoio técnico e administrativo; essa estrutura básica poderá ser utilizada nos níveis estadual, federal e internacional; colegiados intermediários, câmaras técnicas e braços executivos de colegiados de bacias hidrográficas, tais como agências de bacia hidrográfica, também poderão ser criados, dependendo da peculiaridade das áreas e das questões fundamentais a serem tratadas.

De maneira similar, é possível ressaltar a necessidade de se dispor de tecnologia, de instrumentos e de recursos humanos adequados e suficientes para a gestão de recursos hídricos:

A tecnologia consiste em um instrumental para medição de fenômenos hidrológicos, das derivações de água e conhecimento científico para avaliar a disponibilidade hídrica e a capacidade de autodepuração dos cursos de água, ou seja, o conhecimento requerido para o planejamento e a administração dos recursos hídricos.

Os instrumentos são um conjunto de mecanismos, regras e normas técnicas, econômicas e legais que fornecem a base de atuação e vão condicionar a estruturação das instituições que compõem o sistema de gestão, como as políticas e os planos de recursos hídricos.

Os recursos humanos compõem o conjunto dos decisores, técnicos, usuários de água e interessados nas questões hídricas (CONEJO, 1993, p. 29).

Considerando que a atividade de “gerenciar águas consiste em trabalhar com diversos processos naturais e sociais, com a abordagem sistêmica, com o objetivo de compatibilizar e garantir água para os múltiplos usos, para as atuais e futuras gerações” (LEAL, 2000, p. 12), pode-se afirmar que a implementação dessa gestão requer a execução apropriada de pelo menos cinco funções gerenciais: gerenciamento dos usos setoriais da água, gerenciamento interinstitucional, gerenciamento das intervenções em bacias hidrográficas, gerenciamento da oferta de água e gerenciamento ambiental. Tais atividades, segundo Lanna (2007, p. 762-764), podem ser assim descritas:

- **Gerenciamento dos usos setoriais da água (GERUSA):** trata das medidas que visem ao atendimento de demandas setoriais de uso da água. Esse gerenciamento é levado a efeito através de planejamentos setoriais e de ações de instituições públicas e privadas ligadas a cada uso específico dos recursos hídricos: abastecimento público e industrial, esgotamento sanitário, irrigação, navegação, geração de energia elétrica, recreação, etc. Idealmente, esses planejados setoriais deverão ser compatibilizados entre si no âmbito de cada bacia hidrográfica e com o planejamento global do uso dos recursos ambientais, no âmbito regional ou nacional. Essa compatibilização, entretanto, é realizada através das demais funções gerenciais;

- **Gerenciamento interinstitucional (GERINT):** tendo como palavras-chave os termos “coordenação” e “articulação”, é a função que visa: a) à integração das demais funções gerenciais entre si; b) à integração dos diversos órgãos e instituições ligados à água, com especial ênfase à questão qualidade *versus* quantidade; c) à integração do

Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos ao Sistema Global de Coordenação e Planejamento, através, dentre outros instrumentos, do estabelecimento de uma Política de Recursos Hídricos.

- **Gerenciamento de intervenções em bacias hidrográficas (GERIBA):** trata da projeção espacial das duas funções anteriores no âmbito específico de cada bacia hidrográfica, visando: a) compatibilizar os Planejamentos Setoriais elaborados pelas entidades que executam na bacia hidrográfica o Gerenciamento dos Usos Setoriais da Água, mediante Planejamentos Multissetoriais de Uso da Água; b) integrar ao planejamento do uso dos recursos hídricos e dos demais recursos ambientais da bacia hidrográfica as instituições, agentes e representantes da comunidade nela intervenientes.

- **Gerenciamento da oferta de água (GEROFA):** é a função de compatibilização dos Planejamentos Multissetoriais de Uso da Água, propostos pelas entidades que executam o gerenciamento anterior, com os planejamentos e diretrizes globais de planejamento estabelecidos pelo poder público, que é, constitucionalmente, o proprietário dos recursos hídricos. Também poderá compatibilizar as demandas de uso da água entre si, quando essa função não puder ser realizada pela entidade responsável pelo Gerenciamento das Intervenções na Bacia Hidrográfica (um comitê de bacia hidrográfica, por exemplo), seja por conflitos e por outros problemas operacionais, seja por sua inexistência. O instrumento utilizado para o cumprimento dessa função gerencial é a outorga pelo poder público do direito de uso dos recursos hídricos, incluindo o lançamento de poluentes. Deve ser entendido que o uso dos recursos hídricos, hoje em dia, não pode resultar de mera agregação das pretensões, demandas e planos de usuários setoriais. É preciso que haja uma compatibilização e um rateio através de cotas (outorga do direito de uso) e/ou tarifas (cobrança pelo uso) estabelecidas pelo poder público, a fim de que o uso global das águas implique o máximo de benefícios para a sociedade;

- **Gerenciamento ambiental (GERAMB):** refere-se ao planejamento, monitoramento, licenciamento, fiscalização e administração das medidas indutoras do cumprimento dos padrões de qualidade ambiental, efetivadas através de um amplo leque de instrumentos administrativos e legais: estabelecimento de padrões de emissão, cobrança de multas e de taxas de poluição, promoção de ações legais, etc. Essa função gerencial deveria, a rigor, ser considerada de forma a abranger a de Gerenciamento da Oferta de Água. Afinal, o Gerenciamento Ambiental deve tratar da oferta de todos os recursos ambientais, entre os quais se encontra a água.

É importante ressaltar que “essas funções gerenciais, para serem operacionalizadas, devem estar presentes na política e sistema de gestão das águas, de modo que permitam às instâncias colegiadas cumprirem suas atribuições” (LEAL, 2000, p. 13).

A **política de recursos hídricos** pode ser entendida como um “conjunto consistente de princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne à regulamentação ou modificação nos usos, controle e proteção dos recursos hídricos” (LANNA, 2007, p. 744). A implementação dessa política passa necessariamente pela estruturação e operacionalização de um **sistema de gerenciamento de recursos hídricos**, entendido como o “conjunto de organismos, agências e instalações governamentais e privadas, estabelecidos com o objetivo de executar a política dos recursos hídricos através do modelo de gerenciamento dos recursos hídricos adotado e tendo por instrumento o planejamento de recursos hídricos” (LANNA, 2007, p. 745).

Coimbra, Rocha e Beekman (1999, p. 32) consideram o sistema de gerenciamento de recursos hídricos como o mecanismo que promove a dinâmica do arranjo institucional da gestão. Com relação a esse sistema, pode-se ressaltar que:

O sistema de gerenciamento de recursos hídricos caracteriza-se pela responsabilidade de implantar a política de gestão, procurando articular institucionalmente os diversos campos da administração pública que se relacionam com o recurso/objeto da gestão e propiciar a participação de setores sociais e de usuários interessados na gestão deste recurso natural. A estruturação sistêmica da gestão implica, de certa forma, em transformações e adaptações institucionais, redefinindo as ações e competências de órgãos públicos e privados relacionados aos recursos hídricos.

Outras finalidades importantes desse sistema são a articulação e cooperação entre os setores participantes e interessados, a otimização dos recursos financeiros, evitando sobreposição e desarticulação das ações que visam preservar, recuperar e conservar os recursos hídricos, e a implantação dos princípios aceitos e estabelecidos para a gestão das águas (LEAL, 2000, p. 14).

A evolução dos mecanismos institucionais (legais e organizacionais) e financeiros do gerenciamento de recursos hídricos ocorreu ao longo de três fases. A transição de uma fase a outra se caracterizou pela adoção de modelos gerenciais cada vez mais complexos, que possibilitaram, não obstante a isso, uma abordagem mais eficiente do problema. Assim, a literatura registra a existência de três formas ou

modelos de gerenciamento de recursos hídricos. São eles: o modelo burocrático, o modelo econômico-financeiro (ou custo-benefício) e o modelo sistêmico de integração participativa (MSIP).

O **modelo burocrático** começou a ser implantado no final do século XIX. No Brasil, o marco referencial de sua implantação foi estabelecido na década de 1930, através da aprovação do Decreto Federal n.º 24.643, de 10 de junho de 1930, conhecido como Código de Águas. Tendo como características principais a racionalidade e a hierarquização, esse modelo funciona essencialmente a partir da atuação do administrador, cuja função “é cumprir e fazer cumprir os dispositivos legais que, na maioria dos casos, constituem-se em leis, decretos, portarias, resoluções e normas” (FREITAS, 2005, p. 63). As entidades públicas, geralmente de natureza burocrática, concentram grande autoridade e poder, trabalhando com processos casuísticos e reativos responsáveis pela concessão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos, pelo licenciamento de usos, pela aprovação de obras hidráulicas, pelo registro dos autos de infração e pela fiscalização. O desenvolvimento de todas essas atividades pode levar à aplicação de multas ou de advertências e até mesmo à cassação de licenças de funcionamento.

Apesar dos sistemas atuantes desse modelo funcionarem através de negociações político-representativas e jurídicas, o processo de negociação é pouco utilizado, o que faz com que o mesmo seja “omisso nos casos de planejamento estratégico, na negociação política direta e nos casos de geração de recursos financeiros para seu funcionamento” (FREITAS, 2005, p. 63). Além disso, em função de tais limitações, é comum que sejam também “deficientes nos casos de licenciamento ambiental, na resolução de conflitos, que poderão exigir mais instrumentos legais adicionais, inoperantes quase sempre, e na aplicação do poder de polícia, gerador de conflitos, na maioria dos casos” (FREITAS, 2005, p. 63).

Nesse modelo, as reações e os comportamentos humanos são considerados previsíveis e dirige-se uma excessiva atenção aos aspectos formais, impedindo a percepção de elementos dinâmicos, como o meio em que a organização se insere, a personalidade dos atores que nela contracenam e as relações de poder que permeiam a organização. Em função disso, Lanna (1995, p. 76) ressalta que a estrutura do modelo possibilita o desenvolvimento de uma série de anomalias, quais sejam:

- A visão fragmentada do processo de gerenciamento, fazendo com que os atores exacerbem a importância das partes de sua competência e se alheiem dos resultados finais pretendidos e que justificam a própria existência do gerenciamento;
- Desempenho restrito ao cumprimento de normas e o engessamento da atividade de gerenciamento devido à falta de flexibilidade para o atendimento de necessidades não rotineiras;
- Dificuldade de adaptação a mudanças internas e externas, com tendência a perpetuação de normas de procedimento, mesmo após a extinção dos fatos que as geraram;
- Centralização do poder decisório nos escalões mais altos, geralmente distantes do local em que ocorre a demanda de decisão, com demoras desnecessárias e descompromisso da parte que recebe as demandas, mas não tem o poder de atendê-las;
- Padronização no atendimento a demandas, que nem sempre considera expectativas ou necessidades específicas, resultando em conflitos que reforçam a percepção da ineficiência e da falta de eficácia e comprometem a imagem do sistema de gerenciamento;
- Excesso de formalismo, do qual decorrem controles sobre controles, exigindo pessoal para acompanhamento, registro de dados e supervisão de trabalhos, acúmulo de documentos em diversas vias, morosidade no processo de comunicação e de ação e demais eventos característicos;
- Pouca ou nenhuma importância dada ao ambiente externo pelo sistema de gerenciamento, que possui demandas nem sempre percebidas; as pressões externas, quando acentuadas, são vistas como ameaças indesejadas e não como estímulos ao desenvolvimento e à inovação.

As fragilidades deste modelo podem ser assim sintetizadas:

Nessa fase, o uso e a conservação racional dos recursos hídricos ficam seriamente comprometidos. A autoridade pública torna-se ineficaz, devido à sua visão fragmentária do problema e ao seu posicionamento longínquo da realidade física e socioeconômica. Por isso mesmo, torna-se também politicamente frágil diante de grupos de pressão interessados em concessões, autorizações ou licenciamentos para benefício setorial ou unilateral, principalmente em país-continente como o Brasil, com o poder centralizado na capital (YASSUDA, 1989, p. 48).

A necessidade de um modelo de gerenciamento das águas operacionalizado e instrumentalizado por uma legislação efetiva, que encontrasse no processo civil ou no processo criminal uma alternativa extrema de negociação, mas nunca sua única opção para promoção do desenvolvimento sustentável, acabou levando à superação deste modelo e ao desenvolvimento de outro para substituí-lo. É interessante ressaltar que “esse mecanismo institucional foi válido no tempo da sociedade agrícola de até 30 anos atrás, quando as intervenções humanas eram de pequena magnitude, em face dos caudais e da capacidade auto-regenerativa dos rios e lagos” (YASSUDA, 1989, p. 48). Porém, é importante ressaltar que “apesar de ter fracassado na produção de um gerenciamento eficiente das águas no Brasil, esse modelo encontrou condições propícias para ser reformulado com o preparo das novas constituições federal e estaduais, a partir de 1988” (SETTI et al., 2000, p. 82).

O **modelo econômico-financeiro** (ou **custo-benefício**) pode ser considerado como um reflexo ou um desdobramento da política econômica preconizada por John Maynard Keynes, que destacava a relevância do papel do Estado como empreendedor, interventor e regulador, largamente difundida na década de 1930 num esforço de superação da grande depressão capitalista que se sucedeu após a crise de 1929 e que teve como uma das consequências a criação, nos Estados Unidos da América, da *Tennessee Valley Authority*, em 1933, identificada como a primeira Superintendência de Bacia Hidrográfica. É também fruto da análise custo-benefício, cujas bases de aplicação aos recursos hídricos foram estabelecidas pelo *Flood Control Act*, novamente nos Estados Unidos da América, em 1936. No Brasil, tem como marco de sua aplicação a criação, em 1948, da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF).

O modelo adota como principais formas de negociação a político-representativa e a econômica, que geralmente não levam em conta os problemas locais. Caracteriza-se pelo emprego de instrumentos econômicos e financeiros, ministrados pelo poder público, para promoção do desenvolvimento econômico nacional ou regional e indução à obediência das disposições legais vigentes. Outras características deste modelo são: possui funções deliberativa, normativa e executiva; apresenta fontes específicas de financiamento; não prevê a negociação política direta; e não possui órgãos colegiados. Existem vários exemplos de aplicação dos princípios adotados por este modelo em vários países do mundo, destacando-se:

O exemplo mais importante dessa fase econômico-financeira, em quase todos os países, diz respeito aos mecanismos criados para facilitar o financiamento de planos de disposição de esgotos urbanos e industriais. As entidades visadas, nesse caso, são principalmente as autarquias e empresas de saneamento básico, que se vêm constituindo nos principais responsáveis pela deterioração dos recursos hídricos, causando malefícios aos demais interessados nos múltiplos usos da água. Com o oferecimento de recursos financeiros privilegiados, pretende-se forçar essas entidades a respeitarem as leis de proteção dos cursos de água contra a poluição (YASSUDA, 1989, p. 48).

Setti et al. (2000, p. 82) destacam que esse modelo pode apresentar duas orientações:

a) A primeira é alicerçada em prioridades setoriais do governo, tendo como força motora programas de investimentos em setores usuários dos recursos hídricos, como saneamento, irrigação, eletrificação e outros usos, além de adotar autarquias e empresas públicas como entidades privilegiadas;

b) A segunda, mais moderna, busca o desenvolvimento integral e, portanto, multissetorial da bacia hidrográfica. Essa segunda orientação é mais rara, devido ao fato de a organização institucional do Estado estar voltada para a promoção do desenvolvimento regional ou nacional por meio de instrumentos e critérios econômicos e financeiros aplicados pelo poder público através de secretarias de bacias hidrográficas criadas especificamente para este fim, dificultando e até inviabilizando o preparo de planos multissetoriais. As superintendências de bacia hidrográfica ficariam vinculadas, via de regra, ao ministério ou à secretaria estadual setorial cujas atribuições são limitadas ao setor específico.

O grande problema desse modelo é que o mesmo “ora age superdimensionando a questão ambiental, ora subdimensionando-a; nunca age no limite certo do seu dimensionamento” (FREITAS, 2005, p. 64). Yassuda (1989, p. 48) ressalta que “a experiência vem demonstrando a ineficácia dessa estratégia em grande número de países”. Já Setti et al. (2000, p. 83) acreditam que as principais falhas desse modelo são:

a) Adota uma concepção relativamente abstrata para servir de suporte à solução de problemas contingenciais: o ambiente mutável e dinâmico exige grande flexibilidade do sistema de gerenciamento para adaptações frequentes e diversas;

b) No caso do gerenciamento das águas, ele esbarra na necessidade de se criar um enorme sistema que compatibilize as intenções espaciais e temporais de uso e de proteção das águas, ficando ainda mais evidenciada a necessidade de flexibilidade, o

que leva à definição de sistemas parciais, relativamente fechados, como demonstra a experiência brasileira;

c) Nessa orientação, a injeção de recursos financeiros acarreta o desenvolvimento dos setores selecionados pelos programas governamentais, o que pode causar um desbalanceamento entre os diversos usos dos recursos hídricos e desses usos com os objetivos de proteção das águas, o que, por sua vez, pode acarretar uma apropriação excessiva por certos setores, o que restringe a utilização social ou mesmo economicamente ótima da água;

d) Possibilita a intensificação do uso setorial não integrado em certas bacias hidrográficas de importância econômica, acarretando quase sempre os mesmos conflitos presentes no modelo burocrático; nesse caso, com caráter intersetorial e, até mesmo, intrasetorial;

e) Finalmente, tende a subdimensionar ou a superdimensionar a questão ambiental no processo de planejamento integrado da bacia hidrográfica, dando origem a processos traumáticos de contestação por parte de grupos desenvolvimentistas ou ambientalistas;

f) Falha na promoção do gerenciamento integral das águas, pois não assegura o tratamento global de todos os problemas e oportunidades de desenvolvimento e de proteção, porque depende das diretrizes estabelecidas pelo poder público, que eventualmente é distante e insensível aos problemas locais e, do ponto de vista organizacional, é restrito ao tratamento setorial;

g) Tende a criar entidades públicas com grandes poderes, que estabelecem conflitos com outras pré-existentes, resultando em impasses políticos de difícil solução;

h) Quando os programas são encerrados, muitas vezes são perdidos grandes investimentos realizados para propiciar um uso setorial dos recursos hídricos que não será mais privilegiado no futuro, ou a bacia hidrográfica se torna extremamente vulnerável a atividades com potencial de degradação ambiental.

Muitas vezes, esse modelo prioriza a criação de entidades responsáveis pela promoção do desenvolvimento integral da bacia hidrográfica. Tais entidades, geralmente de grande porte e com funções multissetoriais, têm enorme dificuldade de articular suas ações com os usuários e a comunidade. O resultado é que acabam por se tornarem entidades fortemente burocratizadas e marcadas pela hegemonia do poder executivo nas ações de âmbito setorial, impedindo a continuidade no desenvolvimento e

na aplicação de planos de ação integrada e com uma prática carente de uma discussão e uma fundamentação social competente.

Porém, em que pese a existência de inúmeras falhas e limitações, o modelo econômico-financeiro, “mesmo com a orientação setorial adotada, representa um avanço em relação ao anterior, já que, pelo menos setorial e circunstancialmente, possibilita a realização do planejamento estratégico da bacia e canaliza recursos financeiros para implantação dos respectivos planos diretores” (SETTI et al., 2000, p. 83), o que permite a ocorrência de um certo grau de desenvolvimento no uso, no controle ou na proteção das águas.

O **modelo sistêmico de integração participativa (MSIP)** reúne entidades que trabalham através da aplicação conjunta dos quatro tipos de negociação social: econômica, política direta, político-representativa e jurídica.

O modelo permite a democratização das ações através dos colegiados que o compõem. Além disso, neste modelo são adotados instrumentos de gestão como a cobrança pelo uso de recursos hídricos, o princípio do poluidor-pagador e do beneficiário-pagador e o rateio do custo das obras de usos múltiplos dos recursos ambientais entre seus beneficiários. Yassuda (1989, p. 49) afirma que “o modelo de gerenciamento de bacias hidrográficas baseado em integração participativa implica, portanto, o comprometimento consciente da sociedade e dos usuários da água, após acaloradas discussões a respeito de custos e do interesse de todos quanto ao sucesso na gestão das águas”.

Constitui o modelo mais moderno de gerenciamento das águas, considerado estratégico para qualquer reformulação institucional e legal bem conduzida. Com a adoção deste modelo “cria-se uma vontade política local, que passa a ser o vetor preponderante do sucesso da Administração Pública na utilização múltipla e integrada dos recursos hídricos e na consequente proteção ambiental” (YASSUDA, 1989, p. 49). O modelo caracteriza-se pela criação de uma estrutura sistêmica na forma de matriz institucional de gerenciamento, responsável pela execução de funções gerenciais específicas, e também pela adoção de três instrumentos (FREITAS, 2005, p. 64-65; LANNA, 1995, p. 80; SETTI et al., 2000, p.84; YASSUDA, 1989, p. 49):

- **Planejamento estratégico regional e programação executiva por bacia hidrográfica:** baseado no estudo de cenários alternativos futuros, estabelecendo metas alternativas específicas de desenvolvimento sustentável (crescimento econômico, equidade social e sustentabilidade ambiental) no âmbito de uma bacia hidrográfica.

Vinculados a essas metas são definidos os prazos para a concretização (etapas de um período plurianual), os meios financeiros e os instrumentos legais requeridos.

- **Tomada de decisões por meio de deliberações multilaterais e descentralizadas:** corresponde à implementação da negociação social, realizada através de colegiados integrados por representantes do poder público, entidades comunitárias devidamente constituídas, usuários, classes políticas e empresariais atuantes, com paridades de representação. Tais colegiados, comumente chamados de comitês de bacia hidrográfica, utilizam quase sempre a negociação política direta e têm assegurada para si a análise e a aprovação dos planos e dos programas de investimentos vinculados ao desenvolvimento da bacia hidrográfica, permitindo o cotejo dos benefícios e dos custos correspondentes às diferentes alternativas.

- **Estabelecimento de instrumentos legais e financeiros:** tendo por base o planejamento estratégico e as decisões, são estabelecidos os instrumentos legais pertinentes e as formas de captação de recursos financeiros necessários à implementação de planos e programas de investimentos aprovados. Um de seus principais instrumentos é a cobrança direta dos usuários das águas da bacia hidrográfica, a fim de cobrir as crescentes despesas de interesse comum, indispensáveis à garantia de continuidade quantitativa e qualitativa de recursos hídricos, e face dos múltiplos objetivos do desenvolvimento regional previsto. Trata-se do critério de rateio de custos em função de benefícios, aprovado por lei com base no princípio da integração participativa (nos moldes dos direitos e obrigações já consagrados no Brasil, relativamente ao convívio e ao rateio de custos entre os condôminos de prédios de apartamentos, baseados também no princípio da integração participativa).

Uma das maiores parcelas de custos a serem rateados é aquela a ser cobrada pela utilização dos recursos hídricos como receptores e transportadores de esgotos (usualmente em direção ao proprietário ou município vizinho, situado a jusante). É o ônus do produtor de esgotos, independente de sua clássica obrigação legal de não poluir o curso de água. Yassuda (1989, p. 49) credita a tal critério de cobrança um poder de indução de excepcional importância, pois estabelece para as cidades, indústrias e demais produtores de esgotos, um critério econômico objetivo para a redução de seus custos globais, mediante:

- A construção e a operação de instalações depuradoras, capazes de reduzir eficientemente a quantidade de unidades nocivas a serem lançadas nos cursos de água;

- A melhoria da tecnologia de depuração;
- A mudança para processos industriais que consumam menos água e produzam menos insumos poluentes, além da implantação de métodos de recirculação e de reuso, reduzindo o volume de despejos e o seu conteúdo de nocividade;
- A presença de todas as partes interessadas em reuniões de integração participativa, objetivando fazer com que prevaleçam os planos mais adequados para a região e diminuam as alíquotas tarifárias.

Yassuda (1989, p. 49) destaca que em qualquer país, e particularmente no Brasil, a implantação dos mecanismos de integração participativa depende de decisões políticas e de um processo contínuo de desenvolvimento institucional e administrativo. Como parte deste processo gradativo de aperfeiçoamento, podem ser assinalados alguns instrumentos operacionais a serem especialmente valorizados:

- Equipes de profissionais capacitados, nas entidades públicas e privadas que lhes dão apoio;
- Sistema permanente de informações sobre recursos hídricos que esclareçam o público sobre o estado atual e sobre as perspectivas do balanço entre disponibilidades e demandas nas bacias hidrográficas, em face dos planos aprovados e em implantação;
- Sistema permanente de planejamento, avaliação e controle do uso múltiplo das águas em cada bacia hidrográfica, integrado a mecanismos mais amplos de desenvolvimento regional a serem paralelamente aperfeiçoados e fortalecidos.

2.5 – Aspectos legais e institucionais da gestão das águas no Brasil

O primeiro marco legal na gestão dos recursos hídricos no Brasil é o Código de Águas, estabelecido pelo Decreto Federal n.º 24.643, de 10 de julho de 1934. O Código foi instituído no momento em que o Brasil realizava a transição de uma economia primária e exportadora para uma economia urbana e industrial e necessitava incrementar a produção de energia hidrelétrica para abastecer e dinamizar o processo de industrialização.

O Projeto do Código de Águas foi elaborado em 1907 pelo jurista Alfredo Valladão, a pedido do Ministro da Indústria, Viação e Obras Públicas, e encaminhado à Câmara dos Deputados pelo Presidente da República, Affonso Penna, para apreciação, não tendo sido promulgado. Assim, a edição do Código de Águas só ocorreu quase três décadas depois, segundo Braga et al. (2006, p. 641), “devido à sua inadequabilidade tanto aos dispositivos da Constituição Federal vigente quanto aos problemas relacionados às secas periódicas que ocorriam no semi-árido nordestino”.

O regime jurídico brasileiro das águas internas (assim considerando os rios, lagos, mares interiores, portos, canais e ancoradouros, baías, golfos e estuários), nos termos da 1.ª Conferência de Direito Internacional de Haia, de 1930, é o estabelecido pelo Código de Águas e posteriores alterações, principalmente o Decreto-Lei Federal n.º 852, de 11 de novembro de 1938.

Pompeu (2006, p. 40) afirma que, “filiado ao sistema de direito romano-germânico, graças à generosidade do regime hidrológico existente em quase todo o seu território, o Brasil adotou como regra o direito próprio das regiões úmidas”. Assim, a inadequabilidade do Código de Águas poderia até mesmo ser atribuída justamente ao fato de o mesmo ter-se inspirado em legislações de países úmidos, como França e Holanda. Apesar de o Código ter previsto, em seu Artigo 5.º, a elaboração de uma legislação específica para as regiões periodicamente assoladas por secas, isso de fato nunca ocorreu.

O Código de Águas consolidou-se em três livros: Livro I – As águas em geral e sua propriedade; Livro II – Aproveitamento das águas; e Livro III – Forças hidráulicas – Regulamentação da indústria hidrelétrica.

Apesar de antigo e criticado pela incitação à gestão setorial da água, o Código foi pioneiro ao estabelecer alguns conceitos e instrumentos atualmente concebidos como modernos, tais como:

- No Artigo 109 encontra-se a proibição da poluição da água, ao definir que “a ninguém é lícito conspurcar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízo de terceiros”;

- No Artigo 36, Parágrafo 2.º, fica clara a abertura para a aplicação da cobrança pelo uso da água (aplicação do princípio usuário-pagador), ao afirmar que “o uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, conforme as leis e regulamentos da circunscrição administrativa a que pertencem”;

- O Artigo 110 estabelece que “os trabalhos para a salubridade das águas serão executados à custa dos infratores, que, além da responsabilidade criminal, se houver, responderão pelas perdas e danos que causarem e pelas multas que lhes forem impostas nos regulamentos administrativos”, consagrando o princípio poluidor-pagador;

- No Artigo 34 está presente a priorização do “uso gratuito de qualquer corrente ou nascente de águas, para as primeiras necessidades da vida”;

- O Artigo 43, referente à outorga, estabelece que “as águas públicas não podem ser derivadas para as aplicações da agricultura, da indústria e da higiene, sem a existência de concessão administrativa, no caso de utilidade pública, e, não se verificando esta, de autorização administrativa, que será dispensada, todavia, na hipótese de derivações insignificantes”;

- No Artigo 36, Parágrafo 1.º, encontra-se a definição do uso prioritário da água para o abastecimento público, ao estabelecer que, quando o uso de quaisquer águas públicas depender de derivação, em qualquer hipótese, tem “preferência a derivação para o abastecimento das populações”;

- No Artigo 51, letra a, encontra-se a defesa do aproveitamento múltiplo das águas, ao estabelecer que, em regulamento administrativo, se disporá “sobre as condições de derivação, de modo a se conciliarem quanto possível os usos a que as águas se prestam”;

- O Título III, que regulamenta o aproveitamento das águas comuns e particulares, estabelece a necessidade de preservação das condições da água pelos usuários de montante perante os usuários de jusante.

Não há dúvida de que se fazia necessária, desde a década de 1960, uma revisão do Código de Águas de 1934. Essa necessidade está expressa no Decreto Federal n.º 63.529/1968, que autorizou o então Ministro de Minas e Energia a instituir uma comissão para rever e atualizar o código, tarefa ainda não realizada até os dias atuais.

Também a falta de regulamentação de alguns de seus artigos gerou uma série de prejuízos para a gestão das águas no país. Nesse sentido, Barth (1996, p. 63) ressalta que “a falta de regulamentação do Código de Águas e o desenvolvimento da legislação ambiental acentuaram a dicotomia do gerenciamento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos”.

Porém, ainda que se reconheça a necessidade de revisão e de atualização, não se pode deixar de reconhecer os avanços realizados a partir da elaboração e promulgação do Código:

Não há dúvida de que o Código de Águas representa um marco na legislação brasileira e, se hoje é considerado obsoleto em alguns aspectos, como por exemplo a proteção das águas, ele estava adequado aos interesses e necessidades da época. Foi com o passar do tempo que as condições econômicas, tecnológicas e hidrológicas da época e vigentes na elaboração do Código se alteraram, e a norma existente deixou de se adequar à realidade (SETTI, 2005, p. 156).

Para a época, o Código de Águas estabeleceu uma política hídrica bastante moderna e complexa. O Código de Águas é considerado mundialmente como uma das mais completas leis das águas já produzidas, e os princípios nele constantes são invocados em diversos países como modelos a serem seguidos, mesmo em legislações modernas. Ainda que previstas, as medidas concernentes à recuperação, proteção e conservação das águas só foram adotadas décadas mais tarde, por outras legislações. O Código, ainda que estruturado com o principal objetivo de regulamentar a apropriação da água com vistas à sua utilização como fonte geradora de energia elétrica, possui mecanismos capazes de assegurar a utilização sustentável dos recursos hídricos, bem como garantir o acesso público às águas.

Atribui-se a dificuldade de regulamentação do Código de Águas às necessidades de intervenção estatal na regulação do uso das águas para fins hidrelétricos, que demandou grandes obras e investimentos em infraestrutura a partir de meados do século XX. O Código de Águas dispõe sobre a classificação e a utilização das águas, dando bastante ênfase ao aproveitamento do potencial hidráulico que, na década de 1930, representava uma condicionante fundamental do progresso industrial que o Brasil almejava. Braga et al. (2006, p. 642) afirmam que, de fato, “o grande mandatário da regulação hídrica desde a década de 1920 até os anos 80 foi o setor de geração

hidrelétrica, a princípio, de iniciativa do setor privado e, posteriormente, sob orientação do Estado”.

Essa centralização setorial da gestão perdurou até a década de 1970, pois “a legislação brasileira sobre recursos hídricos preocupava-se, principalmente, em disciplinar a propriedade e o uso da água, sem se ater às necessidades de conservação e preservação, principalmente em razão da abundância relativa de água no país e da percepção de que se tratava de um recurso renovável e, portanto, infinito” (MMA, 2006, p. 49). A esse respeito, Magalhães Júnior (2007, p. 122) afirma que, “apesar de muito avançado para a época, o código acarretou uma subordinação da gestão da água aos interesses do setor de energia elétrica, em prejuízo da gestão integrada dos recursos hídricos”.

Portanto, pode-se afirmar que o gerenciamento de recursos hídricos no Brasil origina-se e desenvolve-se como uma resposta às demandas do desenvolvimento urbano e industrial, sobretudo em termos de suprimento de energia elétrica de origem hidráulica:

A administração dos problemas de recursos hídricos, levando-se em conta os limites de uma bacia hidrográfica, não foi, historicamente, uma tradição no Brasil. Até os anos de 1970 as questões de recursos hídricos eram consideradas a partir das perspectivas dos setores usuários das águas, tais como hidrelétrico, navegação e agricultura, ou segundo políticas específicas de combate aos efeitos das secas e das inundações. Os grandes projetos hidráulicos eram concebidos pelos próprios setores usuários, cabendo ressaltar a participação estatal na implantação desses programas, bem como a criação de empresas estaduais de produção de energia, notadamente nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná (MMA, 2006, p. 49).

A influência dos movimentos vinculados à proteção ambiental, que ganhavam força em todo o mundo, refletiu-se de forma lenta e gradual no Brasil, especialmente no que concerne à preocupação com a preservação e a conservação dos recursos hídricos, seja em relação aos seus aspectos quantitativos, seja em relação aos seus aspectos qualitativos. A redemocratização e a tomada de consciência da degradação ambiental no âmbito internacional contribuíram de forma significativa para que a temática ambiental adquirisse relevância no país a partir da esfera estatal. Assim, na Constituição Federal de 1988, a temática ambiental ganha um capítulo específico, fundamentado no princípio geral de que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público

e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Assim, a **Constituição Federal de 1988** refletiu a modernização do debate ambiental no Brasil, afirmando que a conservação do meio ambiente está diretamente ligada ao processo de desenvolvimento. A Constituição fundamentou legalmente a gestão da água no Brasil, determinando o regime jurídico dos cursos de água e as competências legislativas e administrativas das unidades da federação.

Setti (2005, p. 151) aponta que a Constituição Federal de 1988 elevou os recursos hídricos a uma condição de especial cuidado, conforme se pode depreender do número de artigos que abordam o tema:

- a) Artigo 20, Parágrafo 1.º;
- b) Artigo 21, XII, b;
- c) Artigo 21, XIX;
- d) Artigo 22, IV;
- e) Artigo 23, XI;
- f) Artigo 26, I;
- g) Artigo 43, Parágrafo 2.º, IV;
- h) Artigo 176;
- i) Artigo 200, VI; e
- j) Artigo 231, Parágrafo 3.º.

Dos dispositivos constitucionais acima mencionados, pode-se destacar:

Artigo 20, Parágrafo 1.º:

É assegurada nos termos da Lei, aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, bem como a Órgãos da Administração Direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, e recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração (BRASIL, 1988).

Artigo 21, XII e XIX:

Compete à União:

...

XII – Explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão:

...

b) os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos;

...

XIX – instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso (BRASIL, 1988).

Artigo 22, IV:

Compete privativamente à União legislar sobre:

...

IV – águas, energia, informática, telecomunicações e radiodifusão (BRASIL, 1988).

Artigo 23, XI:

É competência da União, dos estados, do Distrito Federal e dos Municípios:

...

XI – registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios (BRASIL, 1988).

Artigo 26, I:

Incluem-se entre os bens dos Estados:

I – As águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União (BRASIL, 1988).

Em uma década na qual se iniciaram os debates sobre a necessidade de uma política e um sistema de gestão da água no país, a Constituição sacramentou o domínio público da água no Brasil (águas federais e estaduais) e estabeleceu a bacia hidrográfica como unidade territorial de base para o planejamento regional. São de domínio da União (federal) os rios, lagos e demais corpos de água que banhem mais de um estado, ou que sirvam de fronteira entre essas unidades, ou de fronteira entre o Brasil e países vizinhos, ou deles provenham ou para eles se estendam. São de domínio estadual os corpos de água que se situem exclusivamente em um estado.

Barth (1996, p. 61) afirma que “as principais mudanças introduzidas pela Constituição Federal de 1988 dizem respeito ao domínio das águas onde, salvo decisão em contrario do Poder Judiciário, desapareceram as águas municipais, as comuns e as particulares, e foi definido o domínio das águas subterrâneas para os estados”. Sintetizando, pode-se afirmar que, “atualmente, a água é um bem de domínio público, repartido entre a União e Estados membros. A Constituição não confere ao Município o

domínio sobre quaisquer espécies de águas, não mais existindo, portanto, águas municipais” (SÁ e CAMPOS, 2003, p. 211).

Esse é um aspecto importante, pois, atualmente, um dos principais instrumentos para a operacionalização dos Comitês de Bacias Hidrográficas federais é justamente a compatibilização da gestão por bacias hidrográficas em um sistema federativo no qual os interesses estaduais não são sempre convergentes. Conclui-se assim, juntamente com Magalhães Júnior (2007, p. 129), que “a existência de dois domínios da água torna ainda mais complexa a integração de esforços interinstitucionais”.

Pode-se afirmar que a Constituição Federal de 1988 representou um marco legal significativo para a gestão das águas no Brasil, principalmente ao definir, como competência da União, a criação de um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e estabelecer critérios de outorga de direitos de seu uso. Porém, mesmo com seu aspecto modernizador, a Constituição não ficou isenta de críticas por ter sido considerada centralizadora, confusa e repleta de lacunas quanto ao tema dos recursos hídricos.

Após quase uma década de avanços, foi finalmente promulgada, em 1997, a Lei Federal n.º 9.433, instituindo a **Política Nacional de Recursos Hídricos** e organizando o setor de planejamento e gestão da água no país. A **Lei das Águas**, como ficou conhecida, refletiu “a crise institucional e ambiental derivada do histórico de uso irracional, degradação da qualidade da água e rarefação dos estoques hídricos no país” (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007, p. 134). O paradigma de aumento contínuo da oferta da água e de combate aos problemas ambientais com base em medidas paliativas motivou a busca da modernização da gestão da água.

A Lei Federal n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabeleceu alguns instrumentos de planejamento e gestão dos recursos hídricos, já implementados em países como a França e a Alemanha, e que vêm sendo incentivados e adotados cada vez mais frequentemente em acordos e tratados internacionais, o que abre espaço também para um questionamento:

Apesar da sedução exercida pela experiência francesa, as reais intenções e justificativas da adoção dessa experiência como base para a reforma brasileira não ficaram isentas de desconfianças: haveria realmente uma superioridade do modelo francês, o qual seria capaz de trazer soluções para os problemas ambientais e institucionais do Brasil, ou a Lei 9.433 seria apenas a concretização de interesses

oportunistas visando à modernização do sistema para a captação de recursos financeiros dos fundos internacionais? (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007, p. 136-137).

O Título I da Lei Federal n.º 9.433/1997 trata especificamente da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecendo os seus fundamentos, objetivos, diretrizes gerais de ação e instrumentos de implementação.

A Lei das Águas baseia-se nos seguintes fundamentos:

Artigo 1.º - A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

O caráter moderno da Lei das Águas foi reforçado pela adoção dos princípios do desenvolvimento sustentável, como demonstrado nos seus objetivos (Artigo 2.º). Os objetivos da PNRH são os seguintes:

Artigo 2.º - São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

A gestão integrada da água, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos, está explícita nas diretrizes gerais de ação da referida lei (Artigo 3.º). As diretrizes gerais de ação da PNRH são as seguintes:

Artigo 3.º - Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
- III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
- V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
- VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras (BRASIL, 1997).

O Artigo 5.º estabeleceu os instrumentos que viabilizam a aplicação dos princípios da PHRH. São eles: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os **Planos de Recursos Hídricos** são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos, tal como definido no Artigo 6.º da PNRH. Nesses planos devem estar definidas as prioridades de uso, as metas desejáveis de qualidade das águas e os programas de investimentos a serem suportados com a cobrança e outras fontes de financiamento. Portanto, pode-se afirmar que “os planos de recursos hídricos, também denominados de planos diretores de recursos hídricos, são o documento programático para a bacia ou região hidrográfica, contendo as diretrizes de uso dos recursos hídricos e medidas correlatas” (CARREA-FERNANDEZ, 2003, p. 109).

O conteúdo mínimo dos planos é definido no Artigo 7.º da PNRH: diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas; prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos; diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

O Artigo 8.º da PNRH estabelece que os planos devem ser elaborados por bacia hidrográfica, por estado e para o país. Os planos diretores de recursos hídricos devem ser aprovados pelos comitês de bacia hidrográfica e às suas deliberações devem se submeter todos os agentes integrantes do Sistema Nacional de Recursos Hídricos. A legislação federal (Lei Federal n.º 9.433/1997) adotou a nomenclatura “Planos de Recursos Hídricos”, enquanto que a maior parte das leis estaduais adotou a nomenclatura “Planos Diretores de Recursos Hídricos”.

Setti (2005, p. 171) ressalta que “o plano fundamental é o plano por bacia hidrográfica, porque a bacia hidrográfica é a unidade territorial de atuação e de planejamento do sistema nacional, e porque a gestão hídrica é descentralizada”. Os planos estaduais não devem ser concebidos como somatórias dos planos de bacias hidrográficas existentes nos estados. Apesar de não poderem prescindir dos planos por bacia, os planos estaduais devem buscar a integração dos dados e das prioridades apontadas.

Na mesma linha de atuação situa-se o Plano Nacional de Recursos Hídricos, pois além das necessidades hídricas nacionais das presentes e das futuras gerações, o mesmo deverá ponderar os dados e as necessidades dos países que compartilham suas águas com o Brasil através dos rios transfronteiriços. Assim, “o Plano de Recursos Hídricos estadual não irá planejar somente para os limites políticos do Estado, mas para a realidade de todas as suas bacias e sub-bacias hidrográficas, levando em conta suas relações hídricas com os outros Estados brasileiros ou até com os países vizinhos” (SETTI, 2005, p. 172). A partir disso caminha-se naturalmente para o Plano Nacional de Recursos Hídricos

A abrangência territorial do plano de recursos hídricos pode ser tríplice, sendo que o plano concernente à bacia hidrográfica tem relação com a área de atuação de um determinado comitê de bacia hidrográfica. Assim, o plano de recursos hídricos pode abranger somente uma sub-bacia ou um grupo de sub-bacias hidrográficas, a totalidade de uma bacia ou um grupo de bacias hidrográficas.

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, tem como objetivo, tal como definido pelo Artigo 9.º da PNRH, assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das mesmas, mediante ações preventivas permanentes. Sua importância reside no fato de que “trata-se, pois, do dispositivo que permite solidarizar dois dos relevantes aspectos da gestão, quantidade e

qualidade dos recursos hídricos, enriquecendo, em um aspecto essencial, o processo mediante o qual se dá a gestão do uso da água” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 114). Além disso, o enquadramento “é um instrumento de gestão que, antes de tudo, permite manter ativo o importante vínculo entre o setor de gerenciamento do uso da água e o setor ambiental” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 114).

Setti (2005, p. 179) ressalta que “a classificação das águas é o reconhecimento da diferença e multiplicidade de usos”. Os usos pretendidos devem ser discutidos e apontados no Plano de Recursos Hídricos. O plano deve definir o enquadramento em classes de cada segmento de corpo de água, tributário, sub-bacia e/ou bacia hidrográfica. O plano deve ter realizado previamente levantamentos e amostragens do estado da água. O levantamento da situação dos efluentes ou dos lançamentos existentes ou potenciais é de fundamental importância, já que os mesmos não podem conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento. O plano tem a competência de modificar a classificação das águas vigentes num determinado momento quando há necessidade de atender aos requisitos de usos mais ou menos exigentes que o atual.

As classes de corpos de água no Brasil foram estabelecidas por legislação ambiental específica, representada pela Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. A Resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Sendo assim, no Capítulo II da referida Resolução, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, sem distinção entre águas superficiais ou subterrâneas, foram classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em 13 classes de qualidade. Foi estabelecido ainda que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigentes, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Já o Capítulo III da Resolução estabelece as condições e os padrões de qualidade das águas, o Capítulo IV estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes e o Capítulo V estabelece as diretrizes ambientais para se proceder ao enquadramento dos corpos de água, que deve ser realizado de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

A **outorga de direito de uso dos recursos hídricos** é um instrumento pelo qual o usuário recebe uma autorização para fazer uso da água, concedida pelo Poder Público Federal ou Estadual, conforme o domínio ao qual pertença o corpo de água em questão. Esse instrumento disciplina a utilização dos recursos hídricos, constituindo-se no elemento central de controle para promover a sua utilização racional. Carrera-Fernandez e Garrido (2003, p. 110) salientam que “é através do instrumento de outorga que o setor público pode conhecer e controlar as quantidades de água utilizadas pelos usuários múltiplos”. Logo, conclui-se que “os Governos não podem conceder ou autorizar usos que agredam a qualidade e a quantidade das águas, assim como não podem agir sem equidade ao darem acesso à água” (SETTI, 2005, p. 180).

Conforme aponta o Artigo 11 da PNRH, os objetivos do regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos são os de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. Assim, verifica-se que “a importância da outorga reside, também, no fato de que se pode, por seu intermédio, atenuar ou mesmo eliminar os conflitos de uso, via de regra motivados pela escassez da água em relação à sua demanda em algumas bacias hidrográficas” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 110). Estima-se que os usuários competidores estejam sempre mis próximos de um conflito quando o setor não está organizado. Por isso mesmo, a outorga assume papel fundamental nesse processo, podendo ser considerada como “o primeiro e mais concreto indício dessa organização, dado que tem a propriedade de alertar os usuários e demais interessados para a existência de um árbitro para as disputas, árbitro esse que desempenha a sua função com critérios bem definidos, aplicados a todos indistintamente” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 111).

O Artigo 12 da PNRH define os direitos de usos de recursos hídricos que estão sujeitos à outorga pelo Poder Público: derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água. No Parágrafo 1.º do mesmo artigo são definidos os usos que independem de outorga do Poder Público: o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades

de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes; as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

O Artigo 13 da PNRH estabelece que toda outorga deverá estar condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos, respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e garantir a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso. O Parágrafo único desse artigo estabelece que a outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo dos mesmos.

O crescente e cada vez mais alarmante quadro de escassez quantitativa e qualitativa da água motivaram a adoção da cobrança pela sua utilização, assumindo a mesma um valor econômico. Mais do que um instrumento para gerar receitas para os cofres públicos, a **cobrança pelo uso dos recursos hídricos** induz a mudanças na economia de água, através da redução de perdas e da gestão baseada na justiça ambiental, pois cobra-se de quem usa ou polui. O Artigo 19 da PNRH define os objetivos da cobrança pelo uso de recursos hídricos, que seriam os de reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

A utilização da cobrança pelo uso de recursos hídricos é uma das formas de aplicar-se o Princípio 16 da Declaração do Rio de Janeiro da Conferência da Organização das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992: “As autoridades nacionais deveriam procurar promover a internalização dos custos ambientais e o uso de instrumentos econômicos, tendo em vista a abordagem segundo a qual o poluidor deve, em princípio, arcar com o custo da poluição, com a devida atenção ao interesse público e sem provocar distorções no comércio e nos investimentos internacionais”.

Setti (2005, p. 193) afirma que “a aplicação do princípio usuário-poluidor-pagador pressupõe a conscientização do público, que tem sido o grande prejudicado pela internalização dos lucros e externalização dos custos”. Considerada um dos instrumentos mais importantes na gestão dos recursos hídricos, a cobrança é fundamental para o equilíbrio entre a oferta e a demanda dos mesmos na bacia ou região hidrográfica. Assim, “além de ser utilizada com a finalidade de racionalizar o uso, a cobrança pelo uso da água atua também como mecanismo eficiente de redistribuir os

custos sociais de forma mais equitativa; para disciplinar a localização dos usuários; promover o desenvolvimento regional integrado nas suas dimensões social e ambiental; e incentivar a melhoria nos níveis de qualidade dos efluentes lançados nos mananciais” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 111).

Espera-se que a cobrança pelo uso de recursos hídricos conduza a uma racionalização do consumo, tendo em vista que o desperdício que se praticava antes de sua implementação passa ser contabilizado pelo usuário como prejuízo. Assim, o reconhecimento de que a água é um bem econômico e que, portanto, tem um valor de uso e um valor de troca, somente se materializa através da implementação do instrumento de cobrança.

Porém, conforme apontam Carrera-Fernandez e Garrido (2003, p. 112), “a transformação de valor em preço, que apenas se materializa através da implementação do instrumento da cobrança pelo uso da água, deve levar em consideração vários fatores e circunstâncias”, entre os quais destacam-se: a quantidade de água efetivamente utilizada, seja ela captada ou derivada para consumo ou necessária para diluir uma determinada carga poluente; a fixação de preços factíveis, cuja repercussão sobre os preços dos produtos finais para os quais a água serve de insumo não chegue a níveis inaceitáveis; a condição econômica do usuário, detectada através de sua capacidade de pagamento; a finalidade a que se destinam os recursos da água; a disponibilidade hídrica; a classe de enquadramento de uso do corpo receptor local; o programa de investimentos necessários à boa operacionalidade no uso da bacia hidrográfica, através do grau de regularização ou da vazão de diluição de poluentes assegurados por obras hidráulicas ou por ações específicas.

O Artigo 20 da PNRH estabelece que serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos à outorga. O Artigo 21 estabelece os critérios para a fixação dos valores a serem cobrados: nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação; nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

O Artigo 22 estabelece que os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados: no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos; no pagamento de despesas de implantação e

custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O Artigo 24, que estabelecia a compensação aos municípios como um dos instrumentos da PNHR, foi vetado quando da promulgação da lei. A **compensação financeira aos municípios** “é uma contrapartida a ser paga a estes em razão das perdas de áreas por inundações causadas por reservatórios artificiais, mediante realização de programas de desenvolvimento desses municípios, compatíveis com a proteção dos reservatórios” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 114). O pagamento da compensação deve ser feito pelo agente proprietário do empreendimento causador da perda.

O espírito da compensação proposta no Projeto de Lei Federal n.º 2.249/1991, que posteriormente se transformou na Lei Federal n.º 9.433/1997, era diferente da compensação financeira paga pelo setor de geração de energia elétrica aos estados, municípios e a alguns órgãos federais. Embora os pontos de partida sejam os mesmos, isto é, inundações de áreas, a compensação aos municípios objeto da mencionada Lei Federal n.º 9.433/1997 estava prevista para ser praticada durante um período de tempo limitado, e não por prazo indeterminado como a mencionada compensação do setor elétrico.

O objetivo da compensação aos municípios era o de ressarcir-los das perdas impostas pelas inundações artificiais, até o momento em que os mesmos estivessem recuperados desse “passivo econômico ambiental”. Seu cálculo deveria ser feito com base na privação das rendas futuras que os terrenos inundados, ou sujeitos à restrição do uso do solo, poderiam gerar para o município. Estavam expressamente excluídos dessa compensação os aproveitamentos hidrelétricos. Entretanto, conforme apontam Carrera-Fernandez e Garrido (2003, p. 115), “foi o esforço do setor elétrico, juntamente com a área econômica do Governo Federal, que levou à imposição do veto ao artigo 24, fazendo desaparecer a filosofia da compensação ora comentada”. Remanesceu, no entanto, no conjunto de instrumentos de gestão, a menção à compensação aos municípios, o que pode significar que esta, enquanto instrumento, foi aprovada por lei, carecendo agora de ser regulamentada em novos moldes.

O Artigo 25 da PNRH define o **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos** (SIRH) como um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. O Parágrafo Único desse artigo definiu ainda que os dados gerados pelos órgãos

integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) fossem incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Trata-se de um mecanismo pelo qual os dados, índices e informações de interesse para o planejamento e a gestão do uso da água são coletados, tratados, armazenados e recuperados, servindo como instrumento para a tomada de decisões em planos, projetos, ações e intervenções do setor. É importante ressaltar que “uma característica importante dos sistemas de informações em recursos hídricos é a tendência à universalização, tanto no que se refere à natureza dos dados quanto no que diz respeito à origem das organizações que os produzem” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 113).

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos tem o dever de coletar a informação referente aos recursos hídricos e o direito de recebê-la de todos os usuários das águas. É importante ressaltar que “esse dever de informar do usuário é básico para que o sistema possa funcionar e é uma das condições para a vigência da outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos” (SETTI, 2005, p. 202).

O Artigo 26 definiu os princípios básicos para o funcionamento do SIRH, concebido como uma rede de banco de dados e de informações cuja alimentação está a cargo de entidades públicas. Os princípios básicos para o funcionamento do sistema são: descentralização da obtenção e produção de dados e informações; coordenação unificada do sistema; acesso aos dados e informações garantido a toda a sociedade.

Os objetivos do sistema foram definidos no Artigo 27 da PNRH. São eles: reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

Trata-se de um importante instrumento de gestão, através do qual disponibilizam-se todos os índices e informações capazes de subsidiar, a qualquer instante, as decisões de investimentos, projetos e ações no setor. Podem fazer parte desse sistema, conforme apontam Carrera-Fernandez e Garrido (2003, p. 112), “toda e qualquer informação referenciada em mapas sobre coordenadas geográficas de pontos de captação, lançamentos, obras hidráulicas e dados hidrometeorológicos; cadastros de usuários dos recursos hídricos e de qualidade da água; de modelos chuva-deflúvio ou outros modelos calibrados para a bacia e de simulação de operação de reservatórios,

informações relativas à demografia e à atividade econômica, sobretudo aquelas intensivas no uso da água”.

Apesar do avanço na adoção do sistema de informação como um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos pela PNRH, algumas críticas podem ser feitas à lei: em primeiro lugar, não se estabeleceu a obrigatoriedade da inserção da participação pública através de audiência pública, quando da elaboração do Plano de Recursos Hídricos, na parte referente à regulamentação; em segundo lugar, não foi estabelecida uma estrutura para a transmissão da informação no procedimento da outorga dos direitos de uso das águas, o que leva a crer que, sem uma permanente troca de informações, especialmente nos momentos do procedimento em que a divulgação dos dados seja obrigatória, as boas intenções da lei dificilmente serão implementadas (SETTI, 2005, p. 202-203).

O Quadro 4 apresenta uma síntese dos objetivos dos instrumentos de gestão de recursos hídricos propostos pela PNRH e a Figura 6 representa a interdependência e a complementaridade desses instrumentos:

Quadro 4 – Objetivos dos instrumentos de gestão de recursos hídricos da PNRH	
Instrumento	Objetivo
Planos de recursos hídricos	Definir ações estruturais e não-estruturais para a utilização múltipla e racional dos recursos hídricos.
Enquadramento dos corpos de água	Possibilitar uma gradual e contínua melhoria da qualidade das águas nas bacias hidrográficas.
Outorga de direito de uso de recursos hídricos	Assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.
Cobrança pelo uso da água	Incentivar o uso racional da água e obter recursos financeiros para a implementação das ações preconizadas nos planos de recursos hídricos.
Sistema de informações sobre recursos hídricos	Prover informações de oferta e demanda de recursos hídricos para utilização no planejamento e gestão das águas.

Fonte: Braga et al. (2006, p. 648).

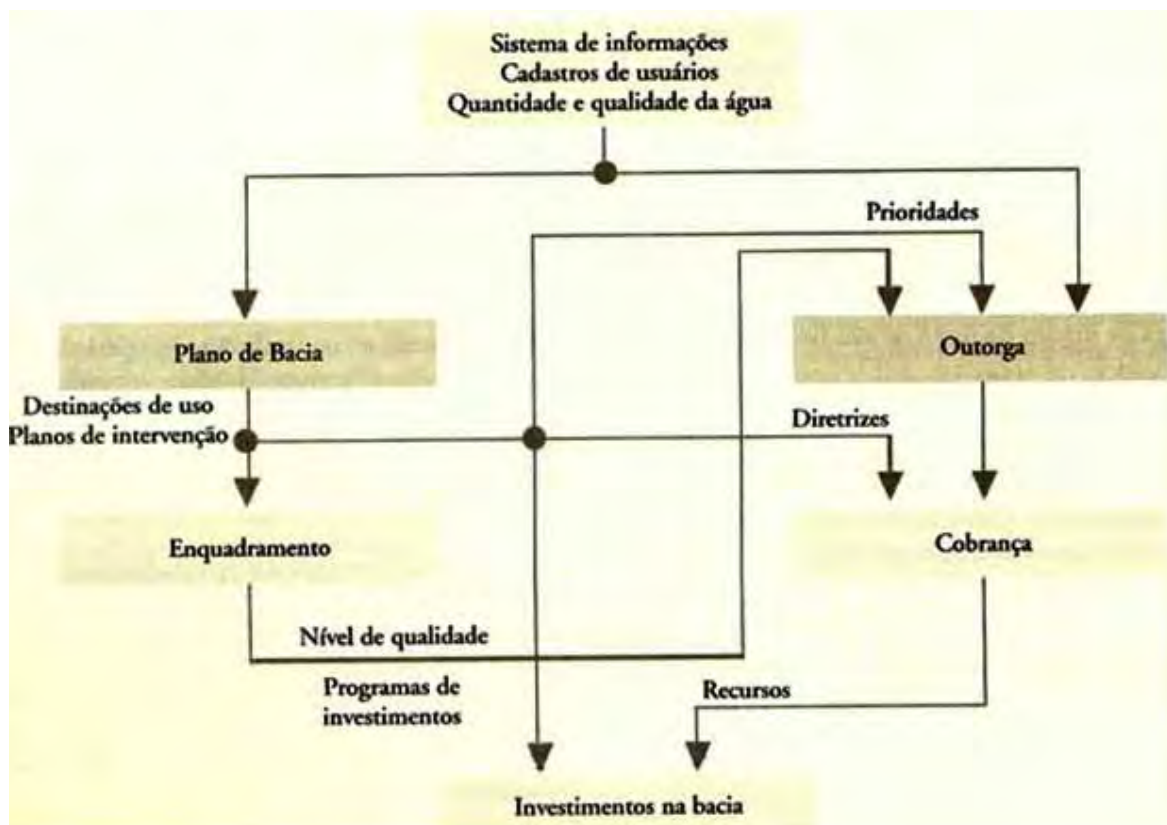


Figura 6: Interdependência e complementaridade dos instrumentos de gestão de recursos hídricos da PNRH.

Fonte: Pereira (2003) apud Braga et al. (2006, p. 649).

Com relação à institucionalização da gestão de recursos hídricos no Brasil, verifica-se que o primeiro marco importante desse processo corresponde à celebração do **Acordo entre o Ministério das Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo**, em 1976. O objetivo do acordo, segundo informa Barth (1996, p. 59), era o de “atingir melhores condições sanitárias nas bacias dos rios Tietê e Cubatão, o desenvolvimento de ações em situações críticas, a adequação de obras de saneamento, abastecimento de água e tratamento e disposição de esgotos”.

Os bons resultados alcançados pelo acordo ensejaram a criação conjunta, pelo Ministério de Minas Energia e pelo Ministério do Interior, do **Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH)**, em 1978. Suas metas principais eram a classificação dos cursos de água da União e a realização de estudos integrados e o acompanhamento da utilização racional dos recursos hídricos em território nacional. Foram criados comitês executivos em diversas bacias hidrográficas de rios de domínio da União, vinculados ao comitê executivo nacional, com atribuições consultivas e que constituíram-se em relevantes experiências de gestão de recursos

hídricos no país, a despeito da carência de apoio técnico, administrativo e financeiro que caracterizava a sua atuação.

Em 1983 foi realizado, em Brasília, o **Seminário Internacional de Gestão de Recursos Hídricos**, que contou com a participação de especialistas de vários países, como França, Inglaterra e Alemanha. O seminário ficou marcado pela elaboração de uma série de conclusões conservadoras, através das quais optava-se pela manutenção da situação institucional vigente no tocante à gestão dos recursos hídricos. Apesar disso, o seminário teve o mérito e a importância de desencadear o debate a respeito do gerenciamento de recursos hídricos em âmbito nacional, inclusive determinando e incentivando a realização de Encontros Nacionais de Órgãos Gestores de Recursos Hídricos em seis capitais brasileiras.

Já em 1986, o Ministério de Minas e Energia criou um Grupo de Trabalho que reunia órgãos e entidades federais, estaduais do Distrito Federal e dos territórios, com o objetivo de propor a estrutura organizacional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Brasil. Barth (1996, p. 60) esclarece que o Relatório Final produzido por este grupo complementou e detalhou a proposta dos órgãos gestores e tinha como recomendações principais: a criação e a instituição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a coleta de subsídios para a formulação da Política Nacional de Recursos Hídricos; o início da transição do CEEIBH e dos respectivos comitês executivos de bacias hidrográficas para o sistema proposto; a comunicação aos estados, aos territórios e ao Distrito Federal para a instalação dos sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos.

Barth (1996, p. 60) destaca a relevância de tais recomendações, ao ressaltar que delas “decorreram a previsão do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos na Constituição Federal de 1988 e de sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos em grande número de Constituições Estaduais de 1989, o que desencadeou no Brasil um amplo processo de modernização do gerenciamento de recursos hídricos”.

Porém, somente em 1997, com a promulgação da Lei Federal n.º 9.433, é que se completou o ciclo de modernização do gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e tornou-se realidade a constituição de um arcabouço legal consistente e de um arranjo institucional adequado e específico para a gestão de recursos hídricos no país, já que a mesma foi responsável por instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos e por criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Atualmente, é possível afirmar que o gerenciamento de recursos hídricos no Brasil possui um aparato institucional dos mais avançados. Sua implementação é bastante recente e tem seu início efetivo com a criação da Agência Nacional de Águas (ANA) no ano 2000. Apesar de recente, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos já avançou com êxito em diversas regiões do país. Os comitês implantados em algumas das principais bacias hidrográficas brasileiras já aprovaram e continuam aprovando planos que definem prioridades para o uso da água e os valores a serem cobrados dos usuários.

Nem sempre o sistema de gestão de recursos hídricos brasileiro teve essa característica de participação pública e descentralização como hoje. Ao contrário, ao longo de quase todo o século XX, a gestão foi centralizada pelo setor elétrico. Com o passar do tempo, a participação da sociedade civil, organizada por meio de suas associações técnicas e profissionais, mudou o panorama da gestão dos recursos hídricos brasileiros. A Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), juntamente com suas co-irmãs, a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e a Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (ABID), tiveram um papel fundamental nessa mudança do modelo de gestão.

O Capítulo I do Título II da PNRH trata da criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), definindo seus objetivos e sua composição, respectivamente, nos Artigos 32 e 33. O Artigo 32 estabelece os seguintes objetivos para o SINGREH: coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

O Artigo 33 estabelece que o SINGREH é composto pelas seguintes entidades: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacia Hidrográfica; os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; as Agências de Água.

O Quadro 5 apresenta uma síntese das atribuições das entidades que compõem o SINGREH e a Figura 7 apresenta a estrutura político-institucional do SINGREH:

Quadro 5 – Atribuições das entidades componentes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)	
Entidade	Atribuição
Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)	Órgão máximo do SINGREH, responsável por dirimir conflitos de uso em última instância e subsidiar a formulação da política nacional de recursos hídricos.
Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHAU/MMA)	Entidade federal encarregada de formular a Política Nacional de Recursos Hídricos, subsidiar a formulação do orçamento da União e atuar como secretaria executiva do CNRH.
Agência Nacional de Águas (ANA)	Reguladora do uso de recursos hídricos em rios de domínio da União e coordenadora da implementação do SINGREH em todo território nacional.
Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH)	Órgão máximo estadual, responsável por dirimir conflitos de uso no âmbito do Estado e subsidiar a formulação da política estadual de recursos hídricos.
Gestor Estadual de Recursos Hídricos	Órgão central e coordenador do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que possui competências similares à ANA, com destaque para a outorga e a fiscalização do uso de recursos hídricos de domínio do Estado.
Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH)	Colegiado constituído pelo poder público, usuários e sociedade civil, com competências para aprovar o plano de bacia, acompanhar a sua execução, estabelecer os mecanismos de cobrança e sugerir ao CNRH os valores a serem cobrados.
Agência de Bacia	Braço executivo dos Comitês de Bacia, responsável por manter o balanço hídrico atualizado da disponibilidade de recursos hídricos, manter o cadastro de usuários, operacionalizar a cobrança, gerir o sistema de informações e elaborar o plano de bacia.

Fonte: Braga et al. (2006, p. 651).

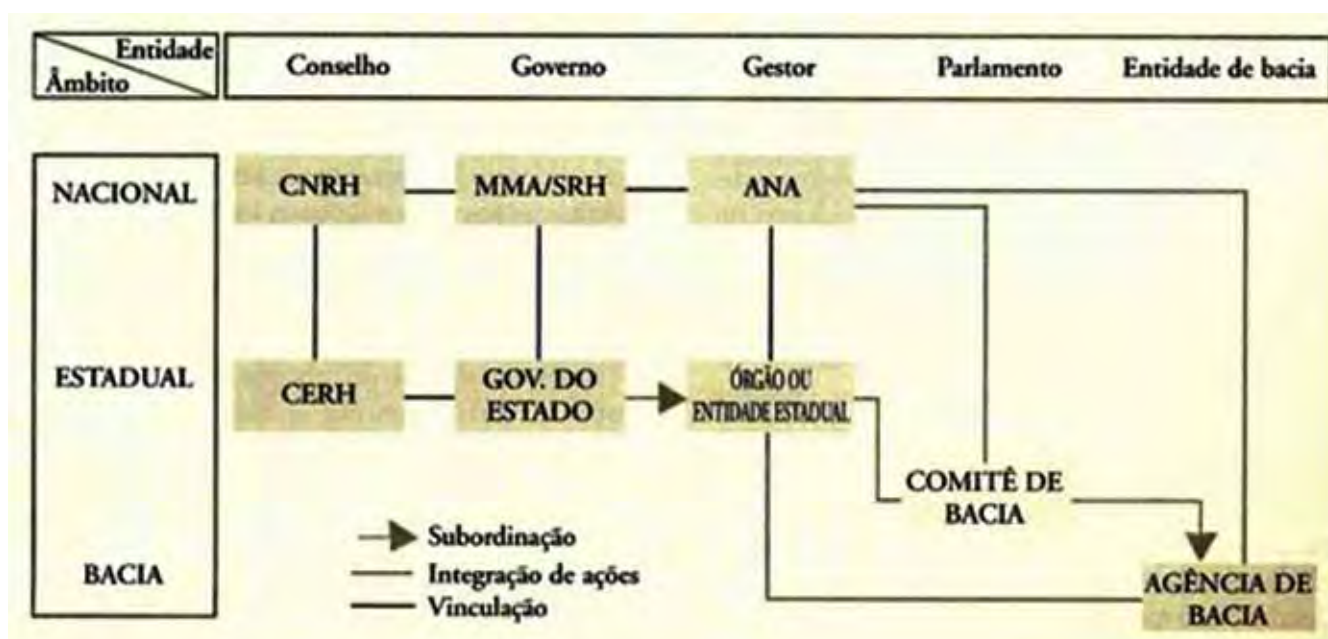


Figura 7: Estrutura político-institucional do SINGREH.

Fonte: Braga et al. (2006, p. 652).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é uma instância colegiada composta por representantes dos ministérios e das secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento do uso dos recursos hídricos, além de abrigar representantes indicados pelos conselhos estaduais de recursos hídricos, representantes dos usuários e representantes das organizações civis de recursos hídricos.

O Artigo 35 da PNRH estabelece suas competências: promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários; arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos Estados em que serão implantados; deliberar sobre as questões que lhe tenham sido encaminhadas pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos ou pelos Comitês de Bacia Hidrográfica; analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos e à Política Nacional de Recursos Hídricos; estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; aprovar propostas de instituição dos Comitês de Bacia Hidrográfica e estabelecer critérios gerais para a elaboração de seus regimentos; acompanhar a execução do Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas; estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso.

A Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHAU) do Ministério do Meio Ambiente possui a função de secretaria executiva do CNRH, devendo formular e propor, com o apoio da ANA, a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Plano Nacional de Recursos Hídricos, além de apoiar os CBHs federais e estimular a pesquisa e a capacitação no campo da gestão das águas.

Os conselhos estaduais de recursos hídricos são também incorporados ao sistema. A atuação desses conselhos nos estados e no Distrito Federal corresponde, praticamente, ao papel que o CNRH desempenha em face de todo o sistema nacional, com pequenas diferenças decorrentes da natureza organizacional de cada um dos conselhos estaduais. A Constituição Federal de 1988 define que os estados são autônomos do ponto de vista administrativo, alguns organizando seus conselhos diferentemente dos outros.

A Agência Nacional de Águas (ANA) foi criada pela Lei Federal n.º 9.984, de 17 de julho de 2000, constituindo-se numa autarquia de regime especial com autonomia administrativa e financeira vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. A ANA é a encarregada da implementação da PNRH e da coordenação do SINGREH. Dentre suas funções, destacam-se a implantação de CBHs onde houver conflitos pelo uso da água; o desenvolvimento tecnológico no campo da gestão das águas; o apoio à elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos, dos planos de bacia e dos programas de uso do solo; a implantação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos; a implementação dos instrumentos de gestão da PNRH; e a supervisão, o controle e a avaliação do cumprimento da legislação referente às águas no país. Nesse sentido, pode-se afirmar que “a criação da ANA refletiu o momento de reformulação institucional federal, o qual passou a priorizar as agências reguladoras visando uma diluição do papel da administração pública como fornecedor principal ou mesmo exclusivo de serviços públicos” (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007, p. 138).

Cabe destacar, no contexto da composição proposta pela PNRH para o SINGREH, os **comitês de bacia hidrográfica**, pois os mesmos representam um tipo de organização inteiramente nova na administração dos bens públicos no Brasil. Destinados a agir como “parlamentos das águas da bacia”, pois são o fórum de tomada de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica, os comitês são compostos por representantes dos usuários, do poder público, da sociedade civil organizada e dos demais níveis de governo.

O Artigo 37 da PNRH estabelece que os comitês de bacia hidrográfica terão como área de atuação: a totalidade de uma bacia hidrográfica; uma sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário; ou um grupo de bacias hidrográficas ou de sub-bacias contíguas.

Os comitês de bacia hidrográfica são compostos por três setores ou segmentos, configurando uma composição tripartite: poder público (União, Estados, Distrito Federal e Municípios, conforme a abrangência da bacia hidrográfica), usuários das águas e organizações da sociedade civil ligadas aos recursos hídricos. O número de representantes de cada setor ou segmento e os critérios para sua indicação são estabelecidos nos regimentos internos dos próprios comitês (algumas leis estaduais também explicitam essa composição), limitando a representação dos poderes executivos à metade do total de membros. Assim, o Artigo 39 estabelece que os comitês de bacia hidrográfica são compostos por representantes: da União; dos Estados e do Distrito

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

Os Comitês de Bacia Hidrográfica podem ser considerados como espaços de discussão e de debates, que objetivam intensificar e qualificar a participação dos diversos segmentos interessados na gestão das águas. Os benefícios advindos da organização da gestão de recursos hídricos a partir dessas estruturas podem ser diversos e bastante significativos, sendo identificados por alguns como capazes de operar uma verdadeira revolução nesse processo:

A Lei 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos representa um “divisor de águas” na medida em que elenca, em seu arcabouço, princípios de extrema relevância para o gerenciamento das águas.

Os princípios da descentralização, participação e integração têm se constituído na base sobre a qual se fundamenta o gerenciamento dos recursos hídricos. Em que pesem os obstáculos ainda encontrados na execução dessa proposta, não se pode negar os avanços aferidos até o presente momento.

(...)

Nesse cenário, como ator institucional, criado pela Lei das Águas (Lei 9.433/97), surge a figura do Comitê de Bacia Hidrográfica com a importante missão de materializar e executar a gestão dos recursos hídricos no âmbito da bacia hidrográfica (OLIVEIRA, 2009, p. 241-242).

A gestão das águas, envolvendo os usos múltiplos e as diferentes formas de compartilhamento, preconizadas pelos comitês de bacias hidrográficas – governos Federal, Estaduais e Municipais, usuários e sociedade civil organizada – deverá operar uma verdadeira revolução, não apenas na gestão hídrica, como também na própria gestão ambiental como um todo (BARTH, 2006, p. 597).

Certamente, muito ainda precisa ser feito para o envolvimento harmônico e integrado da sociedade na gestão das águas, mas aquilo que tem sido realizado nesse curto período já aponta na direção de uma política benéfica, para que seja possível equacionar os conflitos existentes pelo uso dos recursos hídricos, superar o passivo de problemas ambientais acumulados e implementar uma política adequada ao gerenciamento e preservação desse importante recurso natural que é a água (MASCARENHAS, 2006, p. 141).

Essas organizações desempenham um papel estratégico na política nacional de recursos hídricos. Por um lado, sintetizam os princípios da lei: são os órgãos que materializam a descentralização da gestão, contam com a participação dos três setores da sociedade e têm a bacia hidrográfica como unidade de gestão. Assim, o êxito de seu funcionamento em certa medida significa o êxito da própria política das águas. Sua legitimidade tem sido conferida não apenas pela própria lei e pelas políticas nacional e estaduais, mas por políticas paralelas que têm sido implementadas tanto no âmbito nacional como no estadual e, em alguns casos, até no municipal (CARDOSO, 2003, p. 40).

Evidentemente, a simples ampliação do número desses organismos, por si só, não é suficiente para garantir a participação eficiente da sociedade civil na gestão de recursos hídricos. Aliás, ao contrário, “caso não funcionem adequadamente, tais comitês podem desgastar o processo participativo e gerar descrença por parte da sociedade” (MASCARENHAS, 2006, p. 140). Porém, ainda que se reconheça que “os desafios hoje enfrentados pelos Comitês de Bacias Hidrográficas são tão grandes quanto suas potencialidades” (CARDOSO, 2003, p. 41), verifica-se também que “os comitês já estão contribuindo para fortalecer o papel dos diversos atores sociais na discussão e criação de políticas públicas que contemplem os interesses de uma camada maior da população” (CARDOSO, 2003, p. 41).

O Artigo 38 da PNRH define as competências dos comitês, no âmbito de sua área de atuação: promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes; arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia; acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas; propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção de obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados; estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

A Figura 8 apresenta a organização da gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas:

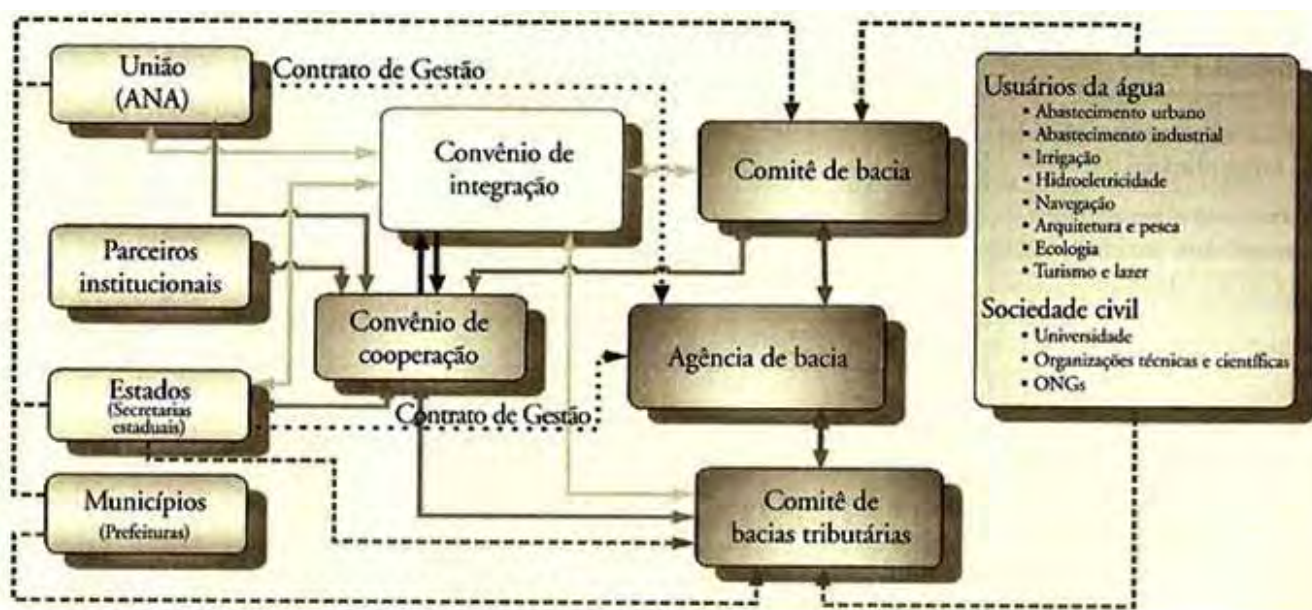


Figura 8: Organização da gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Fonte: ANA (2004) apud Braga et al. (2006, p. 664).

A Constituição Federal de 1988 e as Constituições Estaduais de 1989 possibilitaram que os estados também elaborassem suas próprias legislações sobre recursos hídricos. As leis estaduais devem sempre estar em consonância com os princípios das leis federais, em relação às quais podem ser mais restritivas; porém, nunca podem ser mais permissivas. Assim, a legislação estadual pode detalhar aspectos específicos e criar seus próprios sistemas de gestão com diferentes estruturas institucionais.

Ao tratar das legislações estaduais referentes à gestão dos recursos hídricos, Barth (1996, p. 63) esclarece que, “em razão do impedimento constitucional para os estados legislarem sobre águas, as Constituições Estaduais e as decorrentes leis regulamentadoras somente tratam de política, diretrizes e critérios de gerenciamento dos recursos hídricos. Dessa forma, são disposições sobre a organização dos estados para a administração de águas de seu domínio subordinada à legislação federal sobre águas e meio ambiente”. Sendo assim, muitos juristas entendem que os estados, ao legislarem sobre o gerenciamento das águas de seu domínio, não contrariam a disposição constitucional de exclusividade da União para legislar sobre as águas, pois não estão criando direitos sobre as mesmas, mas somente estão exercendo o direito e, mais do que isso, cumprindo o dever de zelar pela quantidade e pela qualidade de seus recursos hídricos.

2.6 – Oferta ou disponibilidade hídrica (quantidade e qualidade) e demanda hídrica

Atualmente, os programas de planejamento e de gestão de recursos hídricos levam em consideração não apenas os aspectos relacionados à quantidade de água necessária ao atendimento da demanda, mas também à qualidade desejada para os seus diversos usos. Por isso mesmo, ao se tratar do tema disponibilidade hídrica, os aspectos quantitativos e os aspectos qualitativos devem ser levados em conta com igual importância e de forma integrada. Nesse sentido, a Lei Federal n.º 9.433/1997, em seu Artigo 3.º, estabelece como uma de suas diretrizes gerais de ação “a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade”.

Em relação à **quantidade hídrica**, verifica-se que um sistema hídrico, como uma bacia hidrográfica, tem como saída uma vazão que varia temporalmente e espacialmente dentro da mesma. A disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica pode ser definida como “o total desta vazão, à medida que parte é utilizada pela sociedade para o seu desenvolvimento e parte é mantida na bacia para conservação da integridade de seu sistema ambiental, bem como para atender a usos que não necessitam extrair ou derivar de um curso natural, como a navegação e recreação” (CRUZ, 2001, p. 05).

Logo, a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica pode ser entendida como a sua vazão total, que pode ser consumida através dos usos consuntivos e dos usos não-consuntivos, ou ser mantida no próprio sistema como garantia de sustentabilidade (vazão ecológica ou vazão de conservação ambiental). Os principais mananciais que garantem o suprimento de água de uma população são as águas superficiais e as águas subterrâneas.

As **águas superficiais** são encontradas na rede de rios da bacia hidrográfica onde a população se desenvolve. Uma seção de um rio define sua bacia hidrográfica.

A disponibilidade hídrica é a informação básica de apoio à decisão sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos de determinada bacia hidrográfica, que tem como objetivos “assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”, conforme disposto no Artigo 11 da Lei Federal n.º 9.433/1997. Ainda segundo esta lei, no seu Artigo 7.º, Parágrafo III, a outorga deve estar vinculada a estudos referentes ao “balanço entre disponibilidades e

demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais”.

Quando se trata da disponibilidade hídrica, utilizada como base para a emissão da outorga de direito de uso dos recursos hídricos, é necessário levar em consideração alguns fatores fundamentais:

A disponibilidade hídrica para outorga não corresponde ao fluviograma, mas a uma parcela do mesmo, vinculada a uma certa garantia, compatível com a responsabilidade intrínseca do poder outorgante, frente aos direitos concedidos aos usuários junto à outorga. Além disso, a disponibilidade não se refere apenas à quantidade de água, mas a condições relativas aos parâmetros qualitativos, que podem indicar maior ou menor capacidade de diluição de poluentes. Em outras palavras, muito embora possa haver uma vazão ou volume razoável para suprir as necessidades dos usuários, essa água pode estar comprometida com a qualidade, de modo que, dependendo do uso, essa quantidade não possa ser utilizada, nem mesmo derivada sem que as condições de qualidade de manancial se agravem a níveis incompatíveis com a sustentabilidade. Por outro lado, a informação quantitativa relativa aos recursos hídricos é a informação básica, inclusive para avaliação dos aspectos qualitativos. No entanto, o conhecimento da mesma é dependente do conhecimento da vazão natural do rio e dos parâmetros de qualidade. Considerando especificamente a vazão natural, que é uma grandeza de difícil avaliação devido à ação antrópica, percebe-se que esta provoca e desenvolve modificações na superfície do solo. Assim altera suas condições de permeabilidade, as características hidráulicas e o processo de separação dos escoamentos (CRUZ, 2001, p. 05-06).

Porém, a avaliação da vazão natural, informação básica para a avaliação dos aspectos quantitativos e qualitativos da água, é uma tarefa difícil, devido a dois fatores fundamentais (FRANCISCO, 2004, p. 21):

a) As transformações que as atividades antrópicas causam à superfície do solo, afetando as condições de permeabilidade, as características hidráulicas e o processo de separação dos escoamentos;

b) A deficitária rede de monitoramento e o desconhecimento do regime histórico da demanda hídrica no Brasil.

A definição de **vazão natural reconstituída** representa escoamentos históricos que teriam ocorrido na bacia se a mesma não fosse afetada por captações, despejos e/ou obras de regularizações. Em função disso, a reconstituição de um fluviograma atual sem interferência das intervenções históricas, além de constituir-se um procedimento de difícil execução, apresenta uma série de incertezas. Sendo assim, conclui-se que, “em

bacias hidrográficas com elevado uso consuntivo, deve ser estabelecido um marco zero, que consiste na disponibilidade remanescente, excluídos os usos já existentes” (FRANCISCO, 2004, p. 21).

Enquanto a disponibilidade hídrica refere-se à quantidade de água disponível no sistema, sendo a mesma dependente do regime hídrico do manancial e da demanda já exercida, a disponibilidade hídrica para a outorga é a parcela da disponibilidade no sistema que ficará disponibilizada para uso, sendo esta “dependente da legislação, do sistema jurídico, da escolha entre diferentes critérios possíveis de definição de reservas ambientais, de prioridades de uso atuais e de gerações futuras, os quais podem advir de negociações entre usuários e sociedade” (CRUZ, 2001, p. 61).

A disponibilidade hídrica depende da capacidade de regularização natural do rio ao longo do ano. Poderá existir uma parcela do ano em que o rio não atenderá à demanda, sendo necessário regularizar a vazão através de um reservatório. Tucci (2006, p. 409) ressalta que “a capacidade máxima de regularização de um reservatório é a vazão média de longo período da bacia, estimada pela média das médias anuais”.

Gondim Filho e Vieira (2006, p. 488) ressaltam que a disponibilidade hídrica, quer em termos de águas superficiais, quer em termos de águas subterrâneas, corresponde à “quantidade de água efetivamente disponível de forma duradoura ou permanente”. Dessa forma, nas bacias de rios intermitentes, a disponibilidade natural é nula. Os reservatórios de acumulação é que proporcionam a regularização interanual dos deflúvios naturais e propiciam a disponibilização de volumes anuais constantes, a um determinado nível de garantia. Essas vazões regularizadas pelos açudes constituem, neste caso, a disponibilidade de águas superficiais (barraginhas).

No caso de rios perenes, as vazões naturais mínimas correspondem, em princípio, às suas disponibilidades. No entanto, conforme apontam Gondim Filho e Vieira (2006, p. 488), “na hipótese da existência de grandes reservatórios, suas vazões regularizadas ampliam o nível dessas disponibilidades”.

A disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica é aquela avaliada com base na série hidrológica das vazões afluentes através de sua distribuição temporal. Essas vazões dependem das características da precipitação, da evapotranspiração (total, variabilidade temporal e variabilidade espacial) e da superfície do solo, que são os seus condicionantes naturais.

As funções hidrológicas mais utilizadas para a avaliação da disponibilidade hídrica são a **curva de permanência** e a **curva de regularização**. A curva de

permanência relaciona a probabilidade de que uma determinada vazão seja maior ou igual durante o ano ou período de série considerado. A curva de regularização relaciona vazão, o volume necessário para regularizá-la e o nível de probabilidade da relação. As Figuras 9 e 10 apresentam essas curvas:

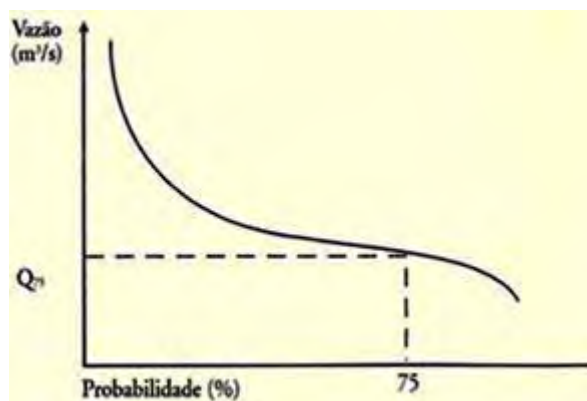


Figura 9: Curva de permanência de vazões.

Fonte: Tucci (2006, p. 410).

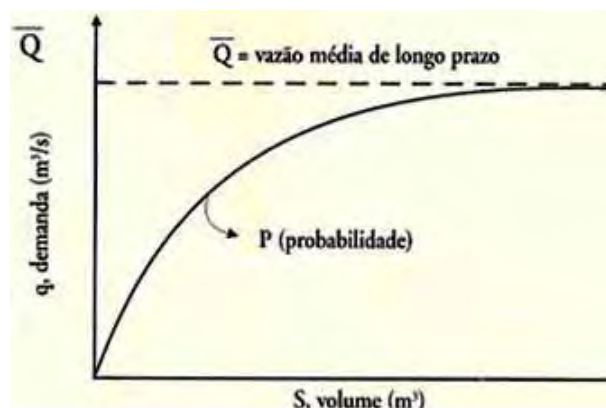


Figura 10: Curva de regularização de vazões.

Fonte: Tucci (2006, p. 410).

Constitui uma prática usual a definição de indicadores de vazão que subsidiem o processo de concessão de outorga de direito de uso de recursos hídricos. Na avaliação da disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, sob o aspecto quantitativo, devem ser consideradas a vazão média e a vazão mínima.

A vazão média anual de um rio é a média diária de todos os valores do ano. A vazão média de longo período Q_{lp} é a média das vazões médias anuais ou a média das médias. A vazão média corresponde à disponibilidade hídrica máxima de uma determinada bacia hidrográfica, pois é a maior vazão que pode ser regularizada. Por isso mesmo, Tucci (2001, p. 122) ressalta que “a estimativa da vazão média de uma bacia permite avaliar os limites superiores do uso da água de um manancial para as diferentes finalidades”. Tucci (2007, p. 579) exemplifica a aplicabilidade desse índice ao ressaltar que “a vazão média permite caracterizar a capacidade de disponibilidade hídrica de uma bacia e seu potencial energético, entre outros usos”.

Já a vazão mínima ocorre durante a estiagem e está vinculada, portanto, a períodos críticos de oferta de água, condicionando o atendimento da demanda. Silveira e Silveira (2001, p. 125) ressaltam que “das vazões mínimas dependem as avaliações de aproveitamentos de pequenos mananciais, como pequenas centrais hidrelétricas,

sistemas de irrigação e abastecimento urbano, assim como estudos de avaliação da qualidade da água e de apoio à instrução dos processos de outorga”.

A vazão mínima é associada a uma duração t . Por exemplo, a vazão mínima de um ano qualquer com duração de 30 dias indica que este é o menor valor do ano da vazão média de 30 dias consecutivos. Na prática, pouca utilidade tem a vazão mínima de 1 dia, enquanto as durações maiores, como 7 dias ou 30 dias, apresentam maior interesse ao usuário, “já que a seqüência de vazões baixas é a condição mais crítica na utilização da água” (TUCCI, 2007, p. 579).

Os indicadores de vazão mínima mais utilizados em projetos de emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos são a $Q_{7,10}$ e a Q_{95} . O primeiro corresponde à “vazão mínima média, com 7 dias consecutivos de duração e tempo de retorno de 10 anos” (PEREIRA, 1996, p. 98), enquanto o segundo “é calculado com base na curva de permanência de vazões, função hidrológica que fornece a frequência com que um determinado valor de vazão é igualado ou superado num período, sendo o valor da vazão associado ao tempo de permanência” (FRANCISCO, 2004, p. 22).

Tucci (2007, p. 579) ressalta que “a curva de probabilidade de vazões mínimas permite a estimativa do risco de que ocorram vazões menores que um valor escolhido”. Essa curva de probabilidade é utilizada em estudos de qualidade da água, regularização de vazão para abastecimento de água e irrigação, entre outros. Assim, a Q_{95} corresponde à vazão de 95% da curva de permanência, ou seja, a um patamar inferior de vazão que tem probabilidade de permanência no curso de água em pelo menos 95% do período de tempo considerado.

A importância de adotar-se um indicador de vazão mínima como critério para estimativa da disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica decorre do fato de que a quantidade de água disponível deve ser suficiente para atender aos momentos de maior demanda. Além disso, a vazão também deve ser suficiente para a conservação dos ecossistemas. As estimativas desse valor dependem de estudos multidisciplinares eco-hidrológicos e passam também por decisões técnicas e políticas permeadas de conflitos e incertezas, e vêm sendo, até agora, substituídas por estimativas estatísticas.

Adota-se, assim, uma **vazão de referência**, que corresponde a “um valor de vazão que passa a representar o limite superior de utilização da água em um curso d’água” (CRUZ, 2001, p. 47). A aplicação do critério de vazão de referência constitui um procedimento adequado para a proteção dos cursos de água, pois as alocações para as derivações são geralmente realizadas a partir de uma vazão de base de pequeno risco.

O critério da vazão referencial está presente nas leis que regulam a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos de vários estados brasileiros. Os termos **vazão outorgável** e **vazão residual** são citados nas leis estaduais e federais brasileiras relativas às águas, caracterizando uma nomenclatura homogênea. Muitas vezes, o termo vazão residual aparece com o significado de vazão ecológica, utilizada assim como referência para a conservação ambiental. Por isso, é importante ter atenção aos textos das leis. No Brasil, cada Estado tem adotado critérios particulares pragmáticos para o estabelecimento de vazões de referência para a emissão de outorga, sem, contudo, apresentar justificativas para a adoção desses valores.

O Estado de Minas Gerais, por exemplo, utiliza a vazão $Q_{7,10}$ como referência para o estabelecimento das vazões outorgáveis. A Portaria IGAM n.º 10/1998 estabelece que a vazão outorgável em 30% da $Q_{7,10}$. Logo, a vazão residual (a vazão que deve permanecer no rio) deve corresponder a um valor não inferior a 70% da $Q_{7,10}$. Considerando que Minas Gerais é um estado muito representativo da diversidade de ecossistemas existentes no Brasil, com um território que abrange três dos principais ecossistemas brasileiros (semi-árido, mata atlântica e cerrado), as potencialidades hídricas não são uniformes, o que deve estimular o IGAM, a partir da evolução dos cadastros de usuários e da elaboração dos planos diretores de recursos hídricos de bacias hidrográficas, a estudar uma revisão do critério atual, avaliando a possibilidade da adoção de diferentes volumes outorgáveis por região do estado.

Esse procedimento é razoável e aplicado na maioria das leis de outros países. Em geral, a legislação vincula aos planos de bacia a definição de disponibilidade, como é o caso dos estados mexicanos, italianos e espanhóis, entre outros.

A dificuldade de obtenção de dados para os estudos em hidrologia e recursos hídricos levou os hidrólogos a buscarem formas de transferência de informações de um local para outro na bacia ou de uma bacia para outra. Tucci (2007, p. 573) esclarece que “a regionalização consiste num conjunto de ferramentas que exploram ao máximo as informações existentes, visando à estimativa das variáveis hidrológicas em locais sem dados ou insuficientes”. No caso de escassez ou de ausência de estações fluviométricas nas bacias hidrográficas das quais pretende-se avaliar a disponibilidade hídrica, pode-se usar métodos indiretos para proceder-se à estimativa de vazões.

As **águas subterrâneas** representam a maior reserva de água doce do globo. Os aquíferos onde ficam esses reservatórios podem ser confinados ou não-confinados. Os primeiros, devido à formação geológica, possuem pressão superior à atmosférica e são

alimentados por recargas em cotas superiores ao ponto de captação. Nos aquíferos não-confinados a água não está sob pressão e pode ser alimentada pelo fluxo local (da mesma forma que pode ser contaminada). A grande variabilidade das condições de solo e geologia faz com que a capacidade de armazenamento das águas subterrâneas dependa dessas condições para a sua exploração visando o atendimento do abastecimento. Existem regiões onde o subsolo é composto apenas por rochas, onde a água escoar apenas pelas fraturas e a disponibilidade é muito baixa.

A grande vantagem do manancial subterrâneo, conforme destaca Tucci (2006, p. 410), “tem sido a capacidade de atendimento distribuído através de poços; no entanto, essa alternativa não tem sido usual no Brasil para o atendimento a grandes consumidores, devido à alta demanda”. Usualmente, o abastecimento por meio de água subterrânea tem sido realizado para comunidades menores e distribuídas espacialmente. Essas condições dependem da capacidade de exploração das águas subterrâneas e da contaminação dos aquíferos.

A influência da **qualidade da água** na disponibilidade hídrica se dá tanto pela impossibilidade de sua captação para determinado fins, devido ao seu elevado grau de contaminação, quanto pela necessidade de manutenção de um certo volume de água no corpo de água para a diluição de poluentes. A esse respeito, Mota (1995, p. 03) afirma que “a qualidade desejada para determinado recurso hídrico vai depender dos usos para os quais o mesmo se destina”. Já Botelho (2009, p. 285) destaca que “medidas hidrológicas, como vazão média dos cursos d’água, granulometria dos sedimentos transportados, pH e qualidade da água, exigem pesquisa de campo, coleta de amostras e análises laboratoriais específicas, e, de acordo com as finalidades do projeto e das características da área (presença de agricultura com uso de agrotóxicos, lançamento de resíduos industriais, etc.), podem assumir papel fundamental no planejamento”.

As características de qualidade das águas derivam dos ambientes naturais e antrópicos onde se originam, circulam, percolam ou ficam estocadas. Na avaliação da qualidade de uma água, considera-se a composição de uma amostra cujos constituintes são referidos em termos de características físicas, microbiológicas e químicas, a depender do objetivo a ser alcançado. Vários são os parâmetros ambientais (físicos, químicos, microbiológicos, hidrobiológicos e ecotoxicológicos) que permitem aferir a capacidade natural de utilização dos recursos hídricos e controlar a qualidade da água.

Branco e Rocha (1977, p. 93) elencaram vários parâmetros a serem considerados na definição do padrão de qualidade a ser adotado para as águas utilizadas para

consumo público, mediante tratamento convencional. São eles: DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), OD (Oxigênio Dissolvido), concentração de bactérias coliformes, substâncias tóxicas, material sobrenadante e fenóis.

O oxigênio dissolvido é considerado um dos mais importantes parâmetros ambientais para a avaliação da qualidade das águas. Tundisi e Tundisi (2008, p. 109) ressaltam que “o oxigênio é, evidentemente, um gás de grande importância biológica e na água participa de inúmeras reações químicas”. Mota (2008, p. 112) afirma que “o oxigênio é um dos mais importantes gases na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos”. Já Toledo Júnior e Kawai (1977, p. 05) ressaltam que, “entre os vários parâmetros físicos, químicos e biológicos que determinam a qualidade da água de um rio, lago ou represa, o oxigênio dissolvido é considerado um dos parâmetros mais significativos”.

A avaliação da presença do oxigênio dissolvido na água reveste-se de especial importância, pois “a presença de gases dissolvidos na água, como o oxigênio e o dióxido de carbono, permite a ocorrência da fotossíntese e da respiração anaeróbia nesse meio” (BRAGA et al., 2005, p. 76). Assim, a solubilidade de um determinado gás na água, como o oxigênio, depende de sua composição. A concentração de oxigênio presente na água vai variar de acordo com a pressão atmosférica (altitude) e com a temperatura do meio. As águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio; já em maiores altitudes, onde é menor a pressão atmosférica, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade.

Enquanto o OD expressa a quantidade ou concentração de oxigênio dissolvido na água, a DBO é “uma medida da quantidade da matéria orgânica biodegradável presente na água” (CETESB, 1988, p. 12). A DBO expressa a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação ou estabilização da matéria orgânica pela ação das bactérias. Corresponde à medida da concentração de matéria orgânica existente na água que pode ser biodegradada pelas bactérias. A DBO é, “geralmente, expressa em função de um tempo de cinco dias e a uma temperatura de 20°C, isto é, é a quantidade de oxigênio consumido na oxidação da matéria orgânica mantida a 20°C durante cinco dias” (SILVA e MARA, 1979, p. 03), daí resultando o conceito de “ $DBO_{5(20)}$ ” ou “DBO Padrão”.

O uso da “água doce” para consumo humano está sujeito aos condicionantes específicos de qualidade, que são definidos pelos padrões de potabilidade. No Brasil, esses padrões foram inicialmente estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da

Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004. A Portaria do Ministério da Saúde n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011, substituiu a portaria anterior, dispondo sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

No Capítulo III de seu Anexo, a Portaria define os deveres e as responsabilidades dos níveis federal, estadual, distrital e municipal no que tange ao controle e à vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano. No Capítulo IV são apresentados os parâmetros e os respectivos índices do padrão microbiológico, do padrão de turbidez, do padrão de substâncias químicas, do padrão de radioatividade e do padrão de aceitação de potabilidade da água para consumo humano. O Capítulo VI apresenta as exigências relativas aos planos de amostragem a serem elaborados e executados pelos responsáveis pela qualidade da água de sistema ou de solução alternativa de abastecimento de água.

A qualidade total de uma água pode atingir elevados graus de complexidade, conforme mostra a Figura 11:



Figura 11: Árvore da qualidade total da água.

Fonte: Adaptado de Engelen (1981) apud Rebouças (2006, p. 25).

Sabe-se que “as características da água começam a ser compostas ainda no seu trajeto atmosférico” (REBOUÇAS, 2006, p. 26). As partículas sólidas e gases atmosféricos de variadas origens são dissolvidos pelas águas que caem na superfície da Terra na forma de chuva, neblina e neve, principalmente. Como resultado, essas águas

meteóricas podem ser consideradas como constituindo uma solução diluída (com teores médios de sais dissolvidos de uns poucos miligramas por litro – mg/l) e ligeiramente ácida (pH 4 - 6).

Porém, a qualidade das águas de um rio ou de um reservatório está também sob a constante ameaça da ação degradadora de outras substâncias poluentes, que podem se originar de fontes pontuais ou localizadas, como os esgotos domésticos e os efluentes industriais, ou de fontes dispersas ou não localizadas, como as águas de escoamento superficial, as águas de infiltração, etc.

Os **esgotos domésticos** ou **sanitários** são os originários, predominantemente, das habitações ou de instalações sanitárias de outros tipos de edificações, sendo provenientes de banheiros, cozinhas, pias, lavagem de roupas e outros usos da água. Dependendo do tipo de cidade, podem conter, em maior ou menor quantidade, resíduos líquidos das atividades comerciais, industriais e outras. Possuem composição mais ou menos definida, que varia em função da concentração e da contribuição *per capita*, dependentes do consumo de água; dos hábitos da população; do tipo de sistema de esgotamento; e da natureza de outras contribuições, além das domiciliares, que despejem seus esgotos na rede coletora urbana (MOTA, 2008, p. 87).

Para que haja um equilíbrio entre a produção e o consumo de oxigênio, é necessário que a quantidade de matéria orgânica lançada em um corpo de água sob a forma de esgotos domésticos seja proporcional à sua vazão ou ao seu volume, ou seja, à sua disponibilidade de oxigênio dissolvido.

Todo manancial tem uma certa capacidade de depurar as cargas poluidoras que recebe. A **autodepuração de recursos hídricos**, segundo Mota (1995, p. 80-81), ocorre devido a fenômenos físicos, químicos e biológicos, os quais contribuem para a modificação, redução ou eliminação completa de alguns poluentes presentes na água. Esses fenômenos acontecem de forma conjunta, sendo, muitas vezes, difícil distingui-los isoladamente. Entre os fenômenos físicos, destacam-se a turbulência, a sedimentação, a incidência de luz solar, a temperatura da água e o poder de diluição. Entre os fenômenos químicos, destacam-se as reações de oxidação e de redução. Entre os fenômenos biológicos estão o predatismo, a produção de antibióticos e toxinas e a aglutinação.

Quando os esgotos domésticos, caracterizados principalmente pela grande quantidade de matéria orgânica, são lançados *in natura* num corpo de água qualquer, tendem a ser estabilizados ou assimilados pelo meio líquido, através de processos de

autodepuração, que envolvem transformações químicas, físicas e biológicas, através das quais a matéria orgânica é oxidada, “transformando-se em água, gases e sais minerais, compostos utilizados através da fotossíntese, na formação celular dos seres vivos” (NUCCI, ARAÚJO e SILVA, 1978, p. 07), num processo conhecido como **biodegradação**.

Quando os esgotos são lançados em quantidades superiores à capacidade de assimilação do corpo de água, o “ambiente fica sobrecarregado, seu equilíbrio se desfaz e se altera completamente sua composição e estrutura” (BRANCO, 1988, p. 75), caracterizando o processo conhecido como **poluição**. Sendo assim, a poluição pode ser definida, segundo o Artigo 3.º da Lei Federal n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- I – prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II – criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- III – afetem desfavoravelmente a biota;
- IV – afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- V – lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Verifica-se que o termo poluição apresenta um sentido amplo, não se restringindo apenas aos prejuízos que possa causar ao homem ou aos outros seres vivos. Desde que uma alteração provocada em um meio prejudique um determinado uso benéfico previamente definido para ele, afirma-se que houve poluição. Nesse sentido, a poluição de um recurso hídrico pode ser entendida como “qualquer alteração de suas características, de modo a torná-lo prejudicial às formas de vida que ele normalmente abriga ou que dificulte ou impeça um uso benéfico definido pra ele” (MOTA, 2008, p. 81). Tal conceito, portanto, é relativo, sendo função dos usos definidos para o recurso hídrico, o que requer a determinação de requisitos mínimos de qualidade.

A **contaminação** ocorre “quando a poluição de um determinado recurso hídrico resulta em prejuízos à saúde do homem” (MOTA, 2008, p. 81). Trata-se de um caso particular de poluição. Portanto, o recurso hídrico é considerado contaminado quando recebeu microorganismos patogênicos ou substâncias químicas ou radioativas que possam causar malefícios à saúde humana.

A **demanda hídrica** pode ser definida como “a quantidade necessária de água para suprir as necessidades dos usuários” (CRUZ, 2001, p. 61). Pode-se afirmar, então,

que a demanda hídrica corresponde à quantidade de água necessária para atender aos diversos usos aos quais a água se presta durante determinado período, sendo condicionada por uma série de fatores. Na literatura relativa à gestão de recursos hídricos considera-se a divisão entre usuários consuntivos e usuários não-consuntivos.

Os **usos consuntivos** da água “são aqueles que retiram a água de seus mananciais, através de captações ou derivações, e apenas parte dessa água retorna a suas fontes de origem” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 22). Exemplos de usos consuntivos são a agricultura irrigada, o abastecimento humano rural e urbano, a dessedentação de animais e o abastecimento industrial. Nesse tipo de uso a água efetivamente retirada torna-se indisponível no manancial. Dentre os usos consuntivos da água, “a irrigação é a modalidade de uso que causa a maior indisponibilidade de água para outros usos, ou seja, a maior proporção da água retirada que não volta, pelo menos total e imediatamente, ao corpo de água, a qual pode atingir a expressiva proporção de 70%” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 22).

Já os **usos não-consuntivos** da água “são aqueles que utilizam a água em seus próprios mananciais sem haver necessidade de retirá-la ou, após captada, retorna integralmente a seus mananciais” (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 23). Exemplos de usos desse tipo são a pesca, o lazer e a recreação, a navegação fluvial e a preservação ambiental, que aproveitam a disponibilidade da água em sua própria fonte, sem qualquer modificação quantitativa significativa. Outros exemplos de usos não-consuntivos são a diluição de efluentes e a geração de energia elétrica.

Carrera-Fernandez e Garrido (2003, p. 23) destacam que, “embora a utilização da água para geração de energia elétrica seja considerada como uso não-consuntivo dos recursos hídricos, a geração hidráulica de energia acarreta significativas perdas por evaporação nos espelhos de água dos reservatórios de regularização de vazão, as quais podem comprometer a sustentabilidade dos sistemas hídricos”. Uma das vantagens dos usos não-consuntivos dos recursos hídricos é que esses podem, em geral, ser combinados com outros usos, extraindo-se de seus mananciais benefícios múltiplos.

Cruz (2001, p. 41) destaca que uma particularidade dos usuários não-consuntivos é que, “como necessitam que a água esteja disponível na seção e seus usos não reduzem a quantidade, ao invés de reservar um volume ou vazão para cada um desses usuários, pode-se reservar o volume necessário para atender a maior demanda entre eles”. E todos os demais usuários não-consuntivos poderão obter a outorga. Assim, enquanto a outorga para usuários consuntivos reserva um volume exclusivo para

cada usuário, a outorga de uso não-consuntivo reserva um volume único para todos os usuários outorgados.

A demanda de água para o **abastecimento humano** surge tanto das atividades estritamente domésticas, quanto de quaisquer outras atividades praticamente inseparáveis destas e que também exijam requisitos de quantidade e qualidade, além da garantia de abastecimento. A água para o abastecimento humano é necessária para atender as demandas das cidades, vilas, distritos e povoados no consumo doméstico, comercial, público, entre outros que integram a vida urbana das grandes, médias e pequenas aglomerações. As demandas de água no meio urbano são definidas com base na população e em índices de consumo por habitante.

O abastecimento doméstico de água deve ser estruturado para atender às mais diversas necessidades de uma comunidade, considerando o abastecimento por meio de canalizações. O Quadro 6 apresenta as necessidades de uso da água em uma comunidade:

Quadro 6 – Necessidades de uso da água em uma comunidade	
Agrupamento de consumo	Necessidades
Consumo doméstico	Ingestão; preparo de alimentos; higiene da moradia; higiene corporal; limpeza dos utensílios; lavagem de roupas; descarga de vasos sanitários; lavagem de veículos; insumo para atividades econômicas domiciliares (lavadeiras, preparo de alimentos, etc.); irrigação de jardins, hortas e pomares domiciliares; criação de animais de estimação e de animais para alimentação (aves, suínos, eqüinos, caprinos, etc.)
Uso comercial	Suprimento a estabelecimentos diversos, com ênfase para aqueles de maior consumo de água, como lavanderias, bares, restaurantes, hotéis, postos de combustíveis, clubes e hospitais.
Uso industrial	Suprimento a estabelecimentos localizados no interior da área urbana, com ênfase para aqueles que incorporam água no produto ou que necessitam de grande quantidade de água para limpeza, como indústrias de cervejas, refrigerantes ou sucos, laticínios, matadouros e frigoríficos, curtumes e indústria têxtil.
Uso público	Irrigação de jardins, canteiros e praças; lavagem de ruas e espaços públicos em geral; banheiros e lavanderias públicas; alimentação de fontes; limpeza de bocas de lobo, galerias de águas pluviais e coletores de esgotos; abastecimento de edifícios públicos, incluindo hospitais, portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários; combate a incêndio.

Fonte: Heller (2010, p. 39-40).

A água para o abastecimento humano e para a dessedentação animal tem prioridade sobre qualquer tipo de uso. Disso decorre a importância de sua conservação, em todos os mananciais, para essas finalidades, observando-se criteriosamente as

características de qualidade aceitáveis para atender as crescentes necessidades das comunidades e dos rebanhos, respectivamente. No caso do abastecimento humano, as demandas por água dependem da população abastecida e de seu consumo de água *per capita*. A população a ser abastecida é estimada através de estudos demográficos, enquanto que o consumo de água *per capita* depende de uma série de características da comunidade a ser atendida (CARRERA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2003, p. 25).

Libânio et al. (2010, p. 133-138) ressalta que como a cota *per capita* deve satisfazer a todos os consumos de uma comunidade (doméstico, comercial, industrial e público), esse parâmetro é fortemente influenciado por diversos fatores:

- **Nível socioeconômico da população:** é intuitiva a relação entre o mais elevado padrão socioeconômico da população e o maior consumo de água, manifesto em atividades que proporcionem, dentre outros, conforto e lazer, como no uso de máquinas de lavar; piscinas, duchas, lavagem de carros e rega de jardins;

- **Clima:** é muito intuitivo relacionar às regiões quentes e secas um consumo de água mais elevado, se comparadas às regiões temperadas e frias. Entretanto, fatores como a disponibilidade hídrica na região podem influenciar essa relação;

- **Porte, características e topografia da cidade:** o porte da cidade, diretamente relacionado ao número de habitantes e também ao seu grau de industrialização, influencia todos os tipos de consumo de água. As características do município associadas, por exemplo, ao seu potencial turístico, também afetam o consumo de água. A topografia do município pode condicionar a rede de distribuição de água a maiores pressões, o que favorece o consumo pela possibilidade de elevação de perdas físicas;

- **Administração do sistema de abastecimento de água:** a existência de micromedição no sistema e os valores da tarifa, bem como sua progressividade, representam fatores limitantes ao consumo, na medida em que exercem pressão sobre o consumo excessivo e os desperdícios. Mesmo a existência de rede coletora de esgotos, ainda que em uma primeira análise possa parecer não relacionada, pode implicar o aumento do consumo, pelo fato de um consumo muito baixo poder prejudicar o escoamento dos despejos.

É importante ressaltar que a abordagem sobre o abastecimento de água deve ser realizada a partir da consideração dos aspectos da gestão da oferta e da gestão da demanda. A gestão da oferta ou do suprimento de água e a gestão da demanda por água

são, em conjunto, as principais ferramentas com as quais as sociedades contam para enfrentar os enormes desafios da escassez de água no futuro.

O nível de importância das gestões do suprimento e da demanda vai depender do nível de desenvolvimento do país e do grau de escassez da água. Quanto maior for a competição pelo uso da água e quanto maior for o custo do metro cúbico para atender aos aumentos de consumo, maior será a importância da gestão da demanda. Comparando o suprimento e a demanda atuais e futuros, o objetivo dos planejadores deve ser determinar qual é a combinação ideal entre as alternativas de gestão de suprimento e de demanda dos pontos de vista social, ambiental e econômico (SALATI, LEMOS e SALATI, 2006, p. 50).

Em relação à **gestão da oferta ou do suprimento de água**, podem ser feitas as seguintes considerações (SALATI, LEMOS e SALATI, 2006, p. 50-54):

- Configura-se no século XXI uma difícil perspectiva para o aproveitamento de novas fontes de suprimento a partir de águas superficiais para atender à demanda crescente, em virtude dos custos de construção cada vez maiores, da acirrada oposição dos ambientalistas e dos limitados recursos disponíveis. As fontes de água superficiais disponíveis estarão cada vez mais distantes, exigindo obras de grande porte e tecnologicamente mais complexas, como transposição de bacias, implicando em maior impacto sobre o meio ambiente;

- Devido aos grandes custos envolvidos para o aproveitamento de novas fontes de água, sua demanda para uso doméstico no futuro deverá ser atendida, em parte, pela redução dos desperdícios e pelo uso mais eficiente da água nos sistemas urbanos e também pela redução das perdas de água na irrigação e sua realocação para usos domésticos;

- Em virtude do crescimento da população e da urbanização nos países em desenvolvimento, a demanda pela água vai aumentar significativamente no século XXI. A competição pela água poderá limitar significativamente sua disponibilidade para irrigação e, conseqüentemente, reduzir a produção de alimentos no mundo;

- Apesar do desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, o custo da produção de água dessalinizada do mar permanece alto, inviabilizando economicamente essa alternativa. Num futuro próximo, a dessalinização poderá ser uma alternativa importante para as cidades litorâneas ou próximas do litoral;

- Uma oferta de água de melhor qualidade poderá ser feita por meio da captação das águas de chuva por sistemas especiais antes que as mesmas se misturem com águas salinas subterrâneas e superficiais que, na maioria das vezes, estão contaminadas;

- Nos países desenvolvidos, o alto valor do metro cúbico da água para as atividades industriais e a aplicação das leis de controle da poluição provocaram um aumento significativo da reciclagem da água nas últimas décadas;

- A produção de energia nas represas hidrelétricas provoca uma perda de água pela evaporação, que pode ser significativa em função da área da represa e da sua localização: temperatura, condições vento e umidade;

- A exploração sustentável de aquíferos subterrâneos é uma alternativa com enorme potencial para muitos países em várias regiões do mundo. O maior problema que os países em desenvolvimento enfrentam para uma gestão adequada dos seus aquíferos subterrâneos é o desconhecimento parcial ou total do volume de água disponível e da velocidade de recarga. Essa situação demanda a realização de maiores investimentos para a avaliação dessas características, permitindo assim a exploração sustentável dessas reservas de água a um custo, por metro cúbico, invariavelmente menor que as alternativas de aquíferos superficiais disponíveis.

Por sua vez, em relação à **gestão da demanda por água**, podem ser feitas as seguintes considerações (SALATI, LEMOS e SALATI, 2006, p. 54-57):

- A missão da gestão da demanda é gerar poupança de água e ganhos econômicos, aumentando a utilização da água antes dela ser perdida (por atingir o mar, por exemplo), reduzindo a poluição das águas e viabilizando o aproveitamento de fontes atualmente inviáveis;

- Em virtude dos custos envolvidos no aproveitamento de novas fontes, cada vez mais elevados, uma grande parte da demanda futura de água deverá ser atendida pela redução dos desperdícios e pela maior eficiência dos usos atuais;

- O aumento da eficiência nos usos da água, especialmente nos países em desenvolvimento, somente poderá ser conseguido por meio de uma completa reforma nas políticas que os promovem. A grande dificuldade para adotar essas reformas está nas práticas centenárias e nas convicções culturais e religiosas que tratam a água como um bem livre da natureza e nos interesses enraizados que se beneficiam dos sistemas de

subsídios e da sua distribuição, sem levar em consideração o aproveitamento integrado e isento dos recursos hídricos existentes;

- A eficiência de sistemas de irrigação individuais nos países em desenvolvimento é muito baixa. Os ganhos que podem ser obtidos com a melhoria da eficiência não serão tão grandes, pois parte da água “perdida” volta ao leito do rio, diretamente ou através do lençol subterrâneo;

- No nível das bacias hidrográficas, uma das possibilidades de perda de água ocorre quando a água permeia para um aquífero subterrâneo mais profundo e continua disponível, mas sua recuperação é economicamente inviável. Nesse caso, quanto mais baixo for o preço da água cobrado aos usuários, maiores serão as perdas desse tipo. Em outras palavras, se no futuro for agravada a escassez e aumentar o preço da água cobrado aos usuários, os aquíferos subterrâneos que não estão sendo aproveitados hoje poderão se tornar viáveis;

- A gestão da demanda pode ser implementada a partir da utilização de vários instrumentos: a) desenvolvimento de condições favoráveis, com mudanças legais e institucionais nas condições em que a água é fornecida e usada (reforma dos sistemas de outorga de água, privatização de instalações e legislação relativa às associações de usuários de água); b) incentivos de mercado que influenciem o comportamento dos usuários para a conservação da água (revisão dos preços e redução dos subsídios para o consumo doméstico, taxas usuário-pagador e poluidor-pagador, mercado para outorgas de água, etc.); c) outros instrumentos, como restrições, cotas, licenças e controles da poluição; d) intervenções diretas, como programas de conservação, detecção de vazamentos e programas de reparos e investimentos para a melhoria da infraestrutura;

- Conflitos sobre o uso dos recursos hídricos escassos tendem a aumentar no futuro, seja dentro de um mesmo país, entre os usos doméstico, industrial e agrícola, ou entre países dentro de uma mesma bacia hidrográfica. Esses conflitos poderão ser amenizados sempre que a gestão da água utilizar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e a distribuição da água puder ser acordada entre os próprios usuários. Portanto, o estabelecimento de agências de bacias eficientes, com legislação adequada, mecanismos de cobrança pelo uso da água (baseados nos conceitos usuário-pagador e poluidor-pagador) e mecanismos apropriados de monitoramento e controle, constitui o maior desafio para que se possa alcançar o desenvolvimento sustentável;

- A melhoria dos sistemas de distribuição de água em áreas urbanas, com a redução das perdas e vazamentos, juntamente com a redução dos desperdícios em residências, prédios públicos e estabelecimentos comerciais, pode significar a recuperação de uma quantidade considerável de água, capaz, em muitos casos, de adiar por vários anos a necessidade de ampliação dos sistemas existentes;

- A eliminação dos subsídios e a cobrança do preço real pela água servida à população contribuem de forma decisiva para a redução dos desperdícios internos (quando o sistema tem medição individual) e para tornar viável, economicamente, a redução dos vazamentos a um nível aceitável. Isso não impede que seja estabelecida uma “tarifa social” mais baixa para pequenos volumes consumidos em áreas de população de baixa renda;

- A experiência dos países desenvolvidos demonstra que o aumento do preço cobrado pela água e as taxas de efluentes (que cobram também pelo seu volume) contribuíram para promover investimentos em reciclagem e conservação da água e resultaram numa significativa redução na quantidade consumida pelas indústrias, por unidade de produção;

- Na área da irrigação, a cobrança pelo uso da água pode criar incentivos para a sua conservação e para a utilização de tecnologias mais avançadas, como a irrigação por gotejamento e os sistemas controlados por computadores, já utilizados em larga escala em países em desenvolvimento;

- A implantação da gestão da demanda no caso de aquíferos subterrâneos tem sido difícil e, em muitos casos, extremamente cara, particularmente nos países em desenvolvimento. A questão principal está em como reduzir os efeitos negativos da retirada excessiva de água sem impor taxas desnecessárias e reprimir o uso adequado das valiosas reservas subterrâneas;

- Para se atingir uma exploração racional dos aquíferos subterrâneos, pode-se usar os mesmos instrumentos empregados para a gestão das águas superficiais: a) controles baseados na quantidade da água extraída (licenciamento de poços e bombas de recalque e outorga de uma cota anual de extração); b) cobrança pela água extraída; c) possibilidade de vender parte da cota para outros usuários;

- À medida que aumentar a renda, nos países em desenvolvimento, poderão surgir demandas de água para fins ambientais, como aconteceu nos países desenvolvidos.

3 – Procedimentos metodológicos

A metodologia de subsídio ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos aplicada na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas foi desenvolvida por Mateo Rodriguez (1994), Mateo Rodriguez et al. (1995) e Mateo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007) e aplicada na Microbacia Hidrográfica do Córrego Areia Branca (Campinas/SP) por Leal (1995) e na Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro (Presidente Prudente/SP) por Dibieso (2007).

A proposta prevê a realização de um estudo para subsidiar o planejamento e a gestão de bacias hidrográficas e de recursos hídricos, contendo as etapas de Inventário, Diagnóstico, Prognóstico e Propostas de Melhoria do Estado Ambiental. O estudo pretende proporcionar uma visão integrada das unidades do meio físico, das unidades de uso e cobertura da terra e das unidades geoecológicas da bacia hidrográfica estudada. Mateo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007, p. 210) ressaltam que “a concepção do planejamento ambiental exige uma visão sistêmica, holística e dialética da relação Natureza/Sociedade, baseada na ideia da existência de sistemas ambientais inter-relacionados e que formam sua totalidade ambiental”.

Mateo Rodriguez (1994, p. 583-584) ressalta que o Planejamento Ambiental está se articulando de forma sistêmica, como um dos principais instrumentos da política ambiental e que atualmente se conceitua sob a forma de quatro níveis devidamente integrados:

a) Organização Ecológica: encaminhada a determinar um modelo constituído por tipos fundamentais de usos para cada parte do território, por suas entidades de operacionalização e por instrumentos administrativos, jurídicos e sociais que assegurem sua aplicação;

b) Avaliação Ambiental de Projetos: é um processo dirigido para determinar e avaliar a responsabilidade ambiental potencial das ações e das obras previstas a serem estabelecidas no território. Consta de três procedimentos interativos:

- **Avaliação (Estudo) de Impacto Ambiental (EIA):** processo sistemático e dirigido a determinar os efeitos das ações previstas e a possibilidade de evitar ou reduzir as consequências negativas dos mesmos;

- **Avaliação de Riscos Ambientais (EARA):** consiste na identificação, medição, parametrização e valorização dos possíveis efeitos dos processos e dos fenômenos

naturais indesejáveis e perigosos, e de sua aceleração antropogênica, com o fim de propor o sistema de ações e as medidas dirigidas à sua prevenção e/ou eliminação;

- **Desenho Ecológico:** é o processo de conceber a inter-relação ótima entre o impacto humano (obra construída, objeto técnico, plano de utilização) e o meio geoecológico, de tal maneira que se otimize o aproveitamento do potencial de recursos e da eficiência do sistema e se minimize a degradação e a deterioração ambientais.

c) Auditoria e Peritagem Ambientais: são ferramentas usadas para conhecer-se a eficácia dos programas ambientais, o controle do estado ambiental, a qualidade ambiental, os problemas ambientais nos territórios e as responsabilidades ambientais das diferentes entidades, com o propósito de aplicar medidas dirigidas a corrigir ou mitigar impactos;

d) Gestão do Modelo de Planejamento Ambiental: implica na colocação em prática dos elementos estratégicos e táticos do planejamento ambiental por meio de medidas administrativas, jurídicas e econômicas pertinentes. Ainda mais, inclui o controle e o monitoramento do estado dos geossistemas e da vigilância do uso dos recursos naturais, com o propósito de garantir o cumprimento do modelo de organização ecológica e de implementar as devidas correções.

Mateo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007, p. 211) ressaltam que “a teoria e metodologia elaboradas pela Geoecologia da Paisagem se encaixam de maneira direta nas exigências estabelecidas pelo planejamento ambiental”. Por isso mesmo, o Planejamento Ambiental reconhece atualmente o geossistema como objeto de estudo da Geoecologia da Paisagem.

O estudo das principais propriedades dos geossistemas pode ser utilizado para garantir-se o cumprimento dos princípios do Planejamento Ambiental em suas diferentes etapas. Sendo assim, “a Geoecologia da Paisagem converte-se em um dos fundamentos teóricos e metodológicos do planejamento ambiental” (MATEO RODRIGUEZ, SILVA E CAVALCANTI, 2007, p. 211). O Planejamento Ambiental é entendido, no contexto dessa proposta, como um procedimento técnico-administrativo e de caráter nitidamente normativo, exigindo três requisitos básicos para o seu desenvolvimento: prazos temporais de execução, níveis territoriais de projeção e níveis funcionais.

Posto isso, são adotados os seguintes princípios na análise geoecológica e geossistêmica da paisagem natural (MATEO RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 211-213):

- **Princípio geossistêmico:** concebe a paisagem natural como um sistema ambiental aberto, complexo e constituído por componentes e complexos de diferentes níveis, que sofrem a influência dos processos naturais e da atividade modificadora e transformadora da sociedade humana e se articulam num sistema integrado;

- **Princípio da existência objetiva da paisagem:** a paisagem entendida como geossistema. Consiste em reconhecer a paisagem como um sistema, o que não se trata de uma abstração. Os modelos de todos os tipos constituem ferramentas, de uma ou de outra forma reducionistas, procurando compreender a realidade, que é, em si e segundo uma visão dialética, profundamente sistêmica;

- **Princípio de articulação sistêmica e paisagística:** significa entender a paisagem como um sistema de conceitos, formado pela tríade paisagem natural-paisagem social-paisagem cultural, aproximando-se da tríade geossistema-sociossistema ambiental-sistema cultural ambiental. Essa concepção permite aproximar as visões de espaço geográfico, de território e de paisagem da noção de meio ambiente, superando, assim, a dicotomia da relação Sociedade/Natureza;

- **Princípio da integridade dos atributos sistêmicos:** estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução são considerados como atributos sistêmicos da paisagem natural. Considerados em conjunto, constituem uma base teórica e metodológica a partir da qual é possível discutir-se a paisagem como uma totalidade. Tomados individualmente representam apenas análises parciais e limitadas. A análise paisagística é a etapa do estudo geoecológico da paisagem dedicada a investigar em conjunto os atributos sistêmicos da paisagem;

- **Princípio do valor social da paisagem:** considera que cada paisagem, de acordo com suas propriedades e com o seu estado, tem um potencial para a realização de determinadas atividades produtivas, o que reflete-se no possível cumprimento de determinadas funções econômicas dentro de um contexto político-econômico. A avaliação do potencial, o diagnóstico, o prognóstico e a elaboração de modelos e de estilos de uso sustentável são etapas de trabalho posteriores, que permitem utilizar a análise paisagística na atividade prática.

Adotando a Geoecologia da Paisagem como fundamento teórico-metodológico e considerando os princípios acima elencados, Mateo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007, p. 212) propuseram uma concepção metodológica de Planejamento Ambiental que deve realizar-se através de pelo menos seis fases ou prazos temporais, que

caracterizam-se por seus componentes específicos, por seus produtos ou resultados e por instrumentos concretos da análise regional. Tais fases são assim descritas (MATEO RODRIGUEZ, 1994, p. 585-586):

- **Fase de Organização:** implementação metodológica e operativa do processo de Planejamento Ambiental;
- **Fase de Inventário:** caracterização geoecológica e socioeconômica e determinação das unidades geoecológicas que servirão de base operacional para todo o processo de planejamento;
- **Fase de Análise:** implica na análise das propriedades das unidades geoecológicas e na sistematização dos indicadores ambientais básicos;
- **Fase de Diagnóstico:** abarca a identificação e a avaliação do potencial dos recursos, do estado ambiental, da deterioração geoecológica, dos riscos, da eficiência de uso, do impacto atual e dos problemas ambientais.
- **Fase de Proposição:** consta da elaboração do Modelo de Organização Ecológico-Territorial, mediante o estabelecimento dos tipos fundamentais de uso; a sustentação dos princípios e critérios geoecológicos do modelo proposto; a proposição do sistema de medidas (aproveitamento, restauração, conservação e proteção), dirigidas a assegurar as políticas de gestão ecológica; o prognóstico das tendências e cenários alternativos do modelo; e o estabelecimento dos instrumentos administrativos, jurídicos, legais e sociais que asseguram a aplicação do programa de Organização Ecológico-Territorial;
- **Fase de Execução:** consiste na instrumentação dos mecanismos de gestão, informação e sínteses (regulação e controle), dirigidos a assegurar a aplicação do Modelo de Organização Ecológico-Territorial.

Leal (1995), ao aplicar a metodologia proposta por Mateo Rodriguez (1994) e por Mateo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007) na Microbacia Hidrográfica do Córrego Areia Branca, localizada em Campinas (SP), realizou uma adaptação da mesma, que passou a contar, em seu trabalho com as seguintes fases: Elaboração do Plano Motivador, Elaboração do Plano Coletivo, Implementação do Plano Coletivo e Gestão do Plano. A Figura 12 apresenta a concepção metodológica de Planejamento Ambiental tal como adaptada por Leal (1995):

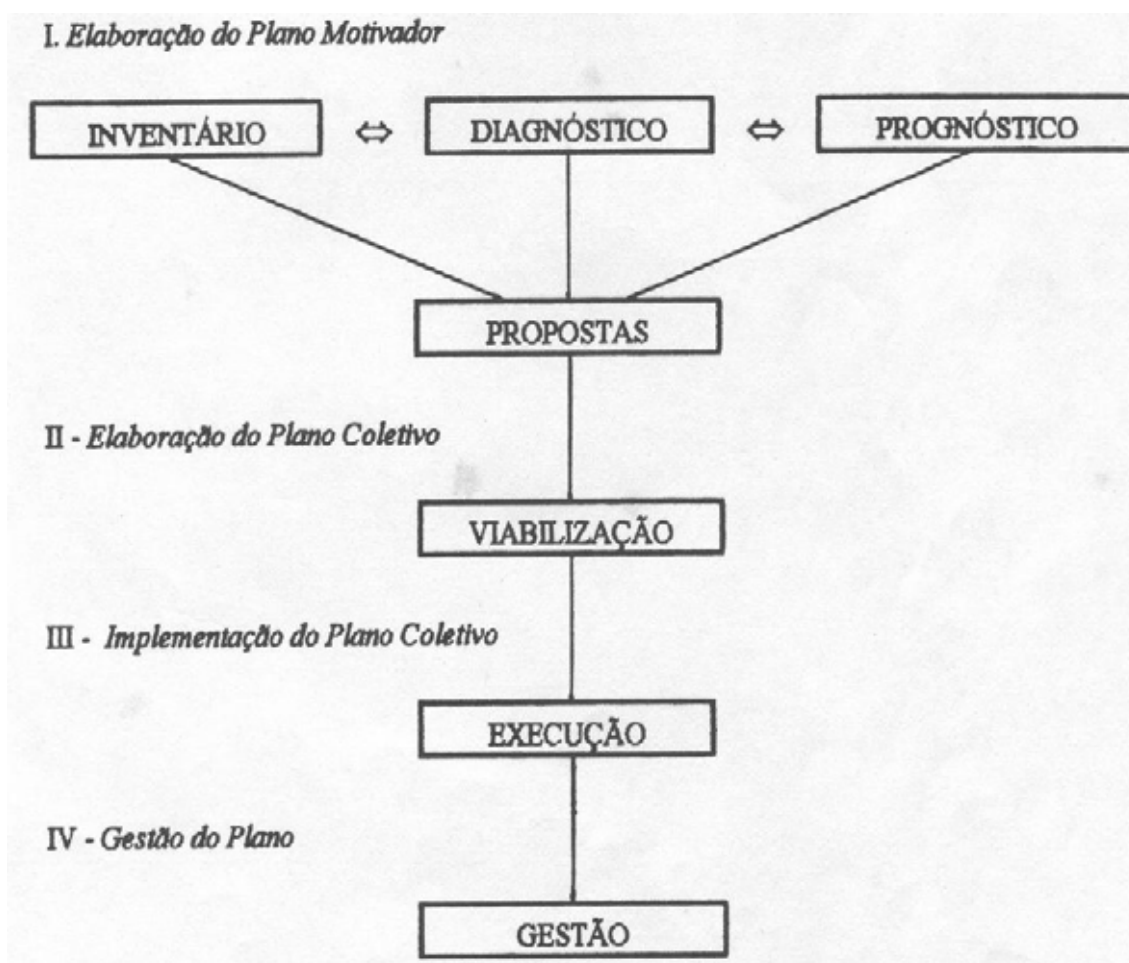


Figura 12: Concepção geral da proposta de planejamento ambiental para a Microbacia do Córrego da Areia Branca – Campinas/SP.

Fonte: Leal (1995, p. 46).

A concepção metodológica para a elaboração de subsídios ao Planejamento Ambiental e à Gestão de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas, adaptada por Leal (1995), foi aplicada por Dibieso (2007) na Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro, localizada em Presidente Prudente (SP), e foi também adotada nessa pesquisa para aplicação na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas.

A presente pesquisa restringiu a aplicação da metodologia na área estudada à sua primeira fase, qual seja a de Elaboração do Plano Motivador, que compreende as fases de Inventário, Diagnóstico, Prognóstico e Proposição.

3.1 – Roteiro metodológico

A elaboração de subsídios ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas foi realizada a partir de uma estrutura metodológica que comporta quatro etapas principais: Inventário, Diagnóstico, Prognóstico e Proposição.

No Inventário foram levantados e analisados dados e informações de várias temáticas na bacia estudada. No Diagnóstico, utilizando-se desses dados e informações disponibilizados pela etapa anterior, foram abordadas as principais problemáticas relacionadas às unidades geoecológicas e aos recursos hídricos na bacia. No Prognóstico foram desenvolvidos cenários de evolução do uso e cobertura da terra e dos recursos hídricos a partir das análises e conclusões produzidas na etapa anterior. Finalmente, na Proposição, foi apresentada uma série de medidas para a melhoria do estado ambiental da bacia e para a conservação de seus recursos hídricos.

A elaboração de subsídios ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas apresenta, como um dos elementos centrais de seu desenvolvimento, a avaliação do abastecimento de água no Município de Juiz de Fora. A Represa de Chapéu D’Uvas passará a compor, ainda em 2012, o sistema de abastecimento público de água deste município, tornando-se este último o principal demandante da água produzida na bacia. Por isso mesmo, o roteiro metodológico que orientou o desenvolvimento desta pesquisa procurou evidenciar a conexão a ser estabelecida entre a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas e o Município de Juiz de Fora também do ponto de vista do abastecimento de água.

A Figura 13 apresenta o roteiro metodológico proposto para o desenvolvimento da presente pesquisa. A seguir, tem-se a descrição detalhada de cada uma das etapas desenvolvidas.

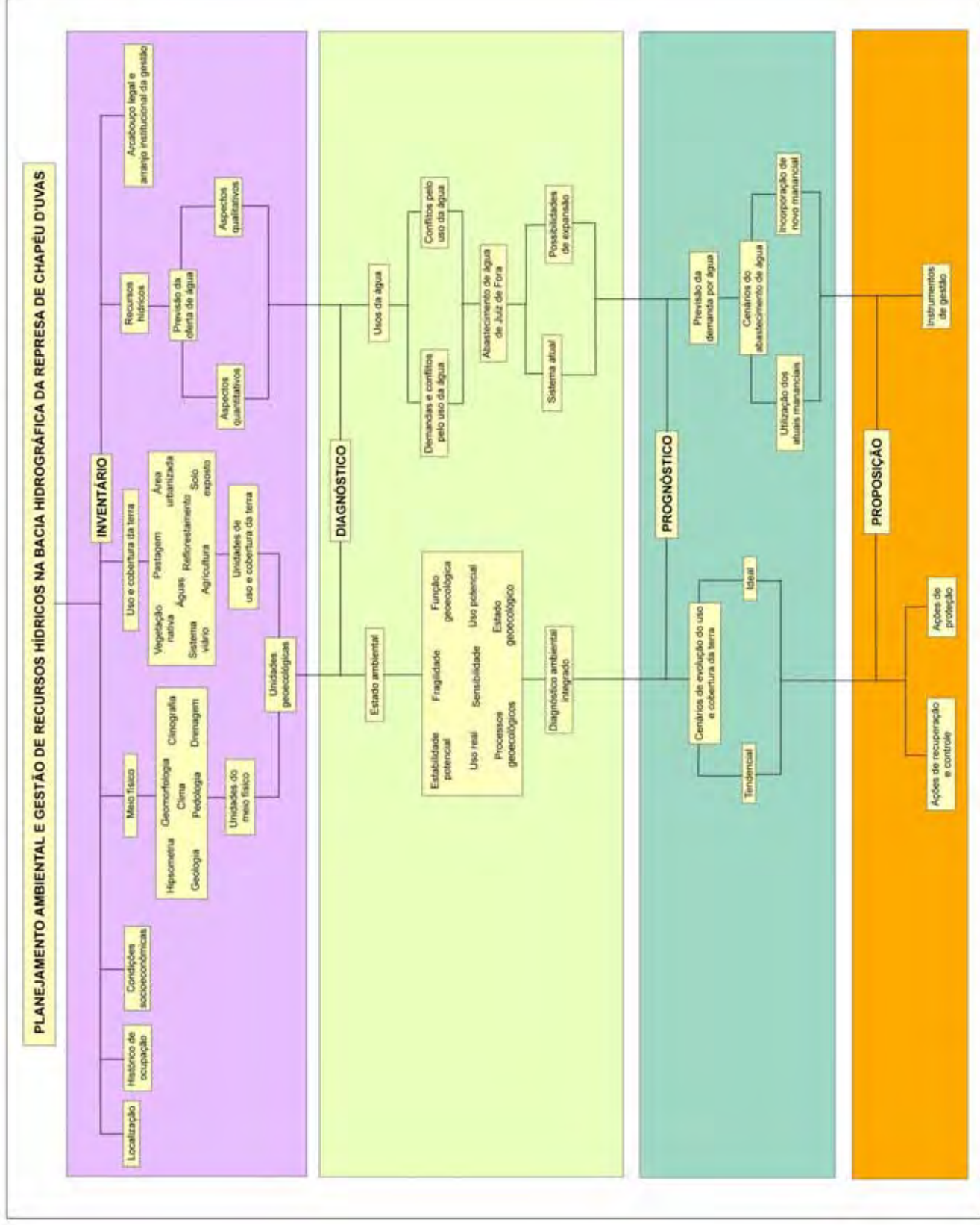


Figura 13: Roteiro metodológico para a elaboração de subsídios ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos na BHRCDU.

3.2.1 – Inventário

A etapa de Inventário, conforme aponta Leal (1995, p. 47), consiste num levantamento detalhado do ambiente da microbacia, “considerando sua localização, o processo histórico de produção desse espaço e seus aspectos naturais e sociais, particularizados e inter-relacionados, de forma a obtermos unidades físicas, unidades de uso e ocupação do solo e unidades ambientais”.

O Inventário constitui-se num processo de investigação detalhada, que tem o propósito de obter amplo conhecimento a respeito da bacia hidrográfica estudada, subsidiando a elaboração do Diagnóstico, do Prognóstico e das Propostas de Melhoria do Estado Ambiental. Ressalta-se, assim, que “o Inventário consiste, também, em uma etapa inicial de aproximação e compreensão da realidade local, e, por isso, torna-se fundamental para a realização de todas as etapas posteriores do Plano Motivador” (LEAL, 1995, p. 48).

O Inventário incluiu o levantamento, a compilação, a produção e a análise de dados e de informações referentes à localização, ao histórico de ocupação, às unidades geológicas, aos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos e ao arcabouço legal e ao arranjo institucional da gestão.

A seguir, tem-se a descrição de cada um desses itens:

• **Localização:** inclui a descrição e o mapeamento da localização da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas segundo dois critérios: o hidrográfico e o político-administrativo. Com relação ao critério hidrográfico, é apresentada a localização da bacia estudada como sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, que por sua vez constitui uma sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, que drena terras dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Já em relação aos critérios político-administrativos, é apresentada a localização da bacia estudada no Estado de Minas Gerais, nas duas mesorregiões geográficas do IBGE que a abrangem (Zona da Mata e campo das Vertentes) e nos municípios situados em seus limites.

• **Histórico de ocupação:** inclui o relato do processo histórico de ocupação da Zona da Mata de Minas Gerais, mesorregião geográfica do IBGE onde se localiza a maior parte da área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas e à qual se

relaciona de forma mais direta e intensa a ocupação dos municípios por ela abrangidos. Inicialmente, é relatado o processo histórico de ocupação da Zona da Mata, desde o século XVI, quando chegaram à região os primeiros habitantes não nativos, passando pela construção do Caminho Novo e pelo desenvolvimento dos ciclos do ouro e do café; em seguida, relata-se o período compreendido entre o processo de industrialização e o declínio econômico da região, culminando com a consolidação de Juiz de Fora como centro regional com funções comerciais e de prestação de serviços. Posteriormente, é abordado de forma mais específica o processo histórico de ocupação da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas através do relato do processo de ocupação dos três municípios abrangidos por ela: Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont.

• **Condições socioeconômicas:** inclui a descrição e o mapeamento das condições socioeconômicas da população residente na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas a partir da compilação de dados oriundos do Censo Demográfico de 2010. Assim, procedeu-se à identificação dos setores censitários que abrangem a área da bacia estudada, à compilação dos dados socioeconômicos referentes a cada um deles e à sua representação cartográfica de acordo com as classes de agrupamento. Foram avaliados os seguintes indicadores socioeconômicos: número de pessoas residentes, densidade populacional, densidade habitacional, taxa de alfabetização dos responsáveis pelos domicílios, nível de escolaridade dos responsáveis pelos domicílios e renda dos responsáveis pelos domicílios.

• **Recursos hídricos:** compreende os aspectos quantitativos e os aspectos qualitativos da água da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Sendo assim, este item pretende subsidiar a previsão da oferta de água pela bacia estudada, considerando-se que a disponibilidade hídrica é resultado da conjugação dos aspectos quantitativos e dos qualitativos dos recursos hídricos de uma dada bacia hidrográfica. Assim, tem-se:

➤ **Aspectos quantitativos:** inicialmente, foram coletados dados referentes à disponibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas em diversos documentos oficiais já produzidos. Em tais documentos, a disponibilidade hídrica da bacia foi avaliada segundo diferentes indicadores, tais como a Q_{MLT} , a Q_{95} e a

Q_{7,10}. Posteriormente, foram avaliadas as exigências legais para o aproveitamento da disponibilidade hídrica em mananciais superficiais no Estado de Minas Gerais, tendo como referência principal a Portaria IGAM n.º 10/1998. Finalmente, foi realizada a verificação da conformidade da vazão outorgada na bacia hidrográfica com os limites estabelecidos pela legislação. Para tanto, foram coletados dados referentes à outorga de direito de uso de recursos hídricos na área da bacia. A análise da relação entre a vazão outorgável e a vazão outorgada permitiu a avaliação da disponibilidade hídrica.

➤ **Aspectos qualitativos:** a avaliação da qualidade da água da Represa de Chapéu D'Uvas foi realizada com base em dados cedidos pelo Laboratório de Análises Físico-Químicas da CESAMA. A CESAMA realizou o monitoramento semestral da qualidade da água da Represa já há alguns anos, tendo-se em vista a expectativa de sua incorporação ao sistema de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora. Foram cedidos dados referentes a período compreendido entre 2006 e 2010, resultantes de análise mensal de amostra de água coletada superficialmente pela CESAMA na Represa de Chapéu D'Uvas, em ponto localizado próximo à futura captação de água. Foram selecionados doze parâmetros considerados importantes para a avaliação da qualidade da água destinada ao abastecimento humano, segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005: pH, cor, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, cloreto, manganês, nitrogênio, ferro, fósforo, cianobactérias e *Escherichia coli*. Os dados referentes a cada parâmetro foram organizados em gráficos, nos quais constavam os limites superiores e inferiores estabelecidos pela legislação vigente para os mesmos. Para a definição dos limites superiores e inferiores aceitos pela legislação para cada um dos parâmetros, foi considerada o enquadramento das águas da Represa de Chapéu D'Uvas na Classe 2 das Águas Doces da Resolução CONAMA n.º 357/2005, que engloba as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional. O tratamento convencional será aplicado pela CESAMA na ETA Walfrido Machado Mendonça para a potabilização da água da Represa de Chapéu D'Uvas antes da sua distribuição à população de Juiz de Fora.

• **Definição das unidades do meio físico, das unidades de uso e cobertura da terra e das unidades geoecológicas:** a definição das unidades foi realizada a partir da análise e da avaliação dos aspectos naturais e de uso e cobertura da terra, o que foi

viabilizado pela realização de levantamentos bibliográficos e de trabalhos de campo. Os resultados obtidos foram sistematizados e cartografados, gerando uma coleção de mapas temáticos, gráficos e tabelas que foram interpretados e permitiram a análise da área estudada. A definição das unidades físicas, das unidades de uso e cobertura da terra e das unidades geoecológicas deu-se, conforme proposto por Dibieso (2007, p. 15), da seguinte maneira:

➤ As unidades do meio físico foram definidas a partir da elaboração e da compilação dos mapas temáticos de hidrografia, geologia, geomorfologia, pedologia, clinografia e hipsometria na escala 1:50.000, 1:100.000 e 1:500.000, em conjugação com os dados climáticos da bacia hidrográfica. Tais cartas foram analisadas individualmente e, posteriormente, integradas para a obtenção da carta temática de unidades do meio físico. Além da sobreposição das cartas, foram levadas em consideração as inter-relações, a individualidade e a expressividade de cada elemento do meio físico para a definição das unidades, que devem ser entendidas como áreas que apresentam relativa homogeneidade nos seus componentes naturais, atributos, funções e capacidade de uso potencial do solo.

➤ As unidades de uso e cobertura da terra foram definidas a partir da identificação e do mapeamento, na escala 1:50.000, das várias classes de uso e cobertura da terra presentes na bacia hidrográfica: vegetação nativa, reflorestamento, pasto limpo, pasto sujo, solo exposto, sistema viário, área urbanizada e hidrografia (represa, açudes, áreas úmidas e cursos de água). As unidades de uso ocupação do solo devem ser entendidas como áreas que possuem características antrópicas particulares e que permitem a sua individualização como forma da expressão da organização ou da desorganização social presente na produção do espaço.

➤ As unidades geoecológicas foram definidas a partir da integração dos mapas-síntese anteriormente produzidos (mapa de unidades do meio físico e mapa de unidades de uso e cobertura da terra). Assim, a sobreposição dos mapas, a realização de novos trabalhos de campo e o tratamento dos dados obtidos permitiu a diferenciação das unidades geoecológicas, que constituíram-se na base territorial de referência para a realização do diagnóstico da bacia hidrográfica estudada. As unidades geoecológicas foram analisadas de acordo com as restrições de uso e ocupação do solo e com o grau de impacto presente e projetado das atividades antrópicas. A partir disso é que foi possível, na etapa posterior, definir o estado ambiental da bacia hidrográfica estudada, as

unidades geoecológicas sujeitas aos maiores impactos e, sobretudo, aquelas mais sujeitas à degradação no futuro.

• **Arcabouço legal e arranjo institucional da gestão:** inclui a identificação e a descrição da legislação e dos atores relacionados à gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. A descrição do arcabouço legal inclui a legislação federal e estadual relacionada à gestão de recursos hídricos na bacia estudada em seus mais diferentes aspectos: proteção do manancial, instrumentos de gestão de recursos hídricos, saneamento básico, etc. A descrição do arranjo institucional considera que a bacia está incluída na área de atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. A Lei Federal n.º 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos), em seu Artigo 39, estabelece uma composição tripartite para os comitês, incluindo o Poder Público (União, Estados e Distrito Federal e Municípios), usuários das águas e entidades civis de recursos hídricos. Sendo assim, a identificação e a descrição dos atores da gestão e de suas respectivas ações referentes à gestão de recursos hídricos na bacia estudada foram realizadas segundo a composição estabelecida pela PNRH para os CBHs.

3.2.2 – Diagnóstico

A etapa de Diagnóstico, conforme aponta Leal (1995, p. 48), “permite-nos avaliar os principais problemas da microbacia e as perspectivas de solução, que irão subsidiar os planos de trabalho e propostas de intervenção posteriores”. Trata-se de um trabalho complexo, pois depende da capacidade de percepção, observação, interpretação e sistematização do pesquisador em relação aos vários processos sociais e naturais presentes.

Na elaboração do Diagnóstico são utilizados os mapas e as informações sistematizadas durante a etapa do Inventário, além de serem realizados novos levantamentos bibliográficos e trabalhos de campo para a identificação dos processos ambientais presentes na bacia hidrográfica.

O Diagnóstico foi dividido em duas temáticas, definidas a partir das informações produzidas na etapa anterior e da seleção dos itens mais relevantes para o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas:

- A temática referente às unidades geoecológicas inclui o seu diagnóstico ambiental, elaborado a partir da análise integrada de vários de seus atributos. O foco desta temática é o estado ambiental da bacia;

- A temática referente aos recursos hídricos inclui as demandas e os conflitos pelo uso da água da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. O foco desta temática é o abastecimento de água do Município de Juiz de Fora, uso principal das águas do manancial. Assim, este item corresponde ao diagnóstico do abastecimento de água municipal de Juiz de Fora, incluindo a descrição e avaliação do sistema atual (produção, abastecimento e distribuição de água) e das possibilidades para a sua expansão.

A seguir, tem-se a descrição de cada um desses itens:

- **Diagnóstico ambiental integrado das unidades geoecológicas:** o diagnóstico ambiental pode ser definido como “a avaliação das propriedades da paisagem e de seu estado, em relação à sua utilização pelas atividades humanas” (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 107). Sendo assim o diagnóstico ambiental tem o objetivo de explicitar a problemática geoecológico-ambiental da bacia hidrográfica estudada, correspondendo à síntese da análise integrada dos seguintes atributos das unidades geoecológicas:

➤ **Função geocológica:** este item aborda a classificação das unidades geocológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas segundo a sua função. A função geocológica está diretamente relacionada ao balanço energético da bacia, ao equilíbrio geocológico e à produtividade dos sistemas. Assim, o equilíbrio geocológico corresponde ao equilíbrio dinâmico no balanço dos fluxos de energia, matéria e informação, que sustenta a paisagem em seu estado de qualidade ótima, garantindo a sua estabilidade e uma existência longa, de tal maneira que a degradação seja reduzida ao mínimo necessário. As unidades foram classificadas em emissoras, transmissoras e coletoras, de acordo com a definição estabelecida por Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 97) para cada uma dessas três funções.

➤ **Processos geocológicos:** este item aborda os processos geocológicos que se desenvolvem na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, expressos principalmente através dos vários problemas ambientais identificados em sua área. Os processos geocológicos ocorrem nos limites do perfil vertical da paisagem, reformulando sua estrutura e viabilizando o desenvolvimento de novos elementos estruturais e funcionais (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 97). Muitos desses processos possuem caráter antroponatural, já que são processos naturais intensificados pela ação do homem e pelo seu trabalho, que os modifica e os torna quantitativa e qualitativamente diferentes dos processos puramente naturais. Sendo assim, as formas resultantes desses processos geocológicos que se desenvolvem na bacia foram cartografados a partir dos dados e informações coletados e produzidos na etapa do Inventário, permitindo assim a sua espacialização e a análise de sua distribuição nas unidades geocológicas.

➤ **Estabilidade potencial:** este item apresenta a estabilidade potencial das unidades geocológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. A estabilidade potencial relaciona-se à capacidade da paisagem de manter a sua estrutura e o seu funcionamento, independentemente do tipo e da intensidade dos impactos. A estabilidade potencial depende, portanto, das propriedades intrínsecas da paisagem e da coerência interna dos componentes que a integram (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 103). A estabilidade potencial das unidades geocológicas foi avaliada a partir de técnica numérica aproximativa simples, segundo a qual foram definidos os fatores considerados críticos para a sua determinação: declividade, litologia e rede de drenagem. Foi estabelecida uma escala de quatro valores para cada parâmetro, sendo o maior valor para a

maior instabilidade. Cada um dos valores recebeu uma pontuação. Após a soma de todos os pontos, as unidades geoecológicas foram agrupadas em três categorias de estabilidade potencial: paisagens inestáveis, paisagens medianamente estáveis e paisagens estáveis, de acordo com os parâmetros propostos por Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 105).

➤ **Fragilidade:** este item aborda a fragilidade das unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, que relaciona-se à capacidade da paisagem de retornar ao seu estado de partida após determinada perturbação. A determinação da fragilidade foi realizada a partir do índice de impactos tecnogênicos sobre as paisagens, que varia em função dos tipos de usos da terra. Os diferentes usos da terra são responsáveis por caracterizar as mudanças de origem antropogênica, permitindo o estabelecimento de quatro categorias de fragilidade: muito frágil, frágil, medianamente frágil e pouco frágil, segundo a definição estabelecida por Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 105-106) para cada uma delas.

➤ **Sensibilidade:** este item apresenta a sensibilidade das unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, que expressa a suscetibilidade da paisagem à degradação e à perda de sua capacidade produtiva. As categorias de sensibilidade – muito sensível, sensível, medianamente sensível, pouco sensível e muito pouco sensível – expressam a correlação entre os atributos da estabilidade potencial e da fragilidade, segundo a definição estabelecida por Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 106) para cada uma delas.

➤ **Estado geoecológico:** este item aborda o estado geoecológico das unidades da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, que relaciona-se ao grau de capacidade e de degradação das propriedades originais das paisagens, que resultam, por sua vez, das modificações e das transformações produzidas pela ação antrópica. Assim, o estado geoecológico apresenta relação direta com os processos geoecológicos que se desenvolvem na bacia e com a estabilidade potencial da paisagem. As unidades foram classificadas, segundo o seu estado geoecológico, em otimizadas, compensadas, alteradas e esgotadas, de acordo com a definição de Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 102) para cada uma dessas quatro categorias.

➤ **Relação entre uso real e uso potencial:** este item aborda a relação entre uso real e uso potencial da terra nas unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. O enfoque está nas Áreas de Preservação Permanente hídricas, dada a fundamental importância das mesmas para a manutenção da produção hídrica e, portanto, para a perenidade do manancial representado pela Represa de Chapéu D’Uvas. Não existe nenhuma lei específica para o ordenamento do uso e ocupação da terra na área da bacia. Além disso, os municípios que compõem a bacia não contam com lei de uso e ocupação do solo. Sendo assim, as restrições ao uso e ocupação da terra na bacia, fundamentais para a proteção de áreas de mananciais, são definidas a partir da legislação federal e da legislação estadual, relacionadas, principalmente, à proteção da vegetação. Tal item, adotando os critérios estabelecidos pela Lei Federal n.º 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, apresenta as restrições ao uso e ocupação da terra na bacia a partir da delimitação das Áreas de Preservação Permanente hídricas. Num primeiro momento, as APPs foram espacializadas segundo os critérios legais vigentes. Posteriormente, o item apresenta a sobreposição entre o mapa de restrições ao uso e ocupação da terra (APPs hídricas) e o mapa de uso e cobertura da terra. A sobreposição desses dois mapas possibilitou a geração do mapa de relação entre o uso real e o uso potencial da terra, que mostra as áreas das APPs hídricas da bacia nas quais o uso é compatível (adequado) ou incompatível (inadequado) com os critérios estabelecidos pela legislação vigente.

• **Demandas e conflitos pelo uso da água:** este item aborda as demandas que motivaram a construção da Represa de Chapéu D’Uvas e os consequentes conflitos associados. Para tanto, a partir de levantamentos bibliográficos, foi realizado um relato do histórico de construção da represa, ligado à necessidade de se regularizar a vazão do Rio Paraibuna e à viabilização da geração de energia hidrelétrica a jusante de Juiz de Fora. Posteriormente, relata-se o processo conflituoso de desapropriação das áreas atingidas com a construção do lago (São Firmino, Dores do Paraibuna e Paraibuna) e a remoção das comunidades para novas localidades, com a implantação de novos núcleos urbanos. Posteriormente, foi analisado o processo de incorporação do manancial ao sistema de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora a partir das demandas do abastecimento urbano de água. Para tanto, procedeu-se à consulta dos documentos oficiais já produzidos que apontaram alternativas para a expansão e a ampliação da capacidade de atendimento do sistema. Finalmente, relata-se, com base principalmente em notícias

coletadas junto à imprensa local, a decisão do poder público municipal em priorizar a utilização da Represa de Chapéu D'Uvas como a melhor alternativa para a garantia do abastecimento de água de Juiz de Fora nos próximos anos.

• **Diagnóstico do abastecimento municipal de água de Juiz de Fora:** este item inclui a descrição do sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora, dividindo-se em duas partes. A primeira delas descreve o sistema atual de abastecimento de água, considerando-se o sistema de produção e o sistema de distribuição e abastecimento de água. Para tanto, foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica em documentos oficiais e estudos acadêmicos e no sítio eletrônico da Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA) para a coleta de dados e de informações, subsidiando a caracterização do sistema. A segunda parte descreve as possibilidades de expansão do sistema, inclusive a partir da incorporação de novos mananciais. Para tanto, foram consultados os principais estudos e documentos já produzidos por diferentes instituições para a identificação e a seleção de alternativas para a expansão do sistema. Os documentos consultados levam em consideração a capacidade de produção do sistema atual e a projeção de crescimento da demanda. Sendo assim, dos documentos consultados, três deles apontam a expansão da capacidade de produção do sistema existente como suficiente para suprir a demanda por água de Juiz de Fora pelo menos até 2030, enquanto um aponta a necessidade de incorporação de outro manancial para a garantia do abastecimento segundo as demandas projetadas.

3.2.3 – Prognóstico

O Prognóstico “trata-se de uma etapa difícil e estimulante do processo de planejamento ambiental, pois propicia-nos a oportunidade de pensarmos o futuro e visualizarmos formas de nele intervir” (LEAL, 1995, p. 48).

A elaboração de um prognóstico deve, portanto, basear-se na elaboração de cenários futuros, na qual deve ser considerada ou não a ocorrência de determinados fatores. Um cenário pode mesmo ser definido como uma “previsão que se obtém a partir de pressupostos formulados com a finalidade de fazer comparações entre diversas situações” (FEEMA, 1990, p. 50-51).

O Prognóstico compreende uma etapa sequencial ao Diagnóstico, sendo elaborado a partir dos dados, informações e conclusões obtidos com o desenvolvimento do mesmo, mantendo as duas temáticas apresentadas na etapa anterior. A temática referente às unidades geoecológicas inclui a elaboração de um cenário tendencial e de um cenário ideal de evolução do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. A temática referente aos recursos hídricos compreende a elaboração de três cenários de abastecimento de água em Juiz de Fora: o primeiro cenário considerou a não incorporação de novos mananciais ao sistema de produção de água e a desativação do Sistema São Pedro; o segundo cenário considerou a incorporação da Represa de Chapéu D’Uvas ao sistema de abastecimento de água com capacidade de produção de 850 l/s e a desativação do Sistema São Pedro; o terceiro cenário considerou a incorporação da Represa de Chapéu D’Uvas ao sistema de abastecimento de água com capacidade de produção de 5.000 l/s e a não desativação do Sistema São Pedro.

A seguir, tem-se a descrição de cada um desses itens:

- **Cenários de evolução do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas:** este item apresenta dois cenários de evolução do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. Foram elaborados dois cenários: um tendencial e outro ideal. O cenário tendencial leva em conta a manutenção das atuais tendências de evolução do uso e cobertura da terra na bacia. Este cenário procura destacar as consequências da inexistência, pelo menos até o presente momento, de qualquer legislação específica, municipal ou estadual, que discipline o uso e ocupação da terra na bacia. Além disso, destaca também a

possibilidade de evolução dos problemas ambientais já presentes na bacia (erosão e assoreamento, ocupação das APPs, poluição e contaminação das águas através do lançamento de esgotos domésticos, etc.), caso não sejam tomadas as medidas necessárias ao seu controle. O cenário ideal, por sua vez, leva em conta a melhoria do estado ambiental da bacia e a garantia da proteção de seus recursos hídricos a partir, respectivamente, do desenvolvimento de uma legislação específica de ordenamento de uso e ocupação da terra e da implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos. Assim, este cenário procura destacar o impacto positivo da adoção de medidas de proteção e de conservação sobre a evolução do uso e cobertura da terra na bacia.

• **Cenários de abastecimento de água para o Município de Juiz de Fora:** este item apresenta três cenários do abastecimento de água para o Município de Juiz de Fora. Para tanto, foram consideradas diversas possibilidades quanto à incorporação ou desativação de mananciais e à ampliação da capacidade de atendimento dos sistemas existentes ou em implantação. Sendo assim, a disponibilidade hídrica do município variou em função do número e da vazão outorgável dos mananciais considerados na elaboração de cada cenário. Os dados referentes à disponibilidade hídrica dos mananciais foram coletados no sítio eletrônico e em estudos oficiais produzidos pela CESAMA. Esses valores de vazão devem estar em concordância com a Portaria n.º 10/1998, que estabelece os critérios legais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais. A disponibilidade hídrica do município, de acordo com os valores adotados em cada um dos três cenários, foi posteriormente relacionada às suas tendências médias de crescimento populacional, com o objetivo de identificar o limite (horizonte temporal) até o qual a mesma seria suficiente para atender à demanda correspondente. As projeções populacionais utilizadas foram obtidas em estudos oficiais produzidos pela CESAMA.

3.2.4 – Proposição

A Proposição é uma etapa que objetiva apresentar medidas para o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica, de acordo com as constatações realizadas nas etapas de Diagnóstico e de Prognóstico, acerca, respectivamente, do atual e do futuro estado hídrico-ambiental da mesma.

Leal (1995, p. 49) ressalta que as propostas apresentadas nessa etapa devem contribuir pra o debate a respeito da melhoria das condições hídrico-ambientais da bacia hidrográfica, incluindo medidas de reabilitação e de infraestrutura, medidas de proteção e de conservação e medidas sócio-políticas. Devem ser elaboradas propostas para as unidades geoecológicas e para a bacia hidrográfica como um todo.

Como etapa resultante das conclusões realizadas nas duas etapas anteriores, a Proposição mantém a estruturação em duas temáticas principais. A temática referente às unidades geoecológicas inclui a proposição de ações de recuperação e controle e ações de proteção para a melhoria do atual estado ambiental da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas e, conseqüentemente, para a consolidação do cenário ideal de evolução do uso e cobertura da terra. A temática referente aos recursos hídricos inclui a proposição de medidas para a efetiva implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, especialmente a outorga, a cobrança e o enquadramento, fundamental para a manutenção da disponibilidade hídrica da bacia em termos quantitativos e qualitativos, garantindo assim o atendimento das futuras necessidades de todos os usos e usuários da água.

A seguir, tem-se a descrição de cada um desses itens:

- **Proposição para a melhoria do estado ambiental:** este item apresenta a proposição de uma série de medidas para a melhoria do estado ambiental da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Para tanto, leva-se em consideração os principais problemas ambientais da bacia levantados na etapa do Diagnóstico, bem como as perspectivas de sua evolução demonstradas na etapa do Prognóstico. As medidas dividem-se em ações de recuperação e controle e ações de proteção, sendo apresentadas para as unidades geoecológicas e para a bacia como um todo.

- **Proposição para a conservação dos recursos hídricos:** este item apresenta a proposição de uma série de medidas para a conservação dos recursos hídricos na Bacia

Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Para tanto, leva-se em conta a necessidade de gestão da oferta e de gestão da demanda dos recursos hídricos, incluindo, portanto, os aspectos relativos à disponibilidade hídrica (quantidade e qualidade) e à garantia de abastecimento urbano de Juiz de Fora. As medidas referem-se à implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos previstos na legislação vigente, especialmente o enquadramento, a outorga e a cobrança.

3.2 – Material e métodos

Para o desenvolvimento dos subsídios ao planejamento ambiental e à gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, foi necessária a elaboração de vários mapas temáticos. A seguir tem-se a descrição do material e dos métodos empregados nas diversas etapas propostas pela metodologia, destacando-se aí a cartografia temática como elemento fundamental para a sua consecução.

a) Mapa-base: o mapa-base apresenta a delimitação, a rede de drenagem, as curvas de nível e os pontos cotados da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. O mapa foi gerado a partir da extração dos elementos citados das quatro cartas topográficas na escala 1:50.000 do IBGE que cobrem a área da bacia hidrográfica estudada. A bacia é abrangida pelas seguintes folhas: SF-23-X-C-VI-1 (Bias Fortes), SF-23-X-C-VI-2 (Ewbank da Câmara), SF-23-X-C-III-3 (Ibertioga) e SF-23-X-C-III-4 (Santos Dumont). As cartas são datadas de 1976 e apresentam equidistância das curvas de nível igual a 20 m. Os arquivos das curvas de nível e da rede de drenagem de cada carta foram extraídos do sítio eletrônico do IBGE: <<http://www.ibge.gov.br/home/download/geociencias.shtml>>. Os arquivos referentes à carta Bias Fortes não constavam da biblioteca do IBGE. Sendo assim, a carta foi devidamente georreferenciada no aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1); posteriormente, procedeu-se à vetorização das curvas de nível e da rede de drenagem da porção da carta que integra a bacia hidrográfica, com o auxílio de ferramentas de edição do aplicativo. No mesmo aplicativo, foi realizada também a integração da rede de drenagem e das curvas de nível das quatro cartas topográficas. Posteriormente, procedeu-se à união dos diversos segmentos das curvas que estavam fragmentadas e à sua cotagem. As cartas do IBGE que recobrem a área estudada são referenciadas no *datum geodésico* Córrego Alegre. Porém, para atender à Resolução IBGE n.º 01/2005, que adotou o Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS) como sistema geodésico de referência para todo o território nacional, foi realizada a transformação do *datum geodésico* para SIRGAS em todos os mapas produzidos nesta pesquisa. Para tanto, foi utilizada a Os limites do lago da Represa de Chapéu D’Uvas foram extraídos de uma imagem ALOS, já que o mesmo não consta da folha Ewbank da Câmara do IBGE, tendo-se em vista que a data de seu enchimento é bastante posterior à elaboração da carta topográfica. A delimitação da represa obtida nas imagens ALOS foi utilizada em todos os mapas posteriores, à

exceção do mapa de uso e cobertura da terra (neste mapa foi utilizada a delimitação extraída das imagens RapidEye). Estando disponíveis o traçado da rede drenagem e a delimitação do lago da represa, tornou-se possível estabelecer-se a delimitação da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. O mapa foi produzido na escala 1:50.000 e é apresentado na escala 1:100.000.

b) Mapa de localização segundo critérios político-administrativos: o mapa apresenta a inserção da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas nas unidades político-administrativas que abrangem a sua área: na escala local, os municípios de Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont; na escala regional, nas mesorregiões geográficas Zona da Mata e Campo das Vertentes; e no Estado de Minas Gerais. O mapa foi elaborado a partir de arquivos digitais obtidos junto a sítio eletrônico do IBGE: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm>. Os arquivos integram a Malha Municipal Digital de 2007, com escala original de 1:2.500.000. Foram extraídos daí os arquivos contendo os limites do Brasil, do Estado de Minas Gerais e das mesorregiões geográficas Zona da Mata e Campo das Vertentes. Os limites dos municípios que compõem a bacia hidrográfica estudada e dos municípios limítrofes à mesma foram extraídos dos arquivos digitais das folhas topográficas do IBGE. O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1).

c) Mapa de localização segundo critérios hidrográficos: o mapa apresenta a inserção da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna que, por sua vez, constitui uma sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Os arquivos contendo os limites do Brasil e dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo integram a Malha Municipal Digital de 2007, com escala original de 1:2.500.000. O arquivo com a delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul foi extraída do sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas (ANA): <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavital/solicitacaoBaseDados.asp>>. O arquivo integra o mapeamento de ottobacias da ANA (Nível 3), com escala original de 1:1.000.000. Os arquivos com a delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (escala original de 1:50.000) e com o traçado de seus principais rios (escala original de 1:250.000) foram extraídos de Castro (2009, p. 30). O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1).

d) Mapa de setores censitários: o mapa apresenta a limitação dos setores censitários que abrangem a área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, segundo o Censo Demográfico de 2010. Para a elaboração do mapa foi utilizada a Malha Municipal de Setores Censitários de 2010, divulgada pelo IBGE, na escala de 1:2.500.000. O mapa é apresentado na escala 1:180.000. O arquivo com a delimitação dos setores censitários foi extraído do sítio eletrônico do IBGE: <<http://www.ibge.gov.br/home/download/geociencias.shtm>>. O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1).

e) Mapa de enquadramento das águas do Rio Paraibuna: o mapa apresenta o enquadramento das águas do Rio Paraibuna (domínio da União) segundo duas legislações: a Portaria do Ministério do Interior n.º 86/1981 e a Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais n.º 58/1996, que propôs ao Ministério do Meio Ambiente o reenquadramento das águas. Para a elaboração do mapa foram utilizadas a Malha Municipal de Setores Censitários de 2010 divulgada pelo IBGE (escala de 1:2.500.000) e o traçado dos rios principais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna extraídos de Castro (2009, p. 30) (escala original de 1:250.000). O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1) e é apresentado na escala 1:700.000.

f) Mapa de geologia: o mapa apresenta as unidades geológicas e as demais características (mergulhos, fraturas, falhas, zonas de cisalhamento, foliações) relacionadas. Os elementos citados foram extraídos do mapeamento geológico realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) na escala 1:100.000, datado de 1991. A bacia é abrangida pelas seguintes folhas do levantamento: SF-23-X-C-III (Barbacena) e SF-23-X-C-VI (Lima Duarte). O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1). Nesse aplicativo as cartas foram devidamente georreferenciadas. Em seguida, procedeu-se à vetorização das unidades geológicas e demais elementos que compõem o mapa. O mapa é apresentado na escala 1:100.000.

g) Mapa de pedologia: o mapa apresenta a distribuição das unidades de mapeamento pedológico que ocorrem na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. Para a elaboração do mapa foi utilizado o *Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais*, com sua respectiva legenda expandida, publicado em conjunto, em 2010 e na escala 1:500.000,

pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1). Nesse aplicativo foi realizado o recorte da área de estudo e, em seguida, procedeu-se à elaboração do mapa final. Optou-se por apresentar o mapa na escala 1:100.000. Porém, deve-se ressaltar que a apresentação do mapa em uma escala de maior detalhe em relação à escala original não implica em acréscimo de informação. Ao contrário, tal procedimento implica em maior generalização; por outro lado, possibilitou uma melhor visualização do tema representado.

h) Mapa de geomorfologia: o mapa apresenta a compartimentação geomorfológica da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. O mapa foi elaborado através de metodologia proposta por Meis, Miranda e Fernandes (1982) e refinada por Silva (2002).

A metodologia adotada considera o conceito de bacia de drenagem como a unidade básica para o cálculo do desnivelamento altimétrico. Silva (2002, p. 51) ressalta que “o significado desta noção, em termos práticos e conceituais, concebe que em bacias formadoras da rede de drenagem o valor entre a cota superior e a inferior, antes de atingir a drenagem coletora, corresponde ao trabalho de dissecação do relevo efetuado pela atuação de agentes erosivos ao longo do tempo geológico”. Ao se adotar a bacia de drenagem como o recorte espacial para o reconhecimento de diferentes classes de amplitude altimétrica, considera-se que a mesma constitui a unidade de evolução geomorfológica fundamental para a compreensão das relações entre área-fonte, zona de transporte e zona de deposição em ambientes geodinâmicos distintos.

O cálculo do desnivelamento altimétrico foi obtido para a drenagem afluente (bacias de primeira e de segunda ordens), resultando da diferença entre os valores das curvas de nível de valor altimétrico mais elevado ($h_{máx.}$) e o valor da última curva de nível antes de ocorrer a confluência da drenagem afluente com a drenagem coletora ($h_{mín.}$), definindo o índice de dissecação do relevo ($\Delta h = h_{máx.} - h_{mín.}$), conforme mostra a Figura 14. O mapa elaborado refletiu, assim, o grau de encaixamento fluvial ou entalhamento erosivo das encostas, associado intimamente às variações litoestruturais e/ou tectônicas.

Para a delimitação de unidades mais suaves da paisagem (planícies fluviais), foi necessária uma adaptação metodológica: considerou-se que as rupturas de declive existentes entre as encostas e as áreas de baixo declive (reconhecidas nas cartas topográficas por um brusco afastamento entre as curvas de nível) seria o critério de delimitação da área de acumulação ou retenção da sedimentação quaternária (feição morfológica de planícies fluviais) com as demais feições em que predominavam os processos erosivos ou de dissecação (colinas, morros, degraus reafeiçoados e degraus escarpados). Para esta classe de compartimentação topográfica, portanto, foi dispensado o recorte espacial de bacias de drenagem, utilizando-se o conhecimento geomorfológico para a análise e a sugestão da delimitação de diferentes feições de relevo, tendo-se como base instrumental as informações extraídas das próprias cartas topográficas.

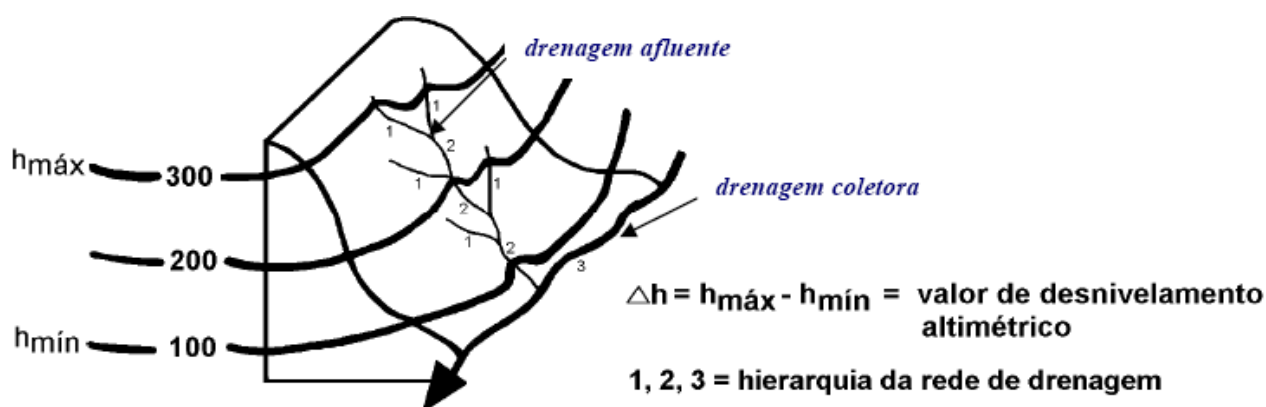


Figura 14: Bloco-diagrama esquemático com explicação do cálculo do desnivelamento altimétrico (Δh) e representação das curvas de nível que corta a rede de drenagem local – drenagem afluyente (bacia de ordem 2) e drenagem coletora.

Após a mensuração dos valores de desnivelamento altimétrico, foram reconhecidas, no caso das feições de bacias de drenagem, as que possuem os mesmos índices de dissecação, separando-se bacias com valores diferentes através da delimitação de interflúvios e de divisores; e para as colinas e morros foi delimitado todo o contorno de cada feição, ou seja, extraída a curva de nível que delimita a ruptura de encosta com o fundo do vale.

Foram adotadas classes de desnivelamento e seus respectivos significados morfológicos compatíveis com o mapeamento geomorfológico de semi-detalle (escala 1:50.000), tal como proposto por Silva (2002, p. 55):

- **Planícies fluviais (0 a 20 m):** são feições alongadas e justapostas ao fluxo da drenagem coletora, produzidas pelos depósitos deixados pelos rios;

- **Colinas suaves (20 a 80 m):** são feições que caracterizam-se pelo entalhamento local dos vales e das reentrâncias das cabeceiras de drenagem e que são, em sua maioria, constituídas de topos planos resultantes do retrabalhamento de material sedimentar;

- **Colinas íngremes: (80 a 100 m):** são feições que caracterizam-se por apresentar encostas mais íngremes que as colinas suaves; assim como as primeiras, as colinas íngremes também apresentam vales e reentrâncias das cabeceiras de drenagem entalhados, mas estreitos; finalmente, apresentam topos convexos, que resultam, em sua maioria, da litologia de embasamento cristalino com elevado grau de alteração;

- **Morros (100 a 200 m):** constituem feições isoladas ou contínuas/transicionais a compartimentos de maior índice de desnivelamento (ombreiras), apresentando encostas íngremes, topos convexos e vales encaixados;

- **Degraus reafeiçoados (200 a 400 m):** são feições que representam zonas de transição que separam compartimentos com altitudes diferentes, onde a drenagem do compartimento mais baixo encaixa-se progressivamente, fazendo com que o degrau não apresente a fisionomia de uma escarpa bem definida e íngreme e/ou serras que se erguem no interior de um domínio colinoso;

- **Degraus escarpados (acima de 400 m):** são feições que correspondem às áreas mais elevadas de encostas íngremes.

O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1). Para a sua elaboração foi utilizado o mapa-base produzido anteriormente nesta pesquisa, do qual foram extraídos os arquivos com as curvas de nível e com a rede de drenagem, que têm como fonte as folhas das cartas topográficas do IBGE (escala 1:50.000) que cobrem a área da bacia hidrográfica estudada. A delimitação das unidades da compartimentação geomorfológica foi realizada com o auxílio das ferramentas de edição do aplicativo escolhido e segundo as diretrizes metodológicas já descritas. O mapa foi produzido na escala 1:50.000 e é apresentado na escala 1:100.000.

i) Mapa de hipsometria: o mapa apresenta as classes hipsométricas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Para a elaboração do mapa foram utilizadas como referência as curvas de nível com equidistância de 20 m e os pontos

cotados das cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000 que cobrem a área da bacia hidrográfica estudada. Foram estabelecidas classes com amplitude altimétrica igual a 100 m, com o objetivo de obter-se uma melhor visualização e análise do mapa. Consequentemente, foi possível obter-se também uma melhor integração da hipsometria com os demais elementos do meio físico para a elaboração da carta-síntese de unidades da paisagem. A classe inicial comporta altitudes situadas no intervalo entre 700 e 800 m e a classe final inclui altitudes situadas no intervalo entre 1.200 e 1.300 m, cobrindo, assim, a amplitude altimétrica total da bacia. Considerando que “mesmo no domínio onde a unanimidade parece mais próxima, o das cartas geológicas e pedológicas, uma legenda de cores ainda não foi estabelecida universalmente” (LIBAULT, 1975, p. 242), optou-se por adotar um sistema convencional de gradação de cores, no qual as cores frias (ex.: verde) representam as baixas altitudes e as cores quentes (ex.: laranja, vermelho) representam as altas altitudes. O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1). Nesse aplicativo foi utilizada a ferramenta *3D Analyst*. Com essa ferramenta foi criado o TIN (*Triangulated Irregular Network*) para a bacia, sendo realizada, posteriormente, a elaboração final do mapa. O mapa foi produzido na escala 1:50.000 e é apresentado na escala 1:100.000.

j) Mapa de clinografia: o mapa apresenta as classes clinográficas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. Para a elaboração do mapa foi utilizado o TIN (escala 1:50.000) gerado durante a elaboração do mapa de hipsometria, ao qual foram adicionadas as classes de declividade adotadas na pesquisa. O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1) na escala 1:50.000 e é apresentado na escala 1:100.000. É importante levar em conta que “a definição das classes de declividades poderá ter um caráter eminentemente particular, ou seja, o autor escolhe as classes que ele necessita para seu trabalho, mas é recomendável que utilizemos o que já está estabelecido por lei para os diferentes usos e ocupação territorial” (DE BIASI, 1992, p. 47). Sendo assim, foram adotadas, para a elaboração do mapa, as classes clinográficas sugeridas por De Biasi (1992, p. 47), com suas respectivas justificativas:

- **Menor que 5%:** limite urbano-industrial, utilizados internacionalmente, bem como em trabalhos de planejamento urbano efetuados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e pela Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A. (EMPLASA);

- **Entre 5 e 12%:** este limite possui algumas variações quanto ao máximo a ser estabelecido (12%), pois alguns autores adotam as cifras de 10% ou 13%. A diferença é muito pequena, pois esta faixa define o limite máximo do emprego da mecanização na agricultura;

- **Entre 12 e 30%:** o limite de 30% é determinado pela lei Federal n.º 6.766/1979, também denominada Lei de Lehmann. A legislação define o limite máximo para urbanização sem restrições, a partir do qual toda e qualquer forma de parcelamento deverá ser realizada através de exigências específicas;

- **Entre 30 e 47%:** o Código Florestal (Lei Federal n.º 4.771/1965) fixa o valor de 25° (ou 47%) como limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida caso seja sustentada por cobertura de florestas;

- **Entre 47 e 100%:** o Artigo 10 do Código Florestal prevê que na faixa situada entre 25° (47%) e 45° (100%) não é permitida a derrubada de florestas, sendo tolerada apenas a extração de toros, quando em regime de utilização racional e que vise à obtenção de rendimentos permanentes;

- **Maior que 100%:** não consta da proposta original de De Biasi (1992). Optou-se pela inclusão desta classe em função da Lei Federal n.º 12.651/2012 e da Lei Federal n.º 12.727/2012 definem as encostas ou partes destas com declividade maior que 100% como Áreas de Preservação Permanente.

k) Mapa de hierarquia fluvial: o mapa apresenta a hierarquia fluvial da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Para a elaboração do mapa foi utilizada a rede de drenagem extraída das cartas topográficas do IBGE (folhas Bias Fortes, Ewbank da Câmara, Ibertioga e Santos Dumont), na escala de 1:50.000. O mapa é apresentado na escala 1:100.000. A classificação dos cursos de água e a elaboração do mapa foram realizados através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1). A determinação da classificação de cada um dos cursos de água da bacia foi realizada segundo o método de Strahler. Para tanto, foram utilizadas ferramentas de edição a fim de agrupar os segmentos de cursos de água de acordo com as exigências apresentadas para a aplicação desse método.

O método de determinação da hierarquia fluvial utilizado na pesquisa foi introduzido por Arthur N. Strahler em 1952 e foi adotado por vários pesquisadores em função da necessidade inerente de decisões subjetivas no sistema de Horton.

Christofoletti (1980, p. 106-107) explica que, para Strahler, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores a essa; e assim sucessivamente. A ordenação proposta por Strahler elimina o pressuposto de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão e a necessidade de se refazer a numeração a cada confluência.

1) Mapa de uso e cobertura da terra: Para a definição das unidades de uso e cobertura da terra, foi utilizado o *Manual técnico de uso da terra*, publicado pelo IBGE (2006), que apresenta os princípios teórico-metodológicos para o levantamento do uso e da cobertura da terra. IBGE (2006, não paginado) esclarece que “o Levantamento do Uso e da Cobertura da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada através de padrões homogêneos da cobertura terrestre”. O levantamento do uso e da ocupação do solo constitui uma importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão, possibilita a construção de indicadores ambientais e a avaliação da capacidade de suporte ambiental e fornece subsídios para análises e avaliações de impactos ambientais. Para que tais objetivos sejam alcançados, esse tipo de levantamento “envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando a sua classificação e espacialização através de cartas” (IBGE, 2006, não paginado).

IBGE (2006, não paginado) destaca quatro princípios básicos a serem observados nos levantamentos do uso e da cobertura da terra: a escala de mapeamento, a natureza da informação básica, a unidade de mapeamento e a definição da menor área ser mapeada, e a nomenclatura.

- Escala de mapeamento: é importante ressaltar que “a escolha da escala dependerá em primeira instância dos objetivos do trabalho e do tamanho da área a ser mapeada” (IBGE, 2006, não paginado). Sendo assim, a escala cartográfica adotada para o levantamento das unidades de uso e cobertura da terra no presente trabalho é a de 1:50.000. Os mapeamentos de reconhecimento, cujas escalas variam entre 1:50.000 e

1:750.000, de acordo com a intensidade dos trabalhos, são polivalentes na sua essência e atendem à ampla faixa de objetivos, perpassando pelos planejamento regional, de bacias hidrográficas, nacional e estadual. Os mapeamentos em escalas maiores (igual ou acima de 1:50.000), abrangendo diferentes intensidades de detalhamento (detalhado, semidetalhado e ultradetalhado), atendem a problemas específicos e orientam a tomada de decisões localizadas, restringindo-se a pequenas áreas (IBGE, 2006, não paginado). Sendo assim, conclui-se que a escala cartográfica adotada atende aos objetivos do presente trabalho, mostrando-se adequada para os estudos de planejamento ambiental numa área com o tamanho da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Sendo assim, o mapa foi produzido na escala 1:50.000 e é apresentado na escala 1:100.000.

- Natureza da informação básica: IBGE (2006, não paginado) ressalta que “os dados de imagens orbitais são importantes fontes básicas para o mapeamento do tema uso da terra, embora por si mesmos sejam insuficientes para dar conta da realidade, requerendo a agregação de dados exógenos de naturezas diversas durante a interpretação dos padrões homogêneos de uso da terra”. A escolha do sensor a ser utilizado depende dos objetivos do trabalho, da escala de mapeamento, do custo e dos equipamentos disponíveis. No caso da presente pesquisa, que adotou a escala de mapeamento 1:50.000, foram utilizadas cenas das imagens dos satélites ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) e RapidEye.

As cenas do satélite japonês ALOS – Daichi foram adquiridas junto ao IBGE. Foram utilizadas as imagens do instrumento sensor radiômetro multiespectral AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer-type 2*), voltado aos mapeamentos de uso e cobertura da terra. O AVNIR-2 é um radiômetro que opera nas regiões do visível e do infravermelho, desenvolvido para mapeamentos temáticos em escalas de até 1:50.000. O sensor opera com quatro bandas, que apresentam as seguintes faixas espectrais: 1 (0.42-0.50 μm), 2 (0.52-0.60 μm), 3 (0.61-0.69 μm) e 4 (0.76-0.89 μm). A resolução espacial é de 10 metros, a resolução radiométrica é de 8 bits e a área imageada é de 70 quilômetros (nadir). Foram utilizadas duas cenas que, juntas, abrangem a totalidade da área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, datadas de 2009 e 2010. Para a utilização da imagem no mapeamento de uso e cobertura da terra foi realizada uma composição falsa-cor 3-2-1 (R-G-B).

A cena do satélite alemão RapidEye foi cedida pela Subsecretaria de Defesa Civil da Prefeitura de Juiz de Fora (MG). Foram utilizadas as imagens do instrumento sensor RapidEye Earth Imaging System (REIS). Os sensores REIS foram instalados nos

cinco satélites RapidEye e obtêm imagens da Terra em cinco faixas espectrais, sendo estas, o azul (0.44–0.51 μm), o verde (0.52–0.59 μm), o vermelho (0.63–0.685 μm), o red-edge (0.69–0.73 μm) - sensível a alterações do teor de clorofila das plantas - e o infravermelho próximo (0.76–0.85 μm), com uma área imageada de 77,25 km. A resolução espacial oferecida pelo sensor é de 6,5 metros e 5 metros nas ortoimagens. Foi utilizada uma cena que abrange a totalidade da área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, datada de 2010. Para a utilização da imagem no mapeamento de uso e cobertura da terra foi realizada uma composição falsa-cor 3-5-1 (R-G-B).

Foi utilizado o aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1) para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra. Além da utilização das imagens de satélite, os trabalhos de campo foram também de fundamental importância para o reconhecimento e a validação das diversas classes de uso e cobertura da terra identificadas na área de estudo. Foram realizados trabalhos de campo em diferentes períodos, nos quais percorreu-se boa parte da área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, percorrendo transectos transversais e longitudinais, permitindo a coleta de informações com moradores e proprietários rurais, a atualização de dados e o registro fotográfico em vários pontos. Os trabalhos de campo foram realizados em 06/02/2010, 09/06/2011, 07/08/2011, 15/03/2012 e 16/03/2012. O aplicativo Google Earth® 2011 foi utilizado também como uma ferramenta de apoio no mapeamento das classes de uso e cobertura da terra, tornando mais clara e precisa a sua identificação e delimitação.

- Unidade de mapeamento e definição da menor área ser mapeada: IBGE (2006, não paginado) ressalta que “a unidade de mapeamento é a representação da homogeneidade e diversidade de objetos que recobrem a superfície da Terra”. Caracteriza-se por ser claramente distinguível das unidades de seu entorno e por representar uma significativa porção de terra, em uma dada escala. Uma unidade de mapeamento pode ser designada por um único tipo de cobertura ou de uso da terra ou pela associação de vários tipos de componentes, cujos limites podem apresentar-se nítidos ou difusos entre si. As associações de uso são utilizadas quando diversos tipos de uso da terra são encontrados muito próximos uns dos outros para serem reconhecidos separadamente a partir do sensor utilizado e/ou da escala trabalhada. Ao se trabalhar com escalas de reconhecimento, é importante que se agregue também ao uso de associações a variável resolução espacial do sensor, que muitas vezes é um fator limitante, não permitindo o delineamento da unidade de mapeamento de forma segura. Finalmente, deve-se levar em conta também que, qualquer que seja a fonte básica de

informação, nenhuma cobertura da terra poderá ser mapeada em toda sua diversidade e complexidade, e que a unidade de mapeamento deverá fornecer ao usuário uma representação aceitável da realidade.

Em relação ao tamanho da menor unidade de área a ser mapeada, deve-se levar em consideração fatores como a sua legibilidade na escala do mapeamento, a sua capacidade para representar as características essenciais do terreno, atendendo à escala e aos propósitos do levantamento, e a relação entre os custos operacionais e o fornecimento da desejada informação da cobertura terrestre. Também é necessário considerar a escala de compilação dos dados e a escala final de apresentação (IBGE, 2006, não paginado). Atendendo às demandas preconizadas, considera-se adequado representar a menor área mapeável por um quadrado de 5 mm x 5 mm. A relação entre a menor área mapeada e a área real do terreno está vinculada à escala utilizada.

No caso da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, as unidades de mapeamento e a menor área ser mapeada foram definidas com base em chaves de interpretação. A identificação de objetos é realizada a partir da análise de certos elementos da imagem, também conhecidos como elementos de análise de imagens. Florenzano (2007, p. 44) ressalta que, “independentemente da resolução e escala, as imagens apresentam os elementos básicos de análise e interpretação, a partir dos quais se extraem informações de objetos, áreas ou fenômenos”. Esses elementos, segundo Novo (1995, p. 253), são: tonalidade, cor, tamanho, forma, textura, padrão, altura, sombreamento, localização e contexto. A partir os elementos de interpretação de imagens, podem ser elaboradas chaves ou modelos de interpretação.

Florenzano (2008, p. 39) ressalta que “as chaves consistem na descrição de um conjunto de elementos de interpretação que caracterizam um determinado objeto”. No caso da presente pesquisa, a chave de interpretação foi organizada por seleção (chave seletiva). As chaves seletivas podem ser definidas como aquelas que “ilustram e descrevem classes de fenômenos, de modo que o intérprete possa ajustar um objeto desconhecido a uma das categorias descritas” (NOVO, 1995, p. 260).

Florenzano (2008, p. 52-54) apresenta alguns exemplos de chaves de interpretação de objetos representados em composições coloridas, obtidas com as imagens TM-Landsat-5 e ETM-Landsat-7 dos canais três, quatro e cinco, associadas, respectivamente com as cores azul (B), verde (G) e vermelha (R): 3(B) 4(G) 5(R). De forma geral, tais chaves auxiliaram de forma significativa na definição das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica estudada. A seguir, tem-se a definição e a

descrição das classes de uso e cobertura da terra com as respectivas chaves de interpretação utilizadas para a sua identificação. Além das diversas classes de uso e cobertura da terra, o mapeamento incluiu também a representação das edificações (em geral, pequenas propriedades rurais) distribuídas em toda a área da bacia hidrográfica estudada e do sistema viário (representado, principalmente, pelas estradas rurais).

Foram identificadas as seguintes classes de mapeamento:

- **Área úmida:** as áreas úmidas são áreas que geralmente se apresentam próximas aos reservatórios de água e dos cursos naturais dos rios ou acompanhando a rede de drenagem. Geralmente, localizam-se nas partes mais baixas dos vales. Resultam da inter-relação dinâmica entre a geomorfologia e os recursos hídricos de determinada área, pois o relevo apresenta características que favorecem o acúmulo de água que, por sua vez, condiciona a vida animal e vegetal do ambiente (RIBEIRO et al., 2008, p. 236; BORGES et al., 2009, não paginado). Aparece em cor azul-escura, textura lisa; forma irregular; localização junto de corpos de água.

- **Área urbanizada:** categoria que compreende “áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não-agrícolas” (IBGE, 2006, não paginado). Aparece em cor magenta (rosa); textura ligeiramente rugosa; forma irregular; localização junto de rodovias.

- **Cultura agrícola:** essa categoria “inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso, podendo também compreender áreas alagadas” (IBGE, 2006, não paginado). Aparece em cor magenta (solo preparado ou cultura colhida), verde-claro (cultura em estágio inicial) e verde mais forte (cultura sadia e madura); textura lisa; forma regular/geométrica; padrão de talhões (divisão e parcelas); presença de sombras (áreas escuras) em culturas mais altas.

- **Açude e Represa:** IBGE (2006, não paginado), em sua proposta de nomenclatura para o uso e a cobertura da terra, ressalta que a categoria referente às águas inclui “todas as classes de águas interior e costeira, como cursos d’água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos d’água lineares), corpos d’água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais d’água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica), além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías”. No caso da bacia hidrográfica estudada, têm-se os açudes construídos pelos pequenos proprietários rurais e a Represa de Chapéu D’Uvas.

Aparecem em cor azul (material em suspensão) ou preta (água limpa); textura lisa; forma irregular.

- **Pasto limpo:** inclui “áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes” (IBGE, 2006, não paginado). Nessas áreas o solo encontra-se coberto por vegetação de gramíneas ou de leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros. Aparece em cor magenta (solo preparado e pasto seco) e verde (pasto denso e verde); textura lisa; forma irregular.

- **Pasto sujo:** são áreas onde houve o corte raso da vegetação natural e, em geral, o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, encontrando-se atualmente em estado de regeneração e sendo ocupada por espécies pioneiras. São pastagens degradadas, onde verifica-se a presença de plantas invasoras e de espécies arbustivas e arbóreas esparsamente distribuídas (PEREIRA, BATISTA e ROBERTS, 1998, p. 1489; FIDALGO et al., 2003, p. 874; CARRIJO et al., 2002, p. 08). Aparece em cor magenta, tendo progressivamente para o vermelho na medida em que aumenta a presença de biomassa; textura ligeiramente rugosa; forma irregular.

- **Reflorestamento:** pode ser definido como o “plantio ou formação de maciços com espécies florestais nativas ou exóticas” (IBGE, 2006, não paginado). Nessa definição não se considera se o plantio é realizado em áreas anteriormente povoadas com espécies florestais ou não, pois a categoria reflorestamento abrange todas as áreas povoadas com essências florestais, independentemente do ambiente. Os plantios podem ser heterogêneos, homogêneos e consorciados. O plantio heterogêneo é utilizado para enriquecimento de florestas e na recuperação das florestas nas margens dos rios. O homogêneo refere-se a plantios puros, normalmente feitos com espécies exóticas, como pinus e eucalipto, e o consorciado utiliza-se de espécies florestais entremeadas de espécies agrícolas de ciclo curto. Aparece em cor magenta (solo preparado) e verde (reflorestamento adulto); textura lisa; forma regular; presença de carreadores; são comuns talhões grandes.

- **Solo exposto:** as áreas de solo exposto caracterizam-se por não apresentar nenhum tipo de cobertura, ou seja, apresentam-se desnudas. Isso ocorre porque, geralmente, são áreas que estão sendo preparadas para o plantio. Dessa forma, as áreas ficam com o solo exposto num período em que a terra está sendo preparada para a implantação posterior de determinada cultura cíclica (REMPEL, PÉRICO e ECKHARD, 2007, p. 24). Aparece em cor magenta (dependendo do tipo de solo, pode

ser bem claro, tendendo ao branco); textura lisa; forma regular; localização junto de áreas urbanas (área terraplenada para loteamentos, instalação de indústrias, etc.) ou áreas agrícolas (preparadas para cultivo ou recém-colhidas).

- **Vegetação nativa (florestal):** são consideradas florestais “as formações arbóreas, incluindo-se aí as áreas de Floresta Densa (estrutura florestal com cobertura superior contínua), de Floresta Aberta (estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior, conforme seu tipo – com cipó, bambu, palmeira ou sororoca), de Floresta Estacional (estrutura florestal com perda das folhas dos estratos superiores durante a estação desfavorável – seca e fria), além da Floresta Ombrófila Mista (estrutura florestal que compreende a área de distribuição natural da *Araucária angustifolia*, elemento marcante nos estratos superiores, que geralmente forma cobertura contínua)” (IBGE, 2006, não paginado). Aparece em cor verde-escura; textura rugosa; forma irregular.

- **Nomenclatura:** IBGE (2006, não paginado) ressalta que “a construção de uma nomenclatura do uso e cobertura da terra precisa estar adequada para mapear a diversidade do território considerado e deve ser compatível com a escala, o tamanho da menor área a ser mapeada, a fonte básica de dados e com as necessidades dos virtuais usuários”. A terminologia deve ser clara e precisa, não admitindo-se sentido vago ou ambíguo, a fim de que possa ser reproduzida. IBGE (2006, não paginado) propõe uma nomenclatura de uso e cobertura da terra estruturada em três níveis hierárquicos, que foi adotada nesta pesquisa. O primeiro e o segundo níveis hierárquicos são abrangidos pelo esquema teórico da cobertura terrestre. Assim, no primeiro nível hierárquico tem-se o Planeta Terra, ao passo que o segundo nível hierárquico comporta as categorias Terra e Água. O terceiro nível hierárquico representa os usos propriamente ditos. Foi necessário realizar algumas adaptações a fim de abranger a variedade e a especificidade encontradas na bacia hidrográfica estudada quanto ao uso e cobertura da terra. Porém, de uma forma geral, foram adotadas a nomenclatura e suas respectivas definições tal como propostas por IBGE (2006) para as classes de uso e cobertura da terra encontradas na bacia hidrográfica estudada. Quanto à legenda de mapeamento, deve-se ressaltar que as tipologias de uso e cobertura da terra devem ser representadas segundo a escala pretendida. O maior ou menor detalhamento a ser aplicado na construção da legenda é função da escala adotada. Para a representação das classes de uso e cobertura da terra foi adotada a Tabela de Cores RGB proposta por IBGE; porém, foi necessária a realização de algumas adaptações a fim de contemplar a adaptação da nomenclatura. De

qualquer maneira, optou-se por manter as cores sugeridas, obtendo-se variações a partir das tonalidades.

m) Mapa de unidades do meio físico e mapa de unidades geoecológicas: os mapas de unidades do meio físico e de unidades geoecológicas são o resultado da sobreposição, da integração e da correlação dos mapas temáticos anteriormente produzidos, referentes ao meio físico e ao uso e cobertura da terra. Podem ser considerados, portanto, como mapas de síntese, bastante característicos da assim chamada Cartografia Ambiental. Martinelli e Pedrotti (2001, p. 39), ao tratarem das questões metodológicas pertinentes à cartografia das unidades de paisagem, ressaltam que “a reflexão para a sistematização consciente de uma metodologia para a cartografia ambiental deve considerar as bases para a definição de uma cartografia crítica que incorpore todas as relações, mediações, contradições, oposições, entre os componentes que perfazem a natureza e a sociedade”.

A cartografia das unidades de paisagem passa, portanto, a ser cada vez mais identificada como uma cartografia ambiental de síntese:

Dentro do contexto da cartografia ambiental, a cartografia das unidades de paisagem se concebe como uma cartografia ambiental de síntese, uma vez que aquelas se comportam como geossistemas, portanto dotadas de morfologia (definida por estruturas verticais, caracterizadas por fisionomia, massa e energia; e horizontais, vislumbradas através de combinações espaciais de estruturas verticais, variáveis no tempo), funcionamento (visto como o conjunto de transformações devido à intervenção de variados fatores) e comportamento (entendido como o conjunto das mudanças internas de estado, que intervêm diacronicamente) (MARTINELLI e PEDROTTI, 2001, p. 42).

A integração dos dados ambientais pode ocorrer através de procedimento sintético ou analítico. A respeito do método analítico, utilizado nesta pesquisa, verifica-se que:

Para o caso de microbacias hidrográficas é preferível o método analítico, onde são conjugadas informações referentes a cada parâmetro ambiental selecionado, originando um mapa cujas células cartográficas correspondem a áreas o mais homogêneas possível. Tal procedimento parece ser mais eficiente para pequenas áreas, visto que os parâmetros ambientais são estudados mais detalhadamente, sendo gerado para cada um deles um mapa temático específico, resultante

não só de interpretação de imagens, mas principalmente de levantamento prévio de campo (BOTELHO, 2009, p. 287).

A definição das unidades do meio físico e das unidades geoecológicas e, conseqüentemente, a elaboração dos respectivos mapas, foi realizada através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1), através da sobreposição dos mapas temáticos anteriormente produzidos. As ferramentas *Effects/Transparency* e *Effects/Swipe Layer* permitem a sobreposição das camadas superiores com ou sem transparência, facilitando a definição das unidades. Porém, para a definição das unidades, os trabalhos de campo e a análise da homogeneidade das unidades foram de fundamental importância. Os mapas foram produzidos na escala 1:50.000 e são apresentados na escala 1:100.000.

n) Mapa de processos geoecológicos: o mapa apresenta os processos geoecológicos que ocorrem na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Os processos geoecológicos foram agrupados em quatro categorias: 1) lançamento inadequado de esgotos domésticos, segundo as informações dos setores censitários que abrangem a bacia, divulgadas pelo IBGE no Censo Demográfico 2010; 2) destinação inadequada de resíduos sólidos, segundo as informações dos setores censitários que abrangem a bacia, divulgadas pelo IBGE no Censo Demográfico 2010; 3) desmatamento de APPs hídricas, informação extraída do mapa de restrições legais ao uso e ocupação da terra; e 4) processos erosivos, informação extraída das imagens de satélite ALOS e RapidEye através de interpretação visual. O mapa foi elaborado através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1). O mapa foi produzido na escala 1:50.000 e é apresentado na escala 1:100.000.

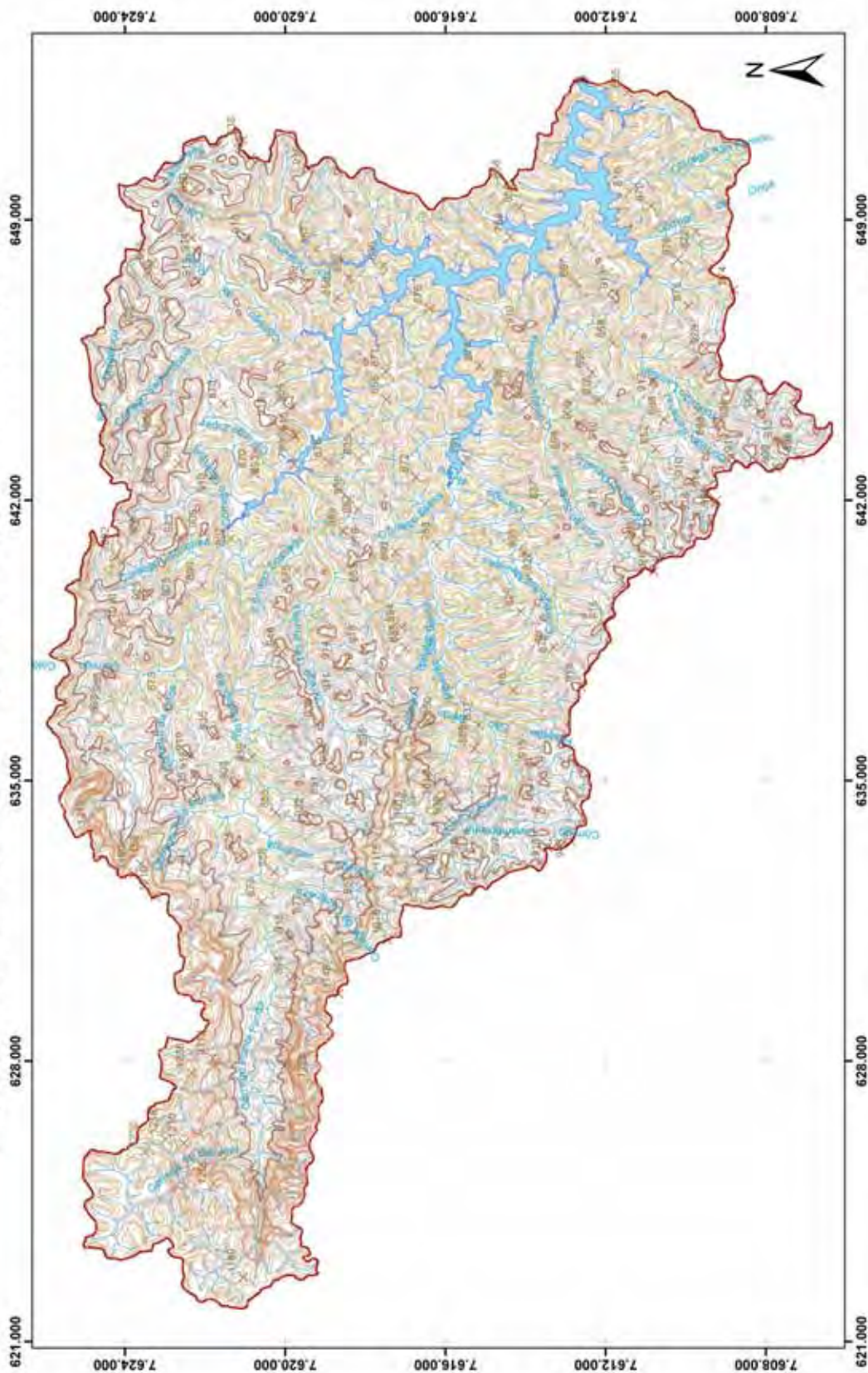
o) Mapa de restrições ao uso e ocupação da terra (Áreas de Preservação Permanente hídricas): o mapa apresenta as restrições legais ao uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, levando-se em conta que a Lei Federal n.º 12.651/2012 (proteção da vegetação nativa) é a única referência legal para a sua proteção. Dada a importância das APPs hídricas para a garantia da função de produção de água desempenhada pela bacia, o foco foi a espacialização das APPs hídricas na bacia, segundo os critérios estabelecidos pela legislação vigente e divididas em três tipos: 1) Nascentes: APP com raio de 50 metros; 2) Margens de cursos de água:

APP com 30 metros de largura de cada lado; 3) Reservatório artificial: APP com 200 metros de largura em todo o perímetro. A delimitação das APPs foi realizada a partir da utilização da ferramenta *Buffer* no aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1). O mapa foi produzido na escala 1:50.000 e é apresentado na escala 1:100.000.

p) Mapa de relação entre o uso potencial e o uso real nas Áreas de Preservação Permanente hídricas: o mapa apresenta a relação entre o uso potencial e o uso real da terra nas APPs hídricas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. O mapa foi produzido a partir da sobreposição entre o mapa de uso e cobertura da terra e o mapa de restrições legais ao uso e ocupação da terra. O uso da terra nas APPs foi classificado em adequado ou inadequado. Foram considerados como usos adequados as categorias vegetação nativa e áreas úmidas. Todos os demais usos foram considerados como inadequados para as APPs. A sobreposição dos mapas foi realizada através da ferramenta *Overlay* no aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1). O mapa foi produzido na escala 1:50.000 e é apresentado na escala 1:100.000.

q) Mapa de proposta preliminar de zoneamento ambiental: o mapa apresenta uma proposta preliminar para o zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, subsidiada pelos dados e informações levantados nas etapas de Inventário e Diagnóstico e pelas tendências de evolução do uso e cobertura da terra apontadas na etapa de Prognóstico. A proposta foi baseada na legislação e na bibliografia disponível a respeito do zoneamento ambiental voltado à proteção de bacias hidrográficas de mananciais de abastecimento público de água. Assim, para a elaboração da proposta, levou-se em consideração as diretrizes elencadas por: 1) Mateo Rodriguez et al. (1995); 2) Mota (2008); 3) Lei Estadual n.º 10.793, de 02 de julho de 1992, que dispõe sobre a proteção de mananciais destinados ao abastecimento público no Estado de Minas Gerais; 4) Lei Estadual n.º 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado de Minas Gerais; 5) Lei Estadual n.º 9.866, de 28 de novembro de 1997, que dispõe sobre as diretrizes e as normas para a proteção e a recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo. O mapa foi produzido através do aplicativo ArcGis® (ArcMap™ Version 9.3.1) na escala 1:50.000, sendo apresentado na escala 1:100.000.

Mapa 1 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Mapa-Base



Fonte: IBGE (1976)
Folhas:

SF-23-X-C-VI-1
SF-23-X-C-VI-2
SF-23-X-C-III-3
SF-23-X-C-III-4

Escala original: 1:50.000

Autor: Christian Ricardo Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal

Órgão: FCT/UNESP

Data de elaboração: Abril/2011

Escala: 1:100.000



Apoio:



Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W Gr. (Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
Cresce 8' anualmente

Legenda

- Limite da bacia
- Barramento
- Represa
- Drenagem
- Pontos cotados
- Curvas intermediárias
- Curvas mestras (m)
 - 700
 - 800
 - 900
 - 1000
 - 1100
 - 1200

4 – Resultados e discussão

4.1 – Inventário

4.1.1 – Localização

4.1.1.1 – Localização segundo critérios político-administrativos

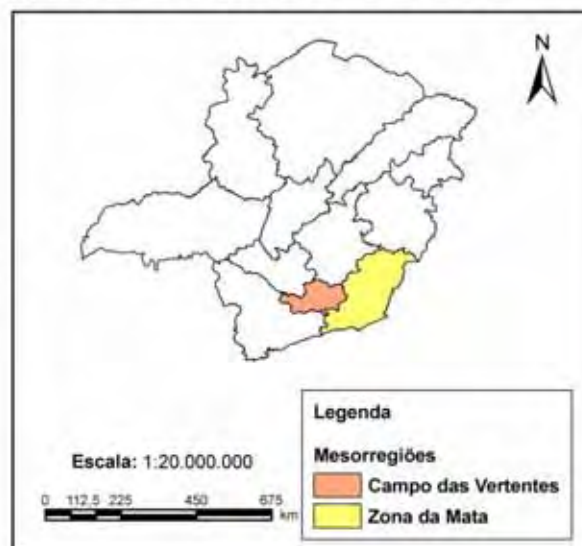
A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas (BHRCUDU) está localizada nas mesorregiões geográficas denominadas pelo IBGE de Zona da Mata e Campo das Vertentes, no sudeste do Estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas 21° 27’54’’ S e 21°38’23’’ S e 43°31’36’’ W e 43°49’29’’ W.

A bacia hidrográfica do manancial possui uma área de 311,83 km², um perímetro de 116,76 km e drena parte dos territórios dos municípios de Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont. A maior parte da bacia hidrográfica está inserida no território municipal de Santos Dumont (129,19 km²), seguindo-se Antônio Carlos (118,79 km²) e Ewbank da Câmara (63,85 km²). A Tabela 1 e o Mapa 2 apresentam, respectivamente, algumas informações sobre os municípios que compõem a BHRCUDU e a sua localização segundo critérios político-administrativos.

Tabela 1 – Características gerais dos municípios que compõem a BHRCUDU			
Características	Municípios		
	Antônio Carlos	Ewbank da Câmara	Santos Dumont
População residente total	11.114 habitantes	3.753 habitantes	46.284 habitantes
População residente urbana	7.826 habitantes	3.459 habitantes	41.320 habitantes
População residente rural	3.288 habitantes	294 habitantes	4.964 habitantes
Área	529,915 km ²	103,834 km ²	637,373 km ²
Densidade demográfica	20,97 hab./km ²	36,14 hab./km ²	72,62 hab./km ²

Fonte: Censo Demográfico do IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 10/10/2011.

Mapa 2 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Localização segundo critérios político-administrativos



Apoio:

GADTS
Grupos Acadêmicos e Dinâmicas Territoriais

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. (Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
Cresce 8' anualmente

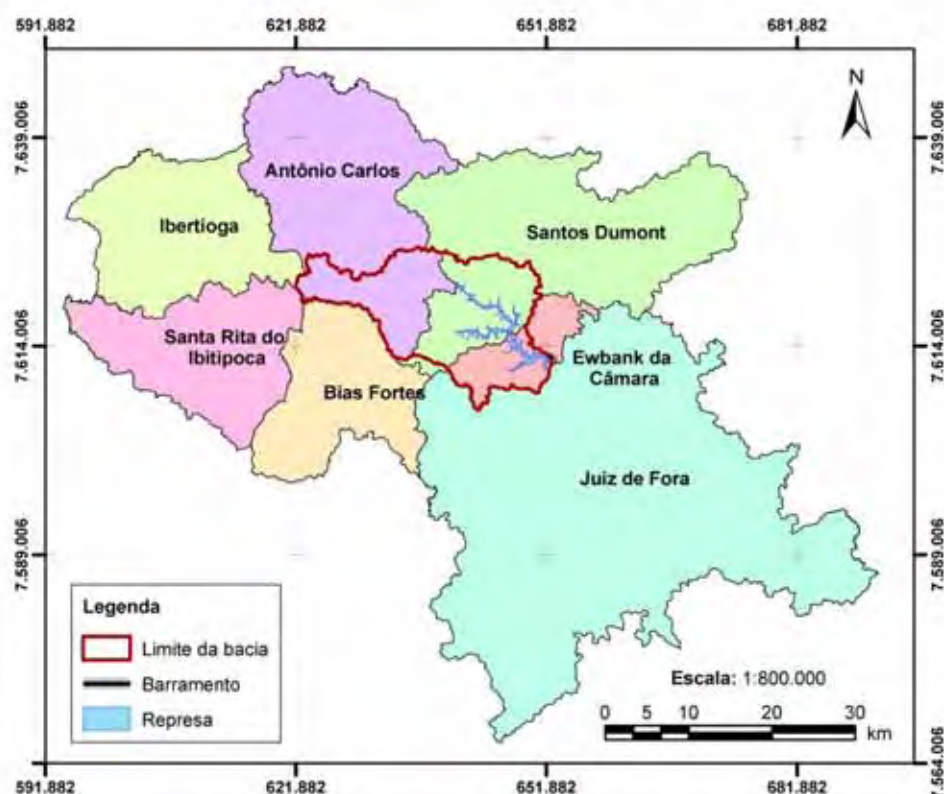


Fontes:

1) IBGE (1976)
Folhas:
SF-23-X-C-VI-1
SF-23-X-C-VI-2
SF-23-X-C-III-3
SF-23-X-C-III-4
Escala original: 1:50.000

2) IBGE (2007)
Malha Municipal Digital
Escala original: 1:2.500.000

Autor: Christian Ricardo Ribeiro
Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal
Órgão: FCT/UNESP
Data de elaboração: Abril/2011



4.1.1.2 – Localização segundo critérios hidrográficos

O lago da Represa de Chapéu D’Uvas, formado a partir do barramento das águas do Rio Paraibuna, estende-se pelos municípios de Ewbank da Câmara e Santos Dumont, com uma área total de 8,22 km² e perímetro de 149,91 km. Sendo assim, a BHRCDU é considerada uma sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, que por sua vez constitui uma sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, que drena terras dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

O **Rio Paraibuna**, cujo nome deriva da expressão indígena *Paray-una*, que significa “rio de águas escuras”, característica decorrente do fato de o rio correr sobre granitos, nasce na Serra da Mantiqueira, no Município de Antônio Carlos (MG), numa altitude de 1.180 m. O rio percorre um total de nove municípios mineiros: Antônio Carlos (onde nasce), Santos Dumont, Ewbank da Câmara, Juiz de Fora, Matias Barbosa, Simão Pereira, Belmiro Braga, Santana do Deserto e Chiador. Além disso, também drena terras de dois municípios fluminenses: Comendador Levy Gasparian e Três Rios (onde deságua).

O Rio Paraibuna é o maior afluente, em termos de volume de água, do Rio Paraíba do Sul, apresentando vazão média de 179 m³/s (COPPETEC, 2006, p. 02). Tem grande importância por ser o principal receptor dos efluentes da região de Juiz de Fora. A influência dos esgotos domésticos na qualidade da água desse rio está diretamente relacionada à cidade de Juiz de Fora, pois à jusante desse núcleo urbano ocorrem elevados níveis de coliformes fecais, além de significativa carga de DBO. Já na década de 1970, Staico (1977, p. 203) afirmava que “hoje, especialmente, no período de vazões mínimas anuais, resulta no lento deslocamento de matéria que mais parece lama putrefata do que propriamente água, tendo sido já quase totalmente aniquilada a outrora pujante fauna fluvial”.

A declividade acentuada do Rio Paraibuna, associada à sua elevada vazão média, favorece os processos de depuração, possibilitando uma recuperação dos índices de qualidade de suas águas, sobretudo nas proximidades de sua foz, no Rio Paraíba do Sul. Contribui para isso a diluição dos efluentes proporcionada pelas afluições dos rios Preto e do Peixe, que possuem águas de boa qualidade e elevada vazão média. A ausência de fontes significativas de poluição orgânica após a confluência desses dois tributários também beneficia a recuperação do Rio Paraibuna, ainda que níveis altos de coliformes fecais estejam ainda presentes em sua foz (COPPETEC, 2006, p. 02).

Os principais afluentes do Rio Paraibuna são:

- **Rio Preto:** nasce na Serra do Itatiaia, no sudoeste da bacia hidrográfica, a 2.700 m de altitude, e possui aproximadamente 170 km de extensão, que servem de divisa natural entre os estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. O rio deságua na margem direita do Rio Paraibuna, a 360 m de altitude, com uma vazão média de 90 m³/s, aproximadamente a mesma do Rio Paraibuna antes de recebê-lo (FEAM, 1996, p. 13);

- **Rio do Peixe:** nasce nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, no Município de Lima Duarte, a 1.200m de altitude. Apresenta uma extensão de aproximadamente 140 km (50% do seu curso encontram-se no Município de Juiz de Fora), possui vazão média aproximada de 55 m³/s. O rio possui a maior sub-bacia hidrográfica de Minas Gerais (2.400 km²) e deságua na margem direita do Rio Paraibuna (FEAM, 1996, p. 13). Corre inicialmente no sentido W-E. Posteriormente, seu curso segue a direção geral NW-SE, vindo afinal, depois de longos meandros, desaguar no Rio Paraibuna pela margem direita a, aproximadamente, 500 m de altitude (STAICO, 1977, p. 205);

- **Rio Cágado:** nasce a aproximadamente 750 m de altitude, no Município de Chácara, percorrendo cerca de 105 km. Apresenta uma vazão média aproximada de 15 m³/s e deságua na margem esquerda do Rio Paraibuna (FEAM, 1996, p. 13). Corre inicialmente na direção geral SSW-ENE, depois N-S, passando posteriormente a seguir a W-E e, finalmente, NE-SW, vindo desaguar no Rio Paraibuna pela margem esquerda, entre os municípios de Chiador e Santana do Deserto, numa altitude aproximada de 300 metros, depois de percorrer grande trecho executando largos e variados meandros (STAICO, 1977, p. 205). O Mapa 3 apresenta a localização da BHRCDU segundo critérios hidrográficos.

Mapa 3 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Localização segundo critérios hidrográficos



Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. (Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
Cresce 8' anualmente

Fontes:

- 1) ANA (2010)
Delimitação da BH do Rio Paraíba do Sul - Ottobacias Nível 3
Escala original: 1:1.000.000
- 2) CASTRO (2009, p. 30)
Delimitação da BH do Rio Paraíba e seus rios principais
Escala original: 1:50.000 (bacia) e 1:250.000 (drenagem)

- 3) IBGE (1976)
Folhas:
SF-23-X-C-VI-1
SF-23-X-C-VI-2
SF-23-X-C-III-3
SF-23-X-C-III-4
Escala original: 1:50.000

- 4) IBGE (2007)
Malha Municipal Digital
Escala original: 1:2.500.000

Autor: Christian Ricardo Ribeiro
Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal
Órgão: FCT/UNESP
Data de elaboração: Abril/2011



4.1.2 – Histórico de ocupação

A tarefa de relatar o processo histórico de ocupação da BHRCDU remete à necessidade de se relatar a ocupação dos municípios por ela abrangidos e da região na qual os mesmos estão inseridos. Os municípios de Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont, cujos territórios abrangem a BHRCDU, estão inseridos na escala regional da Zona da Mata mineira e do Campo das Vertentes, sendo necessário, por essa razão, buscar aí elementos explicativos da produção de seu espaço geográfico. É importante ressaltar a necessidade de se conhecer as estreitas relações históricas e atualmente mantidas entre a Zona da Mata mineira e as áreas ao seu entorno, principalmente o Estado do Rio de Janeiro, extrapolando os limites oficiais da mesorregião geográfica definida pelo IBGE. Isso se justifica pelo fato de que “mesmo o trecho fluminense da Bacia do Rio Paraíba pode ser visto como uma área contígua e historicamente ligada à Zona da Mata mineira, tanto pelo aspecto florístico-faunístico quanto pelos aspectos econômicos e histórico-culturais” (ORLANDO, 2006, p. 78).

Antes da chegada dos primeiros povoadores não nativos, a região da Zona da Mata de Minas Gerais era coberta por uma vegetação florestal bastante homogênea e compacta, caracterizada como uma floresta semi-decidual, constituindo um manto florestal extremamente semelhante àquele que predominava na região do médio vale do Rio Paraíba do Sul.

Os nativos que viviam na região eram das tribos dos Cataguás e dos Puris, que não tinham ligação com os Tupis. Só mais tarde, justamente com a chegada dos colonizadores portugueses, é que membros desta última tribo, fugindo da faixa litorânea, provavelmente se juntaram aos Cataguás e Puris.

Sendo assim, a história da ocupação do território e da produção do espaço geográfico da Zona da Mata tem seu efetivo início no século XVI, com a chegada dos primeiros não nativos, através das bandeiras paulistas. O Brasil de então ainda não possuía estradas, mas sim picadas nas selvas abertas pelos índios, chamadas de “caminhos” pelos tropeiros, boiadeiros e cavaleiros que as utilizavam. Nessa época, um grande contingente de pessoas – mais de cem trabalhadores, entre índios, escravos, assalariados e familiares de Garcia Rodrigues Paes Leme – construiu o chamado “Caminho Novo”, concluído em 1704. Tal caminho se constitui na mais remota origem de diversas cidades e representa o primeiro passo para a ocupação do vale onde se encontra

atualmente uma parcela significativa do sítio urbano de Juiz de Fora, considerada a principal cidade da Zona da Mata.

O traçado do Caminho Novo foi o primeiro e fundamental vetor para o início da ocupação da Zona da Mata pelos não nativos:

O Caminho Novo, obra realizada pelo bandeirante Garcia Rodrigues Paes, no início do século XVIII, tornou-se uma artéria vital para a economia da colônia e permitiu que ao longo do seu traçado fossem se formando os “pousios”, locais onde as tropas que transportavam o ouro paravam para descanso e abastecimento. Assim surgiram muitos pousios ao longo do Caminho Novo, e vários deles acabaram por se tornarem os embriões de importantes cidades mineiras da atualidade (ORLANDO, 1998, p. 20).

A abertura do Caminho Novo revela que o ciclo do ouro teve uma relação fundamental com o processo de ocupação da região da Zona da Mata, pois o mesmo ligava as Minas Gerais à Corte, constituindo-se na “nova rota do ouro das minas ao litoral, na cidade do Rio de Janeiro” (ORLANDO, 2006, p. 82). Aliás, foi somente a partir do desenvolvimento da mineração aurífera na região central de Minas Gerais, já no início do século XVIII, que a Zona da Mata começou a se tornar um território realmente desbravado:

Em Minas Gerais, durante o período minerador, por volta de 1703, foi construída uma estrada chamada Caminho Novo. Esta ligava a região das minas ao Rio de Janeiro, facilitando o transporte do ouro extraído. Assim, a Coroa Portuguesa tentava evitar que o ouro fosse contrabandeado e transportado por outros caminhos, sem pagamento dos altos tributos, que incidiram sobre toda extração. O Caminho Novo passava pela Zona da Mata mineira e, dessa forma, permitiu uma maior circulação de pessoas pela região, que anteriormente era habitada por poucos índios (OLIVEIRA, 1994, p. 18).

A partir de então, o Rei de Portugal passou a incentivar o povoamento da região, distribuindo grandes porções de terra ao longo do traçado do Caminho Novo, denominadas “sesmarias”, ao titular que se comprometia a cultivá-las para alimentar funcionários, soldados em trânsito e mesmo viajantes que, porventura, passassem ou quisessem se fixar nos seus arredores. Com isso, além de povoar a área, o rei desejava oferecer condições para o desenvolvimento de uma agricultura de suporte a esses viajantes.

Com o objetivo de atender à circulação intensa de tropas, de pessoas e de mercadorias, organizavam-se os pousios, que deveriam assegurar a alimentação dos viajantes e dos animais tanto quanto possível com os recursos locais. Assim, foram se abrindo roças ao redor desses núcleos embrionários para garantir a subsistência e atender às necessidades dos viajantes. Após a abertura do Caminho Novo surgem dois registros na Zona da Mata, notadamente no vale do Rio Paraibuna, mais precisamente em suas margens: o registro da então Capitania de Minas Gerais (Matias Barbosa) e o registro da Capitania do Rio de Janeiro (Paraibuna).

A descoberta e a exploração do ouro nas minas, no final do século XVII, provocaram um afluxo significativo de trabalhadores para a região que, segundo alguns historiadores, somavam cerca de 30.000 pessoas (PILETTI e PILETTI, 1977, p. 87). Esse processo acabou deslocando o eixo econômico do Nordeste para o Sudeste do Brasil e a transferência da capital, de Salvador para o Rio de Janeiro, em 1763. Enquanto o ouro era extraído das minas, a agitação no centro da então Província de Minas Gerais era intensa.

Pelo Caminho Novo, as tropas de muares iam do Rio de Janeiro às Minas, levando suprimentos. Faziam também o percurso contrário, levando o ouro para ser embarcado para Portugal. Nessa época, primeira metade do século XVIII, os pousios do Caminho Novo cresciam e ao seu redor se desenvolviam roças para suprir as tropas. Porém, é possível supor “que esses incipientes povoados não se afastavam da beira do Caminho Novo pela sua função de pousio e abastecimento, o que não requeria alargar as atividades para longe do seu traçado, a via de comunicação efetiva da região àquela época” (ORLANDO, 2006, p. 83).

A partir de 1750 a mineração entra progressivamente em declínio e com ela todo o sistema constituído para dar-lhe suporte. O “quinto”, instituído no auge do ciclo do ouro, sobrecarregava cada vez mais os mineiros diante da crescente escassez do precioso metal. Assim, a mineração começa a ser abandonada por muitos trabalhadores, que passam a dedicar-se a outras atividades, como a agricultura e a pecuária.

O declínio da mineração provocou uma intensa migração centrífuga de mão-de-obra da região das minas para várias direções à procura de novas terras para a lavoura:

As transformações aludidas decorreram de fatos verificados na região das minas. No fim do século XVIII, os sedimentos auríferos deram sinais de esgotamento. Premida, além disso, por legislação draconiana que não admitia tal hipótese, a população das minas abandonou as lavras e realizou uma migração centrífuga, em busca de novas terras para

lavoura, indo povoar as regiões de Franca e Batatais, em São Paulo, do vale do Paraíba e da Zona da Mata (VALVERDE, 1958, p. 27).

No período que transcorre do final do século XVIII até meados do século XIX, a Zona da Mata mineira, sua incipiente infraestrutura e seu fraco povoamento, surgidos ao longo do Caminho Novo, parecem ter vivido um período pouco dinâmico. Assim, verifica-se que “a economia mineira, após ter experimentado grande crescimento durante o Ciclo da Mineração, vive um período relativamente longo de estagnação, do qual somente se recuperará com o desenvolvimento da cafeicultura” (GIROLETTI, 1988, p. 24).

A cafeicultura transformou completamente o panorama regional e imprimiu uma nova dinâmica socioeconômica em toda a região da Zona da Mata:

A partir da terceira década do século XIX, a lavoura cafeeira se desenvolve em território mineiro, em especial na Zona da Mata. O café, o “ouro verde”, que vinha subindo o vale do Paraíba transpõe os limites da província do Rio de Janeiro e alcança a região da Zona da Mata mineira através do vale do Rio Paraíba. Dessa forma estava encontrada a solução para a economia que permaneceu paralisada desde o esgotamento das “Minas de Ouro” (CIVITA, 1971, p. 188).

Análoga à cafeicultura predominante em todo o vale do Paraíba, a cultura de café na Zona da Mata mineira possuía as mesmas características da primeira, estando baseada no trabalho escravo, no latifúndio e dominada por uma aristocracia luso-brasileira. Aos escravos cabiam os trabalhos de derrubada da mata, abertura de vias, construção de casas e o plantio, a capina e a colheita dos cafezais. As paisagens das fazendas de café eram singulares: nas encostas mais altas ficam as matas; nas encostas inferiores localizavam-se as lavouras de café; nos vales, as sedes das fazendas e as estradas.

Com relação à marcha do café no território da Zona da Mata, todas as evidências históricas apontam para as lavouras de café subindo o vale do Rio Paraíba a partir de sua foz, no Rio Paraíba do Sul. Na década de 1830, as lavouras de café, já existentes nos arredores de Matias Barbosa e de Juiz de Fora, ambas no vale do Paraíba, já haviam se deslocado para leste, em direção a Mar de Espanha. Em 1850, já ocupavam as terras a sudoeste, no vale do Rio Preto, reforçando sua incipiente ocupação, iniciada em 1830. Ao analisar o processo de povoamento da Zona da Mata a partir da marcha do café ao longo do vale de seus principais rios, Valverde (1958, p. 28) afirma que “os vales e fraturas ou

falhas transversais tiveram, e têm até hoje, papel importantíssimo no povoamento regional e nas comunicações”.

Fatores como a concentração de capitais oriundos da cafeicultura, a existência de um contingente de mão-de-obra qualificada e adaptada às relações assalariadas de trabalho e a formação de um mercado regional capaz de absorver a produção de bens de consumo formaram o cenário dinâmico que produziu o desenvolvimento do pólo industrial de Juiz de Fora, de grande expressão nas últimas décadas do século XIX e primeiras décadas do século XX.

Embora seja “problemático afirmar que as precondições sociais da industrialização de Juiz de Fora se originaram, como em São Paulo, no setor cafeicultor” (GIROLETTI, 1988, p. 53), é certo que a riqueza produzida pelo café foi responsável pela organização e pelo reequilíbrio das finanças públicas mineiras, possibilitando a expansão da burocracia e dos serviços públicos, das atividades produtivas e da infraestrutura, já que mais da metade dos impostos arrecadados sobre as exportações provinham dessa cultura. Como a maior parte da produção tinha origem na Zona da Mata, também nela os efeitos transformadores foram mais intensos, sendo Juiz de Fora o município mais beneficiado.

Favorecida por sua posição geográfica, Juiz de Fora garantiu a condição de núcleo urbano mais importante na centralização de capitais regionais, indutores de uma diversidade de investimentos que acabaram agindo positivamente na consolidação urbana local. Ocorreram, assim, vários tipos de investimentos urbanos em transportes, comunicações, saneamento e eletricidade, destacando-se a instalação da primeira usina hidrelétrica da América do Sul – Usina Hidrelétrica de Marmelos Zero -, no Rio Paraibuna, que visava atender, principalmente, ao consumo industrial.

Entre 1870 e 1890, o setor industrial se constituiu em atividade econômica predominante, a partir do momento em que a Companhia União & Indústria, já desativada, cedeu suas instalações para a fábrica de tecidos inglesa Steele, Morrith & Whytaker, que ficou conhecida como “Fábrica dos Ingleses”, passando a ser chamada, mais tarde, de Industrial Mineira e, posteriormente, Companhia Têxtil Ferreira Guimarães. Esse empreendimento marcou um momento de mudança do perfil do município, que passava de sociedade agrária a centro industrial. Dessa forma, “entre 1889 e 1930, quando o parque industrial de Juiz de Fora atingiu importância nacional enquanto principal centro de Minas Gerais, 50% dos estabelecimentos eram de imigrantes ou de seus descendentes” (PJF, 2004, p. 163). Apesar da razoável diversificação na produção de

bens de consumo, o ramo têxtil se projetou exportando tecidos, inclusive para os grandes centros consumidores do país.

No período compreendido entre o final do século XIX e as primeiras décadas do século XX, a lavoura cafeeira entrou em crise. A abolição da escravidão, em 1888, contribuiu de forma significativa para desorganizar a produção nas fazendas e reduzir a rentabilidade geral do setor. Somaram-se a essa situação o esgotamento dos solos e as crises de superprodução:

O advento da abolição da escravidão em 1888 trouxe algumas mudanças nas bases da economia da Mata Mineira. Se por um lado liberava uma população para formar um mercado consumidor, por outro, em curto prazo, desorganizava a produção nas fazendas trazendo repercussão à economia como um todo (GIROLETTI, 1988, p. 123).

Um outro fator que vinha pressionando a cafeicultura mineira eram as novas frentes dessa cultura no estado de São Paulo, estabelecendo uma concorrência comercial e por mão-de-obra. Na Zona da Mata a cafeicultura migrou, em geral, das áreas mais ao sul para as áreas mais a leste e a nordeste, onde, ainda hoje, o café tem papel importante na economia, como é o caso da região de Manhuaçu e vizinhanças. Mas na região de Juiz de Fora a lavoura cafeeira, que possibilitou o acúmulo de capitais e proporcionou em boa medida o processo de industrialização, estava desaquecida já no final do século XIX.

Dessa forma, ao mesmo tempo em que a atividade industrial floresce, assiste-se ao declínio da atividade cafeeira, resultante em boa parte da exaustão dos solos decorrente do próprio desenvolvimento dessa monocultura, praticada sem o menor amparo técnico. A partir de então, passa a dominar na região a pecuária leiteira, que, de um lado, “transforma Juiz de Fora e seu entorno numa das mais importantes bacias leiteiras do Sudeste, e de outro, é responsável pela nova configuração da paisagem regional, dominada agora por pastos” (MACHADO, 1998, p. 15).

Essa área, que integra a Zona Leiteira Velha, caracteriza-se pelo predomínio de uma pecuária extensiva de um gado mestiço (holandês com zebu), voltada para a produção leiteira. Muitas cooperativas leiteiras foram criadas, e até hoje atuam nessa área, não só beneficiando o leite, mas também produzindo derivados como queijos e manteiga, dentre outros, que são consumidos regionalmente e na cidade do Rio de Janeiro.

A análise do processo de ocupação da Zona da Mata mineira, relacionado aos diversos ciclos econômicos nos quais se inseriu a região, permite concluir que:

A história regional da Zona da Mata (incluindo todas as terras da Bacia do Rio Paraíba) com seus povoados e cidades foi marcada por fases econômicas distintas, nas lavras, no campo e nas cidades, que comandaram o processo de povoamento e definiram a forma de apropriação e uso-ocupação do solo, ou seja, a maneira como o espaço foi produzido, denotando diferentes relações socioespaciais (ORLANDO, 2006, p. 91).

Embora a cultura cafeeira tenha gerado muitos recursos a uma parcela privilegiada da sociedade local e tenha sustentado a economia regional por algumas décadas, o custo ambiental resultante desses plantios, “realizados sem critérios técnicos e de caráter marcadamente nômade, com progressiva substituição da mata original em áreas de relevo fortemente acidentado” (MACHADO, 1998, p. 15-16), foi extremamente elevado, tendo causado uma grande depreciação na qualidade dos solos, com profundas consequências na aceleração dos processos relacionados à erosão. Já na década de 1950, Valverde (1958, p. 44), salientava que “a erosão acelerada, em ravina e em lençol, favorecida pelo plantio das fileiras de café seguindo as linhas de maior declive, provocaram um esgotamento rápido dos solos, eliminando o seu horizonte A”.

A Zona da Mata, tradicionalmente agrária, não se modernizou. A população continuou emigrando, enquanto a pecuária leiteira de baixo rendimento ocupava as terras, antes prósperas com o café. Diante desse quadro de enfraquecimento e mesmo de um quase total esgotamento das atividades primárias e secundárias, a rede urbana da Zona da Mata estruturou-se em torno de Juiz de Fora, que tornou-se a sua capital regional e um grande polo caracterizado pelas atividades comerciais e de prestação de serviços, estendendo sua área de influência a toda a região na qual está inserida e até mesmo a uma boa parte do Estado do Rio de Janeiro:

Nessas condições, a economia urbana de Juiz de Fora manteve-se enquanto base da sua evolução, desenvolvendo atividades terciárias que se tornaram tradicionais, como os serviços de educação e saúde que se ampliaram, atendendo não só a população da Zona da Mata como a de outras cidades mineiras e do Estado do Rio de Janeiro. A rede de estabelecimentos comerciais, especialmente varejista, passou a ter importância regional na distribuição de bens e mercadorias. Essa atividade terciária tornou-se a principal responsável pela função polarizadora que Juiz de Fora mantém, até hoje, no Sudeste Mineiro (PJF, 2004, p. 164).

4.1.2.1 - Breve histórico da ocupação dos municípios que abrangem a bacia

O histórico de ocupação dos três municípios que compõem a BHRCU está diretamente relacionado com o processo de ocupação das mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes desde o século XVI, quando chegaram aí os primeiros habitantes não nativos. O breve histórico da ocupação dos municípios que compõem a BHRCU baseia-se em informações extraídas da Biblioteca Virtual do IBGE (<http://www.biblioteca.ibge.gov.br>) e da Plataforma Virtual IBGE Cidades (<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>).

a) Antônio Carlos

A região onde se localiza Antônio Carlos era habitada, primitivamente, pelos índios Puris. Posteriormente vieram os colonizadores portugueses e paulistas, cabendo aos jesuítas a catequese dos nativos. Para tanto, fundaram uma aldeia junto às nascentes do Rio das Mortes, que recebeu o nome de Borda do Campo e que é considerada o núcleo inicial de povoamento do município.

Após a fixação dos bandeirantes, oriundos predominantemente de Taubaté e comandados pelo Coronel Domingos Rodrigues da Fonseca Leme e pelo Capitão Garcia Rodrigues Paes Leme, deu-se, a partir de 1698, o desbravamento e a ocupação do território. Eles venceram a Serra Mantiqueira através da Garganta do Embaú, atual Cruzeiro (em São Paulo), tendo-se dedicado, juntamente com suas famílias e seus escravos, inicialmente à mineração, e posteriormente à agricultura e à criação de gado. O local era conhecido, nessa época, com o nome de Sítio.

Deslocando-se posteriormente para o norte, os bandeirantes paulistas fundaram, em 1728, o Arraial da Igreja Nova de Borda do Campo, pertencente na época ao próspero Município de Barbacena. Algumas das fazendas aí localizadas pertenceram a elementos ligados à Inconfidência Mineira, tal como a Fazenda do Registro Velho, onde viveu o Padre Manoel Rodrigues da Costa. Também a Fazenda da Borda do Campo, inicialmente de propriedade de Domingos Rodrigues da Fonseca Lemos, um dos fundadores do arraial, e posteriormente de propriedade de José Ayres Gomes, tornou-se célebre pelas conversações que nela se realizavam ao tempo da Inconfidência.

Na segunda metade do século XIX foi construída a Estrada de Ferro Oeste de Minas (EFOM), sendo a localidade de Sítio considerada como o seu marco zero. Sua

função principal era a de escoar a produção de gado muar e bovino, além de outros produtos primários e passageiros, que iam do Centro-Oeste de Minas até Barbacena, onde se localizava a Estação de Sítio. A ferrovia contribuiu para estabelecer e dinamizar, ao longo de seu percurso, vários pontos onde se realizavam cargas e descargas.

Por volta de 1711 foi construída a primeira capela do local, na Fazenda Borda do Campo, consagrada a Nossa Senhora da Piedade. Em 1725 o 4.º Bispo do Rio de Janeiro, D. Frei Antônio de Guadalupe, criou na Capela da Borda do Campo a primeira freguesia da região que, posteriormente, foi transferida para a Capela de Nossa Senhora do Pilar, no Registro Velho. A inauguração oficial da Paróquia em Antônio Carlos ocorreu em 20 de julho de 1941. Em 1885 foi construída outra capela, tendo Sant'Ana como padroeira. Posteriormente, com a construção da Matriz, entre 1925 e 1929, a Capela de Sant'Ana foi oferecida a São Sebastião.

O Distrito de Curral Novo foi criado pela Lei Estadual n.º 02, de 14 de setembro de 1891, subordinado ao Município de Barbacena. Posteriormente, o distrito recebeu as denominações de Bias Fortes (1921) e de Sítio (1938). Através da Lei Estadual n.º 336, de 27 de dezembro de 1948, o distrito foi elevado à categoria de município, tendo sido desmembrado de Barbacena e recebido o topônimo de Antônio Carlos, uma homenagem a um dos mais ilustres filhos da terra, o Dr. Antônio Carlos Ribeiro de Andrada, ex-Presidente do Estado de Minas Gerais. O município foi instalado em 01 de janeiro de 1949.

b) Ewbank da Câmara

As raízes históricas de Ewbank da Câmara estão ligadas à história da antiga Barbacena do século XVIII. No século XVIII, com a abertura do Caminho Novo para o Rio de Janeiro, toda a região de passagem teve o desenvolvimento impulsionado. Barbacena, Santos Dumont e Juiz de Fora experimentaram uma fase de grande progresso.

Em 1890, no povoado de Tabuais, pertencente a Juiz de Fora, foi inaugurada a Estação de Ferro da Central do Brasil, batizada de com o nome de Ewbank da Câmara, uma homenagem a José Ewbank da Câmara, um engenheiro da empresa. O lugarejo cresceu rapidamente, sendo elevado à categoria de distrito de Santos Dumont em 1923. Durante o Estado Novo o nome do distrito foi aportuguesado para Eubanque. Em 1962

o distrito foi desmembrado de Santos Dumont e elevado à categoria de município, voltando a se chamar Ewbank da Câmara. O distrito foi elevado à categoria de município através da Lei Estadual n.º 2.764, de 30 de dezembro de 1962.

c) Santos Dumont

O desbravamento da região onde hoje se localiza Santos Dumont também está ligado à abertura do Caminho Novo, obra iniciada por Garcia Rodrigues Pais, filho de Pais Leme, o famoso “Caçador de Esmeraldas”, que se ocupava da organização de bandeiras no interior com o objetivo de encontrar ouro e pedras preciosas.

No início do século XVII o Governo da Metrópole passou a conceder terras às margens do Caminho Novo para quem quisesse cultivá-las, objetivando garantir a produção de gêneros alimentícios para os bandeirantes que passavam pela região. A primeira sesmária outorgada em terras do município pelo Capitão-General da Capitania, D. Braz Baltazar da Silveira, foi a de Domingos Gonçalves Ramos. O requerimento para a doação fora realizado por Domingos em 26 de fevereiro de 1709, que desejava estabelecer-se numa sesmária de uma légua de testada sobre três léguas de sertão, localizada entre as sesmarias de Manoel de Araújo e de Agostinho Pinto da Silva. Ali, Domingos estabeleceu-se com a família e dois genros, Pedro Alves de Oliveira e João Gonçalves Chaves. Depois disso, em 17 de janeiro de 1715, João Gonçalves Chaves obteve do Capitão-General a doação de uma parte da sesmária entregue ao seu sogro. Posteriormente, em 09 de novembro de 1728, João Gomes Martins adquiriu a parte da sesmária original que havia sido doada a João Gonçalves Chaves.

Nessas terras surgiram os primeiros ranchos nos quais se abrigavam os viajantes que subiam para as Minas e no entorno dos quais foram abertas roças de milho e de outras plantações, além de pequenas criações de animais domésticos. As terras pertencentes a João Gomes Martins tornaram-se conhecidas como a “Roça de João Gomes”, correspondendo atualmente ao Bairro de João Gomes Velho. Em data que não se pode precisar, foi erigida a primeira capela do local, também às margem do Caminho Novo, dedicada a São Miguel e Almas, invocados, segundo a tradição, como protetores dos bandeirantes na perigosa travessia da Serra da Mantiqueira.

Em 27 de fevereiro de 1788 a capela foi transferida para o interior da Roça de João Gomes, onde permaneceu durante 49 anos. Em virtude da Provisão de 27 de junho de 1827 a capela voltou a ser erguida no primitivo lugar. A doadora do patrimônio da

capela teria sido realizada por uma filha de João Gomes, de nome Palmira, daí se originando a denominação do povoado, quando elevado à categoria de vila. Porém, somente em 29 de dezembro de 1847 é que Manuel da Cunha Lima assinou o documento de doação, juntamente com sua esposa, Joana Angélica de Almeida, e duas sobrinhas, Sabina Maria de Jesus e Tomázia Maria de São José. Posteriormente, em 19 de fevereiro de 1848, o mesmo apresentou uma petição ao Juiz de Paz do local para a abertura e construção de arruamentos, alinhamentos, passagens, serventias de água e casas no arraial. Em 1867 foi criada a Paróquia de São Miguel e Almas.

O Distrito de Palmira foi criado pela Lei Provincial n.º 1.458, de 31 de dezembro de 1867. A Lei Provincial n.º 3.712, de 27 de julho de 1889, elevou o distrito à categoria de município, tendo sido desmembrado de Barbacena e mantendo a designação de Palmira. A instalação do novo município se deu em 15 de fevereiro de 1890. Finalmente, o Decreto Estadual n.º 10.447, de 31 de julho de 1932, alterou o topônimo do município para Santos Dumont, uma homenagem ao mais ilustre de seus filhos, Alberto Santos Dumont, considerado o “Pai da Aviação”.

4.1.3 – Condições socioeconômicas

O estudo da dinâmica demográfica e das condições de vida da população residente em uma determinada bacia hidrográfica é de fundamental importância para o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos:

A análise do processo de urbanização, suas consequências e a compreensão da estrutura e dinâmica da população, importantes para o diagnóstico ambiental, dependem da interpretação de aspectos demográficos. Essa temática, tal qual as outras ligadas à área socioeconômica, admite diversos temas e descritores. Cabe ao planejador definir quais são os melhores indicadores para cada tema tratado frente aos objetivos propostos, a capacidade da informação em representar um determinado fenômeno e a disponibilidade dos dados.

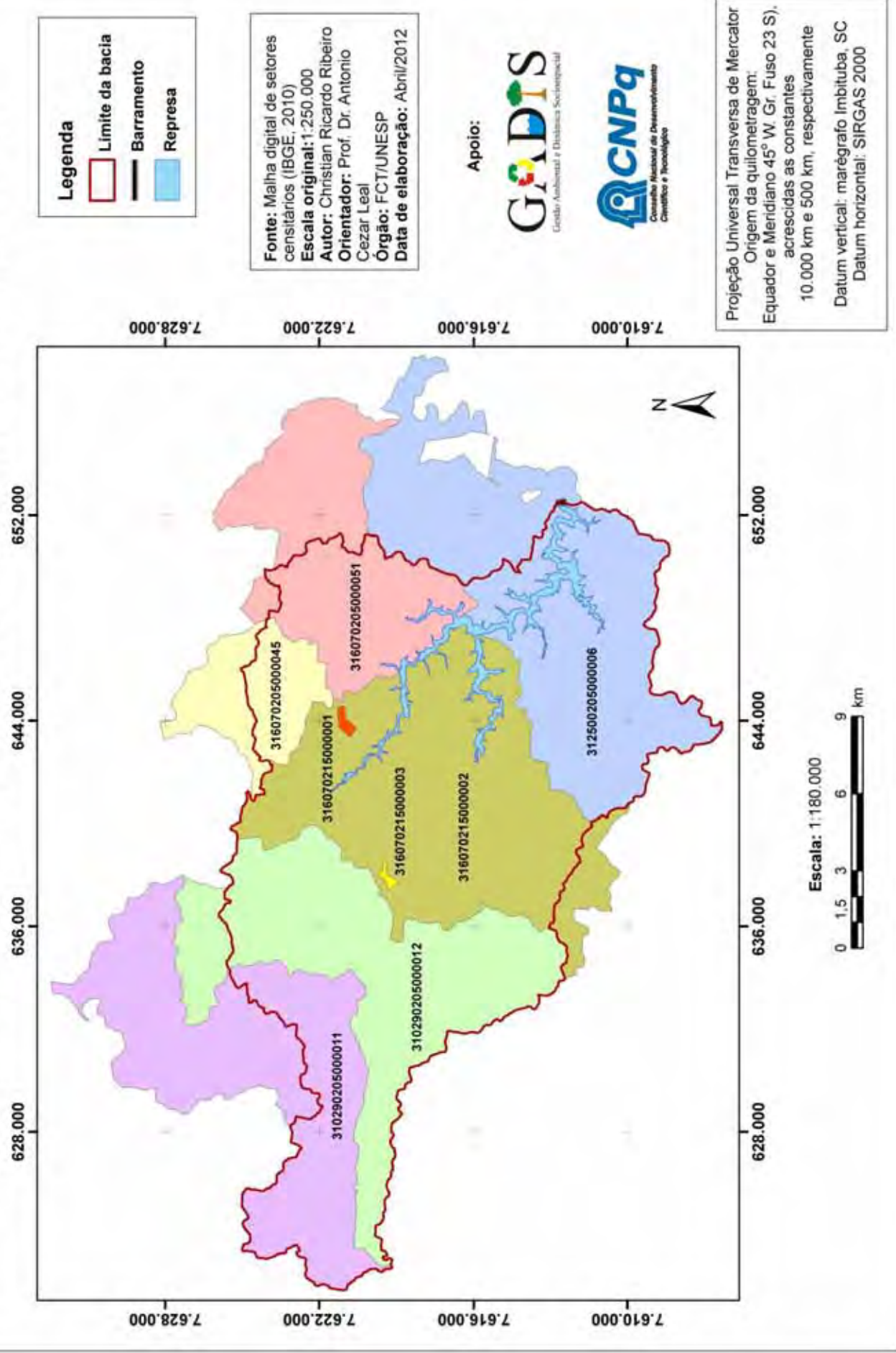
[...]

Condições de vida é uma expressão designada em planejamento ambiental para explicitar as desigualdades sociais, fornecer indícios da dinâmica social e definir os elos de ligação entre esses fatos e a qualidade do ambiente natural. Assim, por exemplo, a ocorrência de doenças infecto-parasitárias, ausência de saneamento básico, más condições de habitação, precária educação e baixa renda de um segmento da população são frequentemente ligadas à péssima qualidade da água e à ausência de cobertura vegetal natural (SANTOS, 2004, p. 99-101).

A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas abrange parcialmente o território de três municípios mineiros: Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont. O Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, constitui uma importante fonte de dados socioeconômicos dos municípios brasileiros.

Os dados divulgados pelo IBGE foram coletados, tabulados e disponibilizados segundo os limites territoriais dos setores censitários. O setor censitário “é a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País” (IBGE, 2011, não paginado). O Mapa 4 apresenta a delimitação e a localização dos setores censitários que cobrem a área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas.

Mapa 4 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Setores censitários



O Mapa 4 permite concluir que não existe uma sobreposição total entre os limites da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas e os limites dos oito setores censitários que a abrangem. Sendo assim, deve-se ressaltar que o inventário das condições socioeconômicas apresentado neste item obedece aos limites dos setores censitários. Ainda que não respeite os limites naturais da bacia hidrográfica estudada, o inventário inclui uma série de informações fundamentais para o conhecimento da população residente em seu território.

Inicialmente, é importante ressaltar que, dos oito setores censitários, sete são considerados rurais pelo IBGE. O único setor censitário considerado urbano é aquele que engloba e tem seus limites coincidentes com o Distrito de Nova Dores do Paraibuna, única área urbanizada contínua situada na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. O IBGE considerou em situação urbana “as áreas, urbanizadas ou não, internas ao perímetro urbano das cidades (sedes municipais) ou vilas (sedes distritais) ou as áreas urbanas isoladas, conforme definido por Lei Municipal vigente em 31 de julho de 2010” (IBGE, 2010, não paginado). Para a cidade ou vila em que não existia legislação que regulamentava essas áreas, foi estabelecido um perímetro urbano para fins de coleta censitária, cujos limites foram aprovados pelo prefeito local. A situação rural abrangeu todas as áreas situadas fora desses limites.

Assim, dos sete setores censitários rurais que abrangem a bacia, seis foram definidos como zona rural (exclusive aglomerado rural) e um deles foi definido como aglomerado rural isolado (povoado). O único setor censitário urbano foi considerado como área urbanizada de cidade ou vila. Na área da bacia não foi registrada a ocorrência de aglomerado subnormal. A Tabela 2 apresenta as características gerais dos setores censitários que abrangem a bacia.

A Tabela 2 mostra que, de uma maneira geral, os setores censitários que abrangem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas apresentam populações residentes relativamente baixas. Apesar dos dados se referirem aos setores censitários e não exatamente à bacia, ainda assim é possível afirmar que esta última caracteriza-se pela ocorrência de uma população absoluta relativamente baixa, dispersa nas inúmeras propriedades rurais que caracterizam sua paisagem.

Tabela 2 – Características gerais dos setores censitários que abrangem a BHRCDU									
Código	Município	Localização	Situação	Área total (km²)	População residente (hab.)	Densidade demográfica (hab./km²)	N.º de domicílios particulares e coletivos	Densidade habitacional (dom./km²)	Densidade domiciliar ⁽¹⁾ (hab./dom.)
310290205000011	Antônio Carlos	Rural	Zona rural, exclusive aglomerado rural	71,90	197	2,74	87	1,09	3,46
310290205000012	Antônio Carlos	Rural	Zona rural, exclusive aglomerado rural	72,55	259	3,57	132	1,62	3,63
312500205000006	Ewbank da Câmara	Rural	Zona rural, exclusive aglomerado rural	90,74	294	3,24	167	1,65	3,72
316070205000045	Santos Dumont	Rural	Zona rural, exclusive aglomerado rural	20,86	243	11,65	120	5,17	3,24
316070205000051	Santos Dumont	Rural	Zona rural, exclusive aglomerado rural	51,64	678	13,13	327	5,72	3,01
316070215000001	Santos Dumont	Urbano	Área urbanizada de cidade ou vila	0,39	607	1.556,41	290	674,42	2,96
316070215000002	Santos Dumont	Rural	Zona rural, exclusive aglomerado rural	91,44	481	5,26	198	1,95	3,32
316070215000003	Santos Dumont	Rural	Aglomerado rural isolado (povoado)	0,26	119	457,69	43	153,57	3,40

⁽¹⁾ Resulta da razão entre número de domicílios particulares permanentes ocupados e população residente em domicílios particulares permanentes ocupados.

A população total dos oito setores censitários que abrangem a bacia é de 2.878 pessoas. Essa população encontra-se desigualmente distribuída entre estes setores e no interior deles e, conseqüentemente, também na bacia. As densidades demográficas de seis dos oito setores analisados são relativamente baixas. Diferenciam-se destes os setores 316070215000001 e 316070215000003, com densidades demográficas de 1.556,41 hab./km² e 457,69 km², respectivamente. O primeiro corresponde ao Distrito de Nova Dores do Paraibuna, única área urbanizada contínua e de expressão localizada na bacia. O outro é um pequeno povoado rural isolado também localizado no interior da bacia. Porém, deve-se ressaltar que as densidades demográficas relativamente altas destes dois setores devem ser atribuídas às suas pequenas áreas territoriais, e não à magnitude de suas populações residentes que são, respectivamente, de 607 e de 119 habitantes.

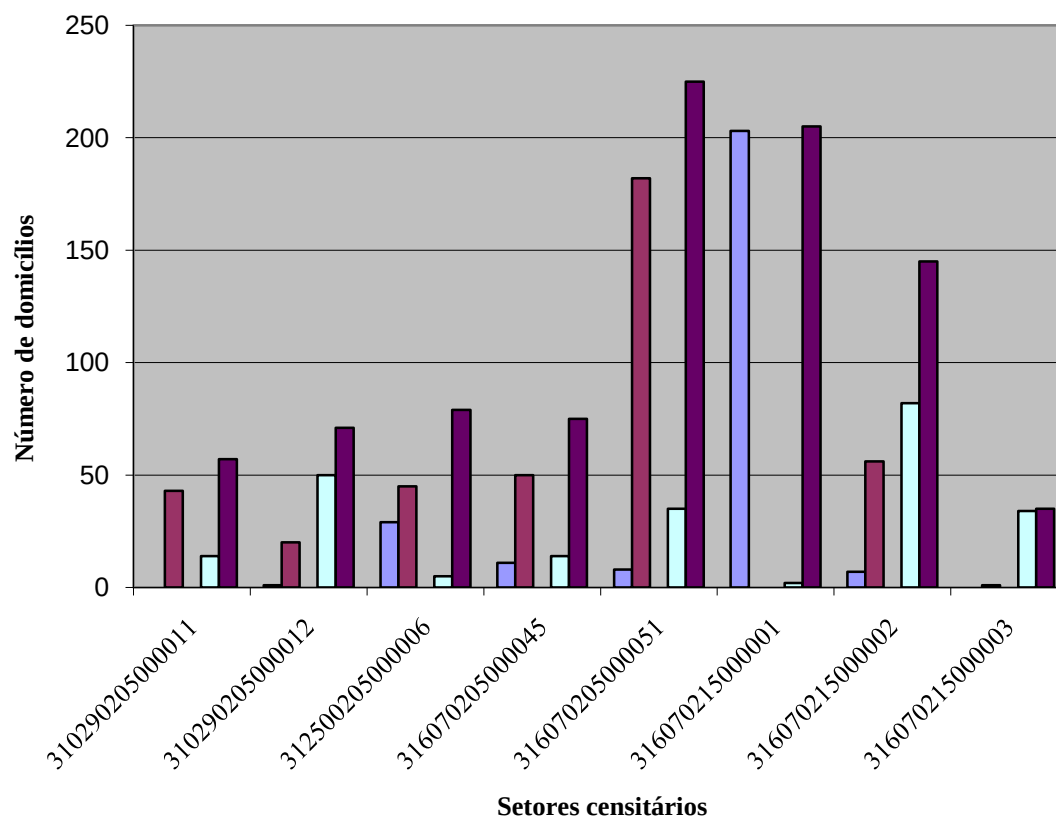
Da mesma forma, são registradas densidades habitacionais relativamente baixas em seis dos oito setores censitários que abrangem a bacia. Mais uma vez os setores 316070215000001 e 316070215000003 são as exceções, por tratarem-se, respectivamente, de uma área urbanizada e de um povoado rural.

As densidades domiciliares são bastante similares em todos os setores censitários analisados, nunca superiores a 4 habitantes/domicílio. As densidades domiciliares registradas aproximam-se bastante da média nacional, já que a densidade domiciliar média no Brasil, segundo o Censo Demográfico de 2010, era de 3,3 habitantes/domicílio. Além disso, a área segue também a tendência nacional de redução da densidade domiciliar, fato verificado no país nas quatro últimas décadas em função da redução da taxa de fecundidade. O setor censitário 316070215000001, que corresponde ao Distrito de Nova Dores do Paraibuna, é o que apresenta a menor densidade domiciliar (2,96 hab./dom.).

Um dos elementos mais importantes para se avaliar as condições socioeconômicas de uma determinada população diz respeito ao acesso e à cobertura dos serviços de saneamento básico, especialmente o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e a coleta de lixo.

Em relação ao abastecimento de água, é importante destacar a fonte de abastecimento de água dos domicílios particulares permanentes, conforme mostra a Figura 15.

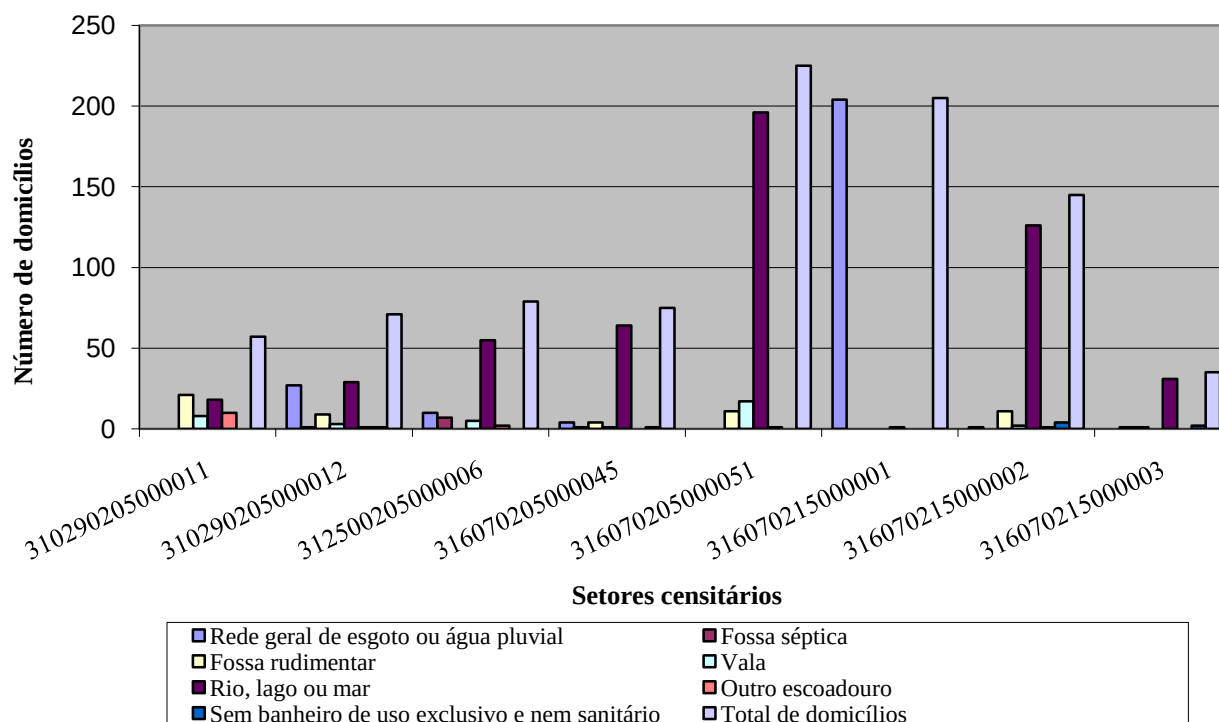
Figura 15 - Número de domicílios particulares permanentes ocupados segundo a fonte de abastecimento de água nos setores censitários que abrangem a BHRCUDU (2010)



De uma maneira geral, em termos de fonte de abastecimento de água, verifica-se que boa parte dos domicílios particulares permanentes ocupados é atendida por poços ou nascentes localizados na propriedade ou por outras fontes. Sendo assim, a rede geral de abastecimento não foi universalizada, até mesmo por tratar-se de setores censitários, em sua grande maioria, localizados em áreas rurais. A rede geral atende a maior parte da população apenas no setor 316070215000001, que corresponde justamente ao Distrito de Nova Dores do Paraibuna, em Santos Dumont, compreendendo uma área urbanizada. Neste setor, a quase totalidade dos domicílios particulares permanentes ocupados (203 domicílios, de um total de 205) é atendida pela rede geral. Nos demais, a rede geral é responsável por abastecer uma pequena parte dos domicílios ou mesmo nenhum deles. Ressalta-se que não existem domicílios abastecidos por cisternas que armazenam a água da chuva, em nenhum dos setores.

A situação do esgotamento sanitário nos setores censitários que abrangem a bacia é apresentada na Figura 16.

Figura 16 - Número de domicílios particulares permanentes ocupados com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário segundo a forma de esgotamento sanitário nos setores censitários que abrangem a BHRCU (2010)

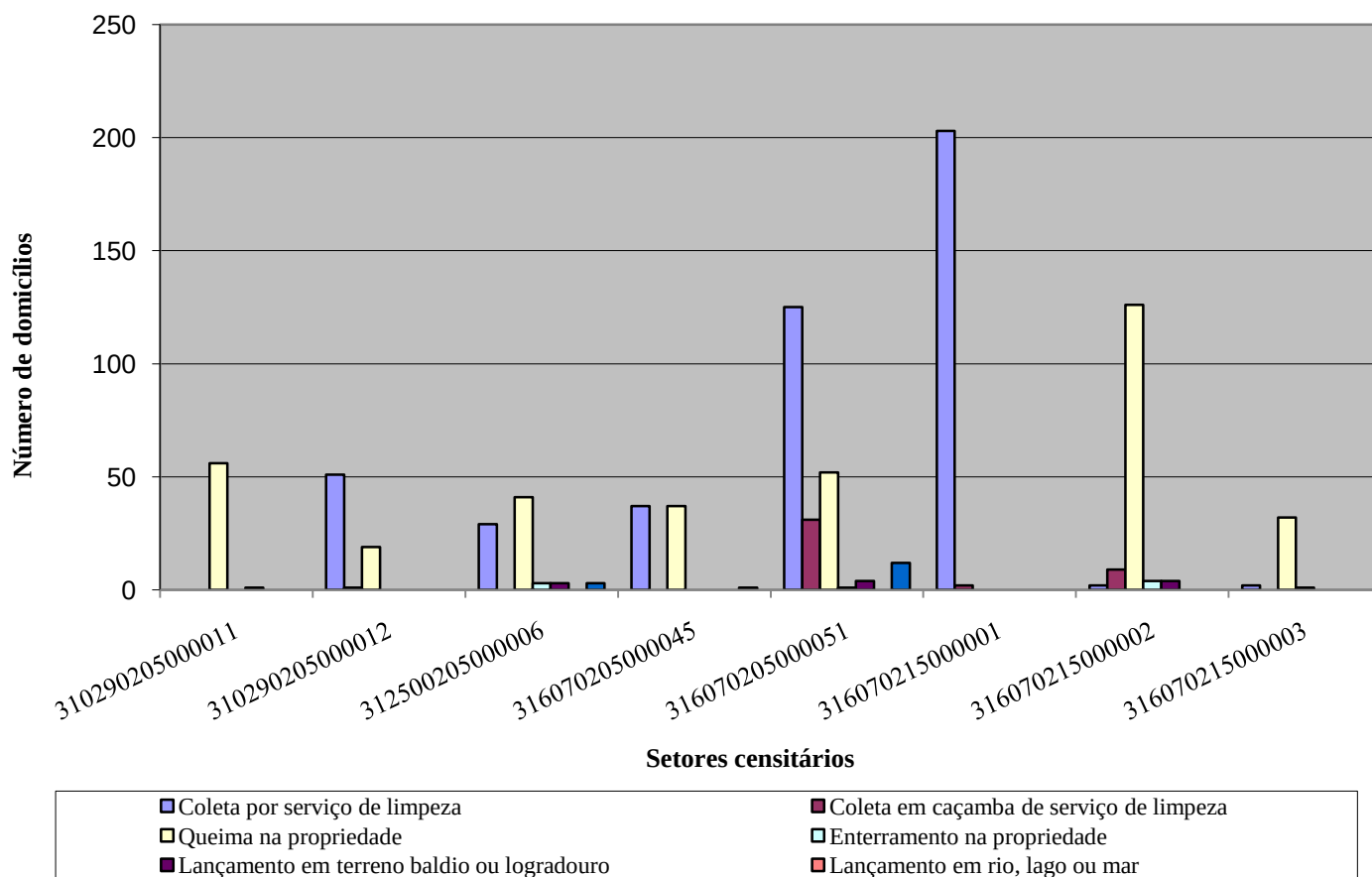


O esgotamento sanitário é um tema de fundamental importância numa área de manancial como a Bacia Hidrográfica da Repesa de Chapéu D'Uvas. Os dados mostram que apenas em um dos setores censitários que abrangem a bacia, correspondente ao Distrito de Nova Dorés do Paraibuna, os domicílios encontram-se ligados à rede geral de esgoto ou de água pluvial (204 dos 205 domicílios particulares permanentes ocupados). É importante ressaltar o grande número de domicílios, nos outros sete setores, que se utiliza de fossas rudimentares, de valas e, principalmente, de cursos de água para o esgotamento sanitário. No setor 316070205000051, em Santos Dumont, por exemplo, dos 225 domicílios existentes, 196 realizam o esgotamento sanitário através de cursos de água, 17 através de valas, 11 através de fossa rudimentar, um através de outro escoadouro e nenhum através da rede geral de esgoto ou de água pluvial.

Esse representa um dos principais desafios a serem enfrentados na área da bacia, já que a introdução matéria orgânica nas águas da represa através de esgotos domésticos além da sua capacidade de autodepuração poderia até mesmo, no futuro, inviabilizar a sua utilização como manancial de abastecimento público. Em trabalhos de campo realizados na bacia, foi constatada a ligação direta entre o sistema de esgotamento sanitário de vários domicílios e o lago da represa.

A Figura 17 apresenta a situação da coleta de lixo nos setores censitários que compõem a bacia.

Figura 17 - Número de domicílios particulares permanentes ocupados segundo a forma de destinação do lixo nos setores censitários que abrangem a BHRC DU (2010)



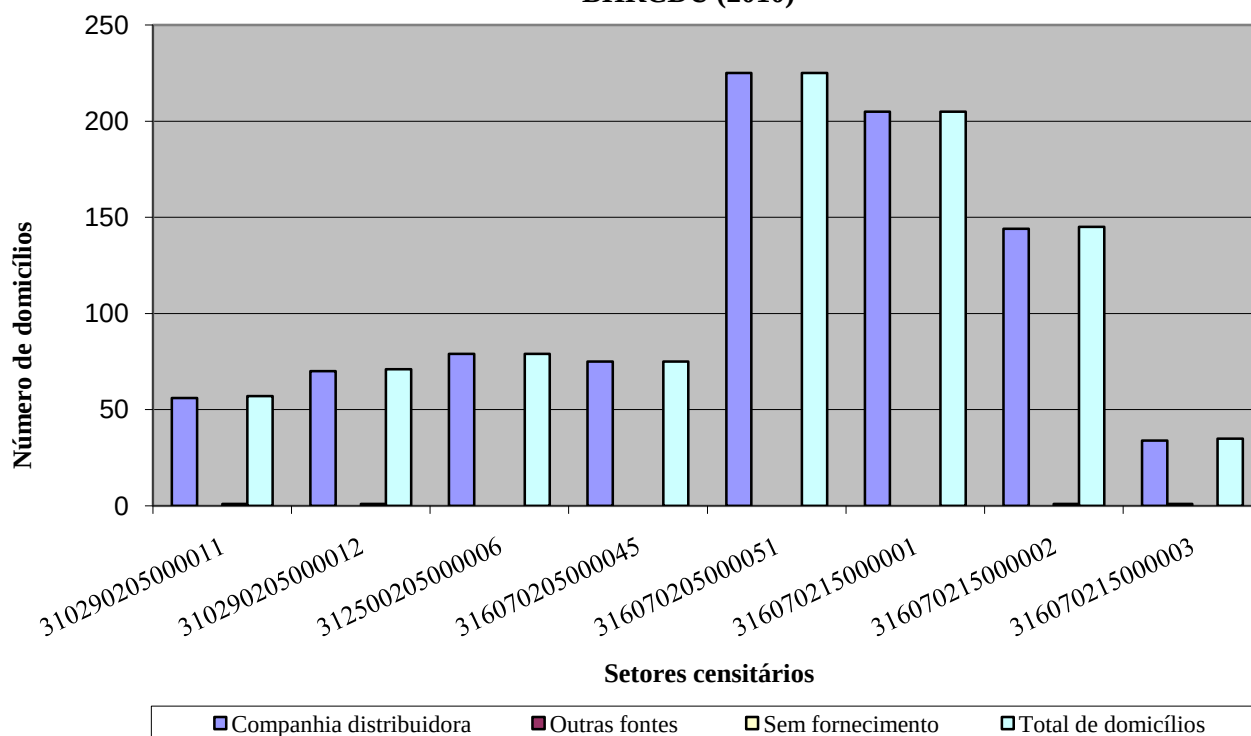
Os dados mostram que as formas de destinação do lixo mais importantes são a coleta por serviço de limpeza, a coleta em caçambas de serviços de limpeza e a queima na propriedade. Destaca-se o setor 316070215000001 (Distrito de Novas Dores do Paraibuna), no qual a quase totalidade dos domicílios particulares permanentes ocupados (203 dos 205 registrados) utiliza-se da coleta por serviço de limpeza como forma de destinação do lixo produzido. Além disso, a coleta por serviço de limpeza é a forma de destinação do lixo de parte significativa dos domicílios dos setores 310290205000012, 312500205000006, 316070205000045 e 316070205000051. A coleta em caçambas de serviço de limpeza atende a 31 dos 225 domicílios do setor censitário 316070205000051. A queima na propriedade constitui a forma de destinação do lixo em boa parte dos domicílios dos sete setores rurais que abrangem a bacia. Os dados mostram que o lançamento em cursos de água é uma forma de destinação do lixo

não verificada nos setores, o que se constitui num elemento importante para a proteção das águas do manancial e da manutenção da qualidade ambiental e de vida da bacia como um todo. Porém, a queima de lixo nas propriedades ainda é bastante praticada, requerendo cuidados especiais na medida em que é responsável pela geração de resíduos que contribuem para a poluição atmosférica e mesmo para a poluição da água e do solo.

Outra temática importante para avaliar as condições socioeconômicas de uma determinada população são o acesso e a cobertura do fornecimento de energia elétrica.

A Figura 18 apresenta as principais fontes de fornecimento de energia elétrica nos setores censitários que compõem a bacia.

Figura 18 - Número de domicílios particulares permanentes ocupados segundo a fonte de fornecimento de energia elétrica nos setores censitários que abrangem a BHRC DU (2010)



Em relação à energia elétrica, verifica-se que a quase totalidade dos domicílios, nos oito setores censitários analisados, dispõe de fornecimento de energia elétrica através de companhia distribuidora. No caso, a responsável pelo fornecimento de energia elétrica na região é a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Apenas três domicílios, considerando-se os oito setores censitários analisados, não dispõem de fornecimento de energia elétrica.

A taxa de alfabetização e a renda são também indicadores fundamentais para se avaliar as condições econômicas de uma população. A Tabela 3 apresenta a taxa de alfabetização dos responsáveis pelo domicílio nos oito setores censitários analisados.

Tabela 3 – Taxa de alfabetização dos responsáveis pelos domicílios nos setores censitários que abrangem a BHRCU			
Setor censitário	N.º de responsáveis pelos domicílios	Número de responsáveis pelos domicílios alfabetizados	Taxa de alfabetização (%)
310290205000011	57	34	59,6
310290205000012	71	51	71,8
312500205000006	79	59	74,7
316070205000045	75	63	84,0
316070205000051	225	179	79,5
316070215000001	205	139	67,8
316070215000002	145	108	74,5
316070215000003	35	27	77,1

Os dados relativos à taxa de alfabetização dos responsáveis pelos domicílios permitem concluir que este é um problema ainda bastante significativo nos setores censitários que abrangem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. Em todos os setores, a taxa de analfabetismo entre os responsáveis pelos domicílios supera os 15%, com destaque para os setores 310290205000011 (40,4%) e 316070215000001 (32,2%).

Finalmente, as Figuras 19 e 20 apresentam, respectivamente, o número de domicílios permanentes segundo as faixas de rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* e o número de responsáveis pelos domicílios segundo as faixas de rendimento nominal mensal nos setores censitários que abrangem a bacia.

Em relação à renda, as figuras relacionadas mostram que a maior parte dos domicílios e dos responsáveis pelos domicílios concentra-se nas faixas mais baixas de renda. Nos oito setores censitários analisados, mais de 75% dos domicílios concentram-se na faixa de rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de até um salário mínimo. A faixa de rendimentos de 1 a 2 salários mínimos concentra uma parcela significativa dos domicílios dos setores 316070205000051 e 316070215000001. Nas faixas de rendimento mais elevado encontra-se um número bem menor de domicílios.

No caso dos responsáveis pelos domicílios, a maior parte deles concentra-se na faixa que representa os menores rendimentos (até 1 salário mínimo). Dos oitos setores analisados, em sete deles mais de 65% dos responsáveis pelos domicílios concentram-se na faixa de menor rendimento. O setor censitário 316070215000001, que representa o Distrito de Nova Dores do Paraibuna, se diferencia dos demais por apresentar uma significativa concentração

dos responsáveis pelos domicílios (cerca de 87%) nas faixas de rendimento de até 1 salário mínimo e de mais de 1 a 3 salários mínimos, com uma pequena superioridade da primeira. Os demais setores também apresentam um número significativo de responsáveis pelos domicílios na faixa de rendimento de mais de 1 a 3 salários mínimos; porém, em proporções menores do que no Distrito de Nova Dores do Paraibuna. Destaca-se também o pequeno número de responsáveis pelos domicílios situados nas faixas mais elevadas de rendimento em todos os setores censitários analisados.

Figura 19 - Número de domicílios particulares permanentes ocupados segundo as faixas de rendimento nominal mensal domiciliar per capita nos setores censitários que abrangem a BHRC DU (2010)

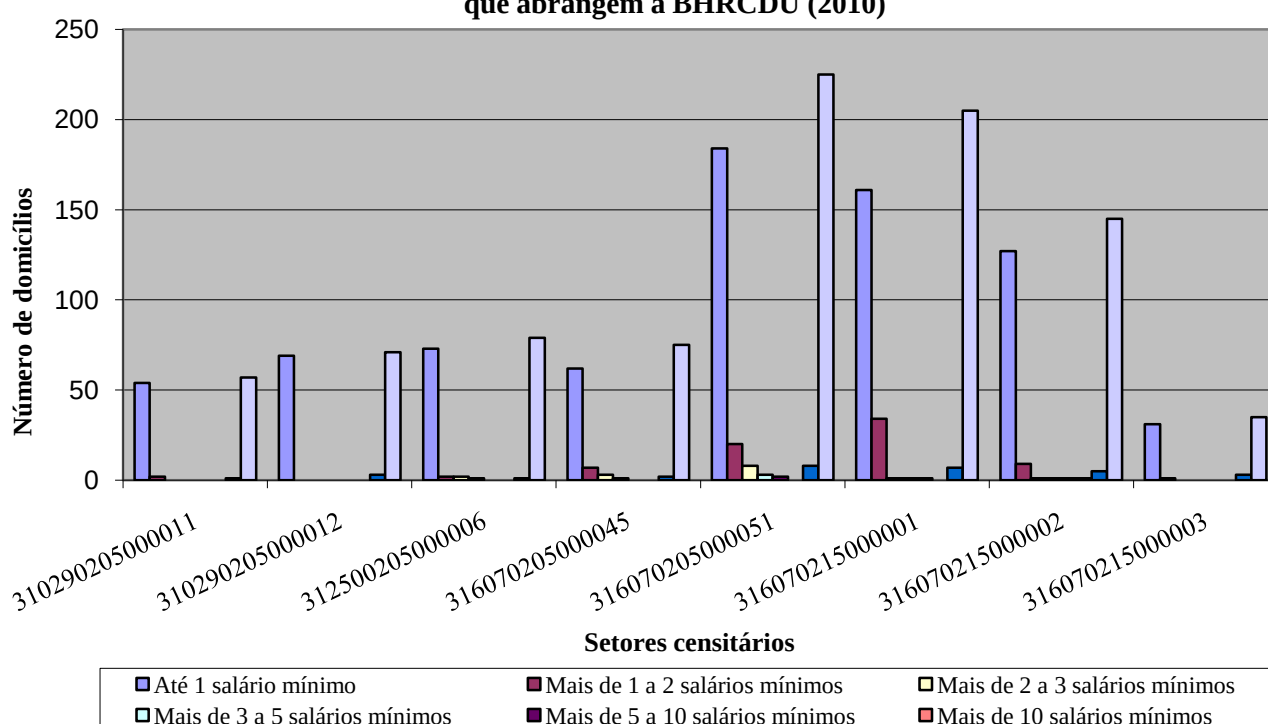
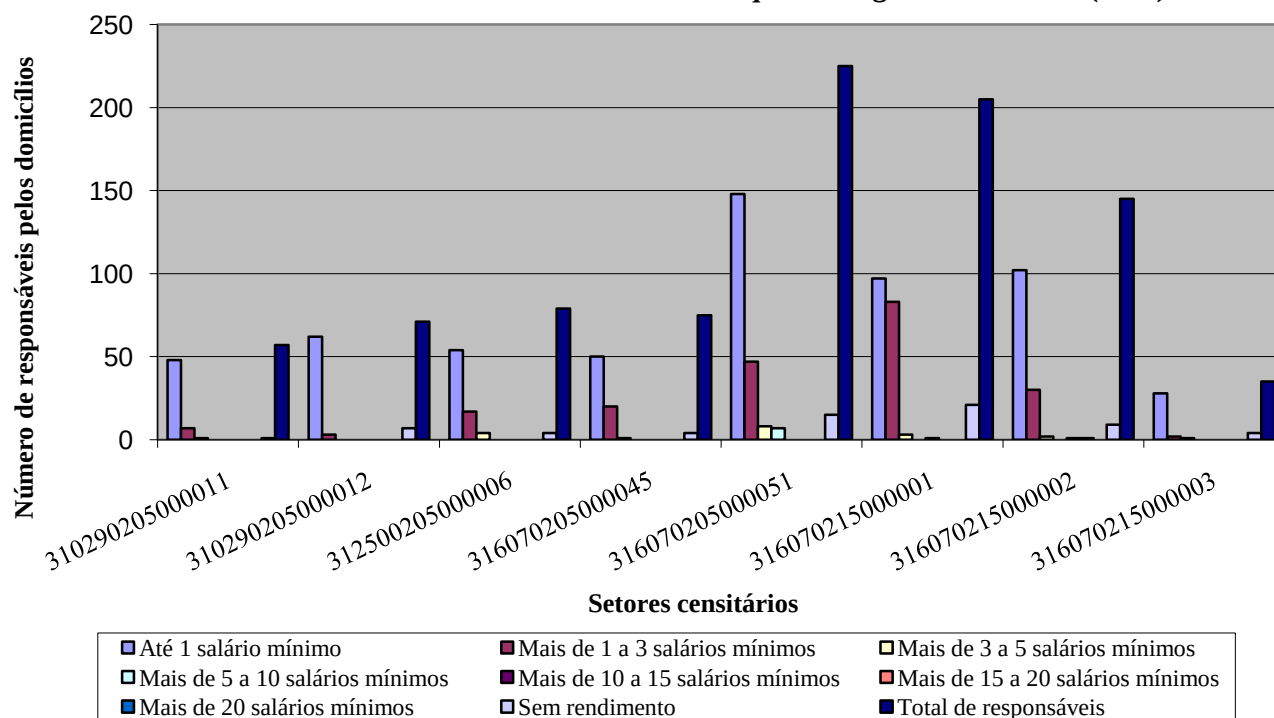


Figura 20 - Número de responsáveis pelos domicílios segundo as faixas de rendimento nominal mensal nos setores censitários que abrangem a BHRCDU (2010)



4.1.4 – Recursos hídricos

O estudo dos aspectos quantitativos e qualitativos das águas é um dos tópicos mais importantes no planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas:

A rede de drenagem e as bacias hidrográficas também devem ser avaliadas em função da qualidade e da quantidade das águas. Esse tipo de análise permite a interpretação da disponibilidade hídrica para os ecossistemas naturais ou construídos.

De forma geral, os parâmetros indicadores de quantidade e de qualidade das águas são obtidos em órgãos oficiais. Para análise quantitativa, são considerados dados pluviométricos e fluviométricos, apresentados em histogramas, dependendo da série histórica disponível. Algumas vezes são feitas medidas diretas dos caudais, que vão de formas simples de amostragem *in loco* até estimativas complexas por sensores remotos. Outras vezes, calcula-se o balanço hídrico na bacia hidrográfica, que fornece uma ideia mais precisa das quantidades de água disponíveis no solo, déficits ou superávits. Pode-se, por exemplo, interpretar a necessidade de irrigação ou disponibilidade em água subterrânea.

Para análise qualitativa são, comumente, usados os parâmetros indicadores da qualidade da água como: temperatura, turbidez, cor, sólidos totais, pH, DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), nitrogênio total, fósforo total, coliformes totais e coliformes fecais, entre outros. Boa parte desses parâmetros é recomendada em documentos legais. Hoje, a tendência dos planejadores é adicionar informações sobre indicadores biológicos sensíveis à poluição ou contaminação, como os mutagênicos, hormonais e bacteriológicos. Alguns parâmetros relativos à qualidade da água são muito usados para traduzir o estado de contaminação ambiental. Assim, por exemplo, sólidos em suspensão, nitrogênio e fósforo ocorrem naturalmente, mas a partir de um determinado valor podem significar erosão acelerada, assoreamento, presença de águas residuais urbanas e industriais ou fertilizantes. Trabalha-se, desta forma, com as alterações estabelecidas a partir de um padrão dado pelas condições naturais (SANTOS, 2004, p. 87-88).

4.1.4.1 – Aspectos quantitativos

4.1.4.1.1 – Estudos desenvolvidos referentes à disponibilidade hídrica

Os aspectos quantitativos da disponibilidade hídrica da BHRCDU podem ser estudados a partir de diferentes referências, que fornecem uma série de dados sobre a questão. As principais fontes já produzidas sobre esse assunto são: o *Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área Urbana de Juiz de Fora*, de 1985; o *Relatório-Síntese do Trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 58*, de 2003; e o *Atlas Digital das Águas de Minas*, edição de 2009-2011.

a) Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área Urbana de Juiz de Fora (1985)

O *Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área Urbana de Juiz de Fora*, em seu Volume IV – Recursos Hídricos (LEME, 1985), realizou estudos de avaliação da disponibilidade hídrica em Juiz de Fora. Tal estudo buscou subsidiar a pré-seleção dos mananciais que poderiam servir como fonte de abastecimento de água de Juiz de Fora, procedendo ao exame do grau de utilização dos mananciais das diversas sub-bacias hidrográficas do Rio Paraibuna, do Rio do Peixe e do Rio Piau e à avaliação da qualidade de suas águas, levando em consideração fatores como: ocupação e exploração do solo; existência de ferrovias, rodovias, cidades, vilas e lugares; topografia da região; proximidade dos centros de consumo atuais e futuros; existência de projetos e/ou previsões para o aproveitamento das sub-bacias hidrográficas em questão; cobertura vegetal; presença de oleodutos; etc.

Dentro do horizonte de projeto adotado no PDAA-AUJF para o atendimento da demanda do abastecimento urbano do município (ano de 2010) e tendo-se em vista as considerações realizadas a respeito de sua disponibilidade hídrica, foram selecionados alguns mananciais e seus respectivos locais de captação para a composição do sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora.

O plano estimou, para a captação do Rio Paraibuna na Barragem de Chapéu D'Uvas, uma captação normal de até 3,6 m³/s uma captação máxima de 4,0 m³/s. O plano enumerou também algumas proposições para o aproveitamento e a preservação

dos mananciais com possibilidade de serem destinados ao abastecimento de água de Juiz de Fora. No caso de Chapéu D'Uvas, as proposições foram as seguintes:

- a) Vigilância sanitária e controle de qualidade da água do reservatório;
- b) Solicitação de derivação ao então DAE-MG para captação de até 4,0 m³/s no Rio Paraibuna em Chapéu D'Uvas.

A questão da manutenção dos fluxos residuais de jusante foi também objeto da atenção do PDAA-AUJF e merece destaque por se tratar de uma condição fundamental a ser cumprida para o aproveitamento sustentável dos mananciais destinados ao abastecimento de água. O plano estabelece que os critérios adotados para a determinação dos fluxos residuais corresponderam às vazões suficientes para que não sejam causados danos ou prejuízos excessivos à jusante e que, em média, não sejam esperadas com grande frequência.

Assim, para as captações, o fluxo residual será o mínimo possível, desde que atendidos os interesses dos usuários de jusante. Não havendo usuários, e no caso de interesse na captação total do manancial, o fluxo residual constituir-se-á da restituição do fluxo de base da bacia incremental a jusante e/ou compensação por vazões liberadas do reservatório de Chapéu D'Uvas.

Para os aproveitamentos com regularização, o fluxo residual mínimo, atendidos os interesses de jusante, será a vazão mínima natural que tinha o curso de água antes da construção de qualquer barragem, considerada no trabalho como 80% da vazão mínima observada na seção de referência, desde que a série histórica tenha pelo menos 10 anos de observações. O Rio Paraibuna em Chapéu D'Uvas apresenta um fluxo residual mínimo de 1,9 m³/s, correspondente a 80% da vazão mínima observada na seção de referência próxima à barragem, de 2,4 m³/s, em 1955. O plano informa que o DNOS, em estudos próprios, considerou como suficiente o valor de 1,5 m³/s.

b) Relatório-síntese do trabalho de regionalização de vazões da Sub-Bacia 58 (2003)

O Relatório-Síntese do Trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 58 foi produzido, em conjunto, pelo Departamento de Hidrologia do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), no ano de 2003. A Sub-Bacia 58 corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, da qual a BHRCDU é uma sub-bacia hidrográfica.

Para se efetuar o traçado das isoietas totais anuais das diversas sub-bacias hidrográficas da Sub-Bacia 58, foram utilizados os dados da rede pluviométrica nacional, abrangendo estações das sub-bacias 57 (Rio Itabapoana), 59 (sub-bacias Litorâneas do Rio de Janeiro) e de suas vizinhanças, e da sub-bacia 58 (Rio Paraíba do Sul). A Tabela 4 apresenta a identificação da Estação Pluviométrica Chapéu D'Uvas:

Tabela 4 – Identificação da Estação Pluviométrica Chapéu D'Uvas						
Código	Entidade	Latitude	Longitude	Precipitação total anual (mm)	Altitude (m)	Operando?
02143020	ANEEL	21°35'39''S	43°30'19''W	1.482	702	Sim

Fonte: CPRM (2003, p. 05). Org.: Christian Ricardo Ribeiro.

Para se efetuar os estudos de regionalização hidrológica, foram utilizados os dados de 158 estações fluviométricas distribuídas em toda a área da sub-bacia 58. Para as estações cujas séries apresentavam pelo menos cinco anos de dados hidrológicos completos ou períodos completos de cheia ou de estiagem para estudo das máximas e das mínimas, foram definidas: a vazão média de longo termo (Q_{MLT} em m^3/s); a vazão específica média de longo termo ($q_{MLT\ esp}$ em $l/s.km^2$); a vazão média de cheia (Q_{MC} em m^3/s); as vazões mínimas médias de diversas durações ($Q_{mín, d\ média}$ em m^3/s); e as vazões de 50% e 95% da curva de permanência (Q_{50} e Q_{95} em m^3/s). A Tabela 5 apresenta a identificação da Estação Fluviométrica Chapéu D'Uvas:

Tabela 5 – Identificação da Estação Fluviométrica Chapéu D'Uvas						
Código	Nome do rio	Área calculada (km^2)	Q_{MLT}	Vazão específica ($l/s.km^2$)	Precipitação anual média (mm)	$C = Q/P$
58470000	Paraibuna	369	8,21	22,27	1.505	0,47

Fonte: CPRM (2003, p. 09). Org.: Christian Ricardo Ribeiro.

Foram utilizadas duas variáveis explicativas: uma física, representada pela área de drenagem; e outra climática, representada pela precipitação média anual. A Sub-Bacia Hidrográfica dos Rios Paraibuna Mineiro (excluída a bacia do Preto), Pomba, Pirapetinga e Preto foi identificada como uma das treze regiões hidrológica e estatisticamente variáveis da sub-bacia 58.

A Estação 58470000 (pluviométrica e fluviométrica) tem como área de contribuição exatamente a BHRCDU, estando situada próxima ao seu barramento, ou seja, ao exutório da bacia hidrográfica estudada. Por isso mesmo, é possível considerar as informações da regionalização hidrológica da área de contribuição dessa estação como sendo informações relativas à bacia. A Tabela 6 apresenta os resultados da regionalização de vazões para a estação que tem como área de contribuição a BHRCDU.

c) Atlas Digital das Águas de Minas (2009-2011)

O *Atlas Digital das Águas de Minas* é um mapeamento atualizado dos recursos hídricos superficiais do Estado de Minas Gerais alicerçado na tecnologia SIG. É o principal produto desenvolvido no âmbito do programa de pesquisa e desenvolvimento denominado HIDROTEC, fruto de parceria institucional entre as Secretarias de Estado de Agricultura, Pecuária e de Abastecimento e de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e seus órgãos vinculados (Fundação Rural Mineira e Instituto Mineiro de Gestão das Águas, respectivamente) com a Universidade Federal de Viçosa.

O Atlas já conta com três edições. A primeira edição foi lançada no dia 22/03/2005 (Dia Mundial das Águas) na Assembleia Legislativa, por ocasião do 4.º Fórum das Águas. A segunda edição foi lançada no dia 04/12/2007, em solenidade na Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA). Atualmente encontram-se em desenvolvimento os estudos referentes a 3.ª regionalização hidrológica. Iniciada em outubro de 2009, em agosto de 2011 essa regionalização já havia concluído os seus estudos em 85% do território mineiro.

O Atlas contém informações referentes às potencialidades e disponibilidades hídricas representadas por grande número de variáveis hidrológicas. As precipitações pluviais estão representadas pela máxima diária anual, semestre mais chuvoso e total anual. O sistema de consulta do Atlas foi desenvolvido de forma a permitir o acesso à base de dados através de dois mecanismos: a **consulta espacial georreferenciada** e a **consulta informativa**. As informações estão disponibilizadas por Região Hidrográfica e por Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH). A Tabela 7 apresenta as informações hidrológicas da BHRCDU. As informações foram obtidas no módulo de consulta espacial do atlas (informações na rede hidrográfica), tendo sido tomadas em uma seção localizada junto ao barramento da represa, onde se localizam uma estação pluviométrica e uma estação fluviométrica da ANEEL.

Tabela 6 – Resultados da regionalização hidrológica da BHRCUDU						
Vazão média de longo termo (Q_{MLT}) - Equação de regressão						
Modelo	N.º de variáveis	Modelo Limites de utilização: $48\text{km}^2 < A < 8.572 \text{ km}^2$	R²	R²_{ajust.}	F	E. P.
	2	$Q_{MLT} = 0,0099 \times A^{0,9812} \times P^{2,1243}$	0,9929	0,9925	2.459,7	0,0444
	1	$Q_{MLT} = 0,035 \times A^{0,9324}$	0,9855	0,9848	1.358,8	0,0547
Resultados	Código	Área (km²) Estação Chapéu D'Uvas	Precipitação média (m)	Q_{MLT} obs. (m³/s)	Q_{MLT} calc. (m³/s)	Desvio (%)
	58470000	369	1,505	8,21	7,80	-4,9
Vazão máxima (Vazão média de cheia, Q_{MC}) – Equação de regressão						
Modelo	N.º de variáveis	Modelo Limites de utilização: $142\text{km}^2 < A < 8.572 \text{ km}^2$	R²	R²_{ajust.}	F	E. P.
	2	-	-	-	-	-
	1	$Q_{MC} = 0,2406 \times A^{0,8907}$	0,9859	0,9852	1.470,2	0,0519
Resultados	Código	Área (km²) Estação Chapéu D'Uvas	Precipitação média (m)	Q_{MC} obs. (m³/s)	Q_{MC} calc. (m³/s)	Desvio (%)
	58470000	369	1,505	40,35	46,49	15,2
Vazão mínima (Vazão mínima média, $Q_{min, d}$ média) – Equação de regressão						
Modelo	N.º de variáveis	Modelo Limites de utilização: $318 < A < 8.572 \text{ km}^2$	R²	R²_{ajust.}	F	E. P.
	2	$Q_{min, d} = 0,0087 \times A^{0,8563} \times P_{2,6081} \times d^{0,0594}$	0,9909	0,9906	4.622,5	0,0400
	1	$Q_{min, d} = 0,0287 \times A^{0,8448} \times d^{0,0576}$	0,9730	0,9725	2.108,3	0,0613
Resultados	Código	Área (km²) Estação Chapéu D'Uvas	Precipitação média (m)	Q_{min, d} obs. (m³/s)	Q_{min, d} calc. (m³/s)	Desvio (%)
	58470000	369	1,505	4,35	4,46	2,5
Curva de permanência de 50%						
Modelo	N.º de variáveis	Modelo Limites de utilização: $318 < A < 8.572 \text{ km}^2$	R²	R²_{ajust.}	F	E. P.
	2	$Q_{50} = 0,0109 \times A^{0,9109} \times P^{2,574}$	0,9925	0,9916	1.187,4	0,0415
	1	$Q_{50} = 0,0362 \times A^{0,8963}$	0,9806	0,9794	858,3	0,0585
Resultados	Código	Área (km²) Estação Chapéu D'Uvas	Precipitação média (m)	Q₅₀ obs. (m³/s)	Q₅₀ calc. (m³/s)	Desvio (%)
	58470000	369	1,505	6,59	6,78	4,0
Curva de permanência de 95%						
Modelo	N.º de variáveis	Modelo Limites de utilização: $318 < A < 8.572 \text{ km}^2$	R²	R²_{ajust.}	F	E. P.
	2	$Q_{95} = 0,0071 \times A^{0,886} \times P^{2,5275}$	0,9911	0,9901	1.001,6	0,0439
	1	$Q_{95} = 0,0219 \times A^{0,8793}$	0,9702	0,9684	553,5	0,0715
Resultados	Código	Área (km²) Estação Chapéu D'Uvas	Precipitação média (m)	Q₉₅ obs. (m³/s)	Q₉₅ calc. (m³/s)	Desvio (%)
	58470000	369	1,505	3,69	3,76	2,0
Curva de regularização						
Vazão = $(Q/Q_{MLT}) \times 100$			Volume (%) = $[V/(Q_{MLT} \times 365 \times 86.400)] \times 100$			

Fonte: COPPETEC (2003, p. 17-18, 29-30, 41-42, 54, 61).

Tabela 7 – Informações hidrológicas da BHRCU

Latitude	21,5823 S
Longitude	43,5251 W
Área de drenagem à montante da seção	305,5011 km ²
Vazão média de longo período (Q_{mlp})	8,4668 m ³ /s
Vazão mínima de sete dias de duração e período e retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$)	2,2300 m ³ /s
Limite máximo para outorga, a fio d'água, no Estado de Minas Gerais (30% da $Q_{7,10}$)	0,6690 m ³ /s
Vazão residual mínima a ser garantida a jusante de cada captação no curso d'água, em condições naturais, ou após regularização (70% da $Q_{7,10}$)	1,5610 m ³ /s
Vazão máxima possível de ser regularizada através de barramentos ($Q_{reg\ max}$)	5,9268 m ³ /s
Vazão máxima possível de ser regularizada e disponibilizada para outorga a jusante do barramento (70% da Q_{mlp} – 70% da $Q_{7,10}$) ($Q_{reg\ max/out}$)	4,3658 m ³ /s
Volume de armazenamento necessário à regularização da vazão máxima possível de ser regularizada ($V_{reg\ max}$)	81,1753 Hm ³ /s
Volume de armazenamento necessário à regularização da vazão residual ($V_{reg\ min}$)	0,0163 Hm ³ /s
Vazão com intervalo diário e 95% da curva de permanência (Q_{95})	3,2636 m ³ /s
Vazão com intervalo diário e 90% da curva de permanência (Q_{90})	3,7801 m ³ /s
Vazão máxima diária anual com tempo de retorno de 10 anos ($Q_{max\ 10}$)	75,8593 m ³ /s
Vazão máxima diária anual com tempo de retorno de 20 anos ($Q_{max\ 20}$)	87,0056 m ³ /s
Vazão máxima diária anual com tempo de retorno de 50 anos ($Q_{max\ 50}$)	101,3893 m ³ /s
Vazão máxima diária anual com tempo de retorno de 100 anos ($Q_{max\ 100}$)	112,1933 m ³ /s
Vazão máxima diária anual com tempo de retorno de 500 anos ($Q_{max\ 500}$)	137,1776 m ³ /s

Fonte: Atlas Digital das Águas de Minas. Disponível em: <http://www.atlasdasaguas.uf.br/parai/Informacoes_Hidrologicas/Informacoes_Hidrologicas.html>. Acesso em: 15 out. 2011.

4.1.4.1.2 – Exigências legais para o aproveitamento da disponibilidade hídrica

A avaliação da disponibilidade hídrica da BHRCU deve levar em conta o balanço entre a vazão outorgada e a vazão outorgável.

A avaliação da vazão outorgável é realizada segundo índices de vazão. Como se sabe, a vazão mínima é aquela que condiciona o atendimento da demanda, razão pela qual os índices reativos a este indicador são muitas vezes utilizados como referência para a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos em vários estados brasileiros.

A Portaria IGAM n.º 10/1998 adota a $Q_{7,10}$ como a vazão de referência para a concessão de outorga de direito de uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais e estabeleceu que a vazão máxima outorgável para a captação direta nos cursos de água é igual a 30% da $Q_{7,10}$. Logo, a manutenção de vazão residual mínima deve ser igual a 70% da $Q_{7,10}$.

Porém, a portaria define também que, nos casos em que houver regularização, vazão maior pode ser retirada desde que garantido o fluxo residual mínimo de 70% da $Q_{7,10}$. O Artigo 8.º da referida legislação estabelece que:

Artigo 8.º - Determinar à Diretoria de Controle das Águas que proponha as vazões de referência a serem utilizadas, para cálculo das disponibilidades hídricas em cada local de interesse, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos e com os Planos Diretores de Recursos Hídricos de cada bacia hidrográfica.

§ 1.º - Até que se estabeleçam as diversas vazões de referência na bacia hidrográfica, será adotada a $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência) para cada bacia.

§ 2.º - Fixar em 30% (trinta por cento) da $Q_{7,10}$ o limite máximo de derivações consuntivas a serem outorgadas na porção da bacia hidrográfica limitada por cada seção considerada, em condições naturais, ficando garantidos a jusante de cada derivação fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% (setenta por cento) da $Q_{7,10}$.

§ 3.º - Quando o curso d'água for regularizado pelo interessado, o limite da outorga poderá ser superior a 30% (trinta por cento) da $Q_{7,10}$, aproveitando o potencial de regularização, desde que seja garantido um fluxo residual mínimo à jusante, equivalente a 50% (cinquenta por cento) da vazão média de longo termo (IGAM, 1998).

A vazão máxima possível de ser regularizada através de barramentos na bacia, segundo os dados do *Atlas Digital das Águas de Minas*, é igual a $5,9268 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q_{\text{reg max}}$), indicando a possibilidade de se superar o valor previsto para a captação no manancial

pelo PDAA-AUJF (4,0 m³/s). Porém, a vazão máxima possível de ser regularizada e disponibilizada para outorga a jusante do barramento ($Q_{\text{reg max/out}}$) é igual a 4,3658 m³/s.

Levando-se em conta as expectativas da CESAMA de ampliação da captação no manancial até atingir um máximo de 5.000 l/s, conclui-se que a companhia terá de adaptar os seus planos de expansão aos limites máximos de vazão outorgável estipulados pela legislação vigente para a BHRCU. Porém, é importante ressaltar que os dados de disponibilidade hídrica da bacia apresentados no relatório da sub-bacia 58 também indicam a possibilidade de futura expansão da captação.

A vazão outorgada foi definida através da consulta aos dados relativos à outorga de direito de uso de recursos hídricos disponibilizados pelo IGAM e pela ANA. Em relação ao IGAM, foram consultados os dados de balanço entre demanda e disponibilidade hídricas disponibilizados pelo *Atlas Digital das Águas de Minas* e a listagem de outorgados disponibilizada no sítio eletrônico do órgão. No caso da ANA, foi consultada a listagem de outorgados disponibilizada no sítio eletrônico do órgão. A consulta a tais bases indica a existência das seguintes outorgas na BHRCU:

a) Requerente: Frederico Cezar de Araújo.

Município: Antônio Carlos.

Curso de água: Córrego Três Pontes.

Latitude: - 21,5064.

Longitude: - 43,7044.

Vazão: 0,008 m³/s.

Número da Portaria IGAM (domínio estadual): 786.

Data de publicação: 30/03/2004.

Validade: 5 anos.

Finalidade: Irrigação.

b) Requerente: Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora.

Município: Ewbank da Câmara.

Curso de água: Rio Paraibuna.

Latitude: 21° 34' 58" S.

Longitude: 43° 31' 32" W.

Vazão: 0,5 m³/s.

Número da Resolução ANA (domínio federal): 099 (outorga preventiva).

Data de publicação: 09/03/2005.

Validade: 3 anos.

Finalidade: Abastecimento humano.

Somando-se as duas outorgas já efetivadas na área da BHRCDU, tem-se um total de 0,508 m³/s. Como já afirmado, a intenção inicial da CESAMA é a de captar um total de 850 l/s para o abastecimento de água de Juiz de Fora, podendo chegar até 5.000 l/s. Observando-se os dados de disponibilidade hídrica da BHRCDU, verifica-se que existe um potencial significativo a ser explorado após essa fase inicial de implantação da captação, com uma margem significativa para a captação de água por parte da CESAMA. Da vazão outorgável na BHRCDU segundo os critérios estabelecidos pela legislação vigente, verifica-se que 3,8578 m³/s ainda estarão disponíveis para outorga.

Porém, é importante ressaltar a necessidade de se investir na regularização da outorga. Frequentemente, ocorre que muitas derivações efetivamente implantadas não foram oficialmente outorgadas, o que contribui para distorcer os dados de disponibilidade hídrica em todo o Estado de Minas Gerais.

A Lei Estadual n.º 13.199/1999, em seu Artigo 18, estabelece que são sujeitos à outorga pelo poder público, independentemente da natureza pública ou privada dos usuários, os seguintes direitos de uso de recursos hídricos:

I - as acumulações, as derivações ou a captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, até para abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - o lançamento, em corpo de água, de esgotos e demais efluentes líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - o aproveitamento de potenciais hidrelétricos;

V - outros usos e ações que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Muitos dos usos para os quais a legislação vigente define a obrigatoriedade da outorga não estão de fato outorgados, razão pela qual o investimento na regularização da outorga é uma das principais tarefas para viabilizar o aperfeiçoamento e a efetiva implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos em todo o Estado de Minas Gerais.

4.1.4.2 – Aspectos qualitativos

4.1.4.2.1 – Contextualização e referências

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul é considerada uma região com disponibilidade hídrica satisfatória. Porém, em termos de tratamento de efluentes, a situação ainda é bastante precária. Os cursos de água ainda são, em grande parte, utilizados para o lançamento de efluentes líquidos urbanos e industriais. A irrigação é pouco desenvolvida e a destinação final dos resíduos sólidos também ainda está longe do ideal.

A qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, que constitui uma sub-bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, pode ser caracterizada da seguinte forma: são as águas de pior qualidade de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, principalmente no trecho próximo e à jusante de Juiz de Fora, devido ao intenso lançamento de esgotos domésticos e industriais (elevado teor de amônia, coliformes fecais, turbidez, cromo, chumbo, selênio e de sólidos em geral). A ocorrência de chumbo e de selênio pode estar relacionada ao lançamento de efluentes industriais ou às características do solo da bacia hidrográfica. Os afluentes recebem carga significativa de esgotos e de outros dejetos originários dos núcleos urbanos (teores de amônia e de coliformes fecais). Em um ponto do Rio do Peixe e em dois pontos do Rio Cágado já foi detectada a contaminação por metais pesados (MAGNA, 2003, p. 08).

De uma maneira geral, análises já realizadas demonstram que a qualidade do Rio Paraíba do Sul, na localidade de Chapéu D'Uvas, ainda é considerada boa, piorando gradativamente em direção à área urbana de Juiz de Fora, onde recebe despejos industriais e domésticos ao longo de seu percurso.

Magna (2003, p. 13) ressalta que os resultados da análise da qualidade da água da Represa de Chapéu D'Uvas, realizada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) em abril de 2002, permitem concluir que o lago encontra-se em acentuado processo de eutrofização, característico de ambientes lênticos, em processo de maturação. As características físico-químicas estão dentro da normalidade; no entanto, a dinâmica biológica observada apresentou distorções denominadas como florações de cianobactérias, além de registrar uma toxidade considerada elevada. Foram identificados ainda aportes substanciais de águas servidas ao lago, o que deve ser motivo de preocupação e de estudos futuros.

Diante das constatações a respeito da qualidade da água da Represa de Chapéu D'Uvas, Magna (2003, 0. 13) recomenda o controle de todas as fontes poluidoras identificadas, bem como a implantação de soluções de tratamento de esgoto em curtíssimo prazo. Recomenda ainda a elaboração de um plano diretor para toda a bacia hidrográfica contribuinte do lago, o controle do uso múltiplo e a proibição de qualquer atividade de piscicultura. Propõe, finalmente, o controle da expansão da ocupação em toda a bacia e a formulação e a aplicação de uma política ambiental que direcione o uso do lago exclusivamente para o abastecimento doméstico.

Em relação à ocorrência de cianobactérias nas águas da Represa de Chapéu D'Uvas, Machado e Silva (2007, p. 12) ressaltam o conteúdo da matéria veiculada pelo jornal *Tribuna de Minas*, de 22 de março de 2002, intitulada “Alga contamina água de Chapéu D'Uvas”. A matéria destacava a alta incidência da alga *Cylindrospermopsis raciborskii* nas águas da represa, que poderia comprometer a sua qualidade e até mesmo inviabilizar a sua utilização para o abastecimento humano, uma vez que a espécie é responsável pela produção da cianotoxina, uma toxina que pode causar problemas hepáticos e neurológicos. Segundo o professor da Universidade Federal de Juiz de Fora, Fábio Roland, ouvido na época pela reportagem, os sistemas convencionais de tratamento de água, como aqueles existentes em Juiz de Fora, não seriam suficientes para eliminar da água a toxina produzida pelas algas. Além disso, caso a água receba cloro, as algas poderiam morrer, provocando uma liberação ainda maior das toxinas. Sendo assim, o tratamento da água da represa deveria comportar, além da fase física e da fase biológica, consideradas convencionais, uma fase química.

A Resolução CONAMA n.º 357/2005, no Inciso VIII do Artigo 2.º do Capítulo I, define as cianobactérias como “microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis), capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial, especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde”. Silva (2007, p. 35-37) ressalta que a não realização de um desmatamento prévio na área alagada pelo lago da Represa de Chapéu D'Uvas é um dos fatores que pode ter contribuído significativamente para a proliferação das cianobactérias. A presença da matéria orgânica, que em seu processo de decomposição fornece nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, seria uma facilitadora do processo de adensamento das algas. Além disso, o próprio amortecimento da velocidade da água pelo barramento já constitui um fator que contribui para a concentração de agentes patogênicos em ambientes que naturalmente

favorecem a sua proliferação. Sendo assim, no processo de potabilização das águas nas quais se verifica a ocorrência de tais algas, é necessário evitar-se a lise celular dos microorganismos, ou seja, a ruptura da membrana plasmática, a partir da qual ocorre a liberação das toxinas e a consequente contaminação da água. Porém, apesar de custosa, a potabilização das águas que se encontram em tais condições, com o objetivo de atender aos requisitos legais para o abastecimento humano, pode ser realizada através de tratamento terciário, não sendo inviabilizada a sua utilização para tal fim.

Informações mais recentes sobre a qualidade da água da Represa de Chapéu D'Uvas podem ser encontradas nos relatórios do *Projeto Águas de Minas*. O projeto é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de todo o Estado de Minas Gerais. Em execução desde 1997, o programa disponibiliza uma série histórica da qualidade das águas em Minas Gerais, dados indispensáveis ao gerenciamento de recursos hídricos. A Tabela 8 apresenta os dados de qualidade da água da Represa de Chapéu D'Uvas para o ano de 2010, já que o lago é um dos pontos de avaliação do projeto.

Tabela 8 – Dados de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas em 2010 (Projeto Águas de Minas)											
Corpo de água/ UPGRH/ Estação	Classe	Parâmetros que não atenderam ao limite legal	Percentual de variação do parâmetro	Amostragem			Série histórica			Possíveis fontes de poluição	
				1.º Trimestre			1997 - 2009				
				Fevereiro/Março							
Paraibuna/ PS1/BS002	2	DN COPAM/CERH-MG n.º 01/2008	02/03/2010 a 10/03/2010	2010	2009	2008	Mínima	Média	Máxima	Lançamento de esgoto doméstico (Chapéu D’Uvas e Colônia de São Firmino); pecuária; erosão.	
		Coliformes termotolerantes	1.300%	14000	2.800	5.000	230	4.694	14.000		
		Cor verdadeira	8%	81	58	138	25	69	144		
		Manganês total	39%	0,139	0,254	0,118	0,161	0,238	0,302		
Corpo de água/ UPGRH/ Estação	Classe	Parâmetros que não atenderam ao limite legal	Percentual de variação do parâmetro	Amostragem			Série histórica			Possíveis fontes de poluição	
		DN COPAM/CERH-MG n.º 01/2008	31/05/2010 a 09/06/2010	2.º Trimestre			1997 - 2009				
				Maio/Junho							
				2010	2009	2008	Mínima	Média	Máxima		
Paraibuna/ PS1/BS002	2	Coliformes termotolerantes	130%	2.300	5.000	220	50	2.038	8.000	Lançamento de esgoto doméstico; agropecuária; carga difusa.	
		pH	3%	5,8	6,1	6,1	5,6	6,2	6,8		
Corpo de água/ UPGRH/ Estação	Classe	Parâmetros que não atenderam ao limite legal	Percentual de variação do parâmetro	Amostragem			Série histórica			Possíveis fontes de poluição	
		DN COPAM/CERH-MG n.º 01/2008	24/08/2010 a 01/09/2010	3.º Trimestre			1997 - 2009				
				Julho/Agosto/Setembro							
				2010	2009	2008	Mínima	Média	Máxima		
Paraibuna/ PS1/BS002	2	Coliformes termotolerantes	4.900%	50.000	220	140	2	4.054	50.000	Lançamento de efluente industrial e de esgoto doméstico; agropecuária; carga difusa.	
		pH	7%	5,6	6,1	6,0	5,7	6,3	7,1		
Corpo de água/ UPGRH/ Estação	Classe	Parâmetros que não atenderam ao limite legal	Percentual de variação do parâmetro	Amostragem			Série histórica			Possíveis fontes de poluição	
		DN COPAM/CERH-MG n.º 01/2008		4.º Trimestre			1997 - 2009				
				2010	2009	2008	Mínima	Média	Máxima		
Paraibuna/ PS1/BS002	2	Ferro dissolvido	119%	0,658	0,41	0,54	0,21	0,732	1,93	Lançamento de esgoto doméstico; agropecuária; erosão; carga difusa.	
		Manganês total	112%	0,2122	0,1542	0,158	0,058	0,224	0,506		

Fonte: IGAM (2010, vol. 1, p. 68; vol. 2, p. 64; vol. 3, p. 68; vol. 4, p. 72).

4.1.4.2.2 – Legislação de enquadramento de corpos de água

A Resolução CONAMA n.º 357/2005, em seu Artigo 2.º, define o enquadramento como o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os seus usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”. A Resolução classifica as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Segundo o Artigo 4.º da referida Resolução, as águas doces de classe 2 são aquelas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme a Resolução CONAMA n.º 274/2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aquicultura e a atividade de pesca. A Represa de Chapéu D’Uvas, formada a partir do barramento de um rio de domínio da União e cujas águas serão destinadas ao abastecimento da população de Juiz de Fora após tratamento convencional enquadra-se, portanto, em tal classe.

É importante ressaltar a Resolução ANA n.º 399, de 22 de julho de 2004, que altera a Portaria n.º 707, de 17 de outubro de 1994, do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, e dá outras providências. O Artigo 1.º da referida Resolução ANA alterou o item 5 (critérios técnicos para a identificação dos cursos de água) da Portaria da ANEEL, que aprovou a norma para a classificação dos cursos de água brasileiros quanto ao domínio. A partir de então, o item passou a vigorar com a seguinte redação:

“5. Critérios técnicos para identificação dos cursos de água:

5.1. Cada curso de água, desde a sua foz até a sua nascente, será considerado como unidade indivisível, para fins de classificação quanto ao domínio.

5.2. Os sistemas hidrográficos serão estudados, examinando-se as suas correntes de água sempre de jusante para montante e iniciando-se pela identificação do seu curso principal.

5.3. Em cada confluência será considerado curso de água principal aquele cuja bacia hidrográfica tiver a maior área de drenagem.

5.4. A determinação das áreas de drenagem será feita com base na Cartografia Sistemática Terrestre Básica.

5.5. Os braços de rios, paranás, igarapés e alagados não serão classificados em separado, uma vez que são considerados parte integrante do curso de água principal.”

A aplicação destes critérios na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna teria como consequência direta o reconhecimento do Rio Preto como o rio principal da bacia hidrográfica. O trecho do Rio Paraibuna compreendido entre a sua confluência com o Rio do Peixe e a confluência com o Rio Preto seria reconhecido como trecho integrante do Rio do Peixe e o trecho compreendido entre a sua confluência com o Rio Preto e a foz no Rio Paraíba do Sul seria reconhecido como trecho integrante do Rio Preto. Dessa forma, o Rio Paraibuna passaria a ser reconhecido como um afluente do Rio do Peixe e este, por sua vez, como um afluente do Rio Preto. Uma consequência importante dessa nova classificação é que o Rio Paraibuna deixaria, assim, de ser um rio de domínio da União para tornar-se um rio de domínio estadual. Esse fato reveste-se de especial importância para a gestão de recursos hídricos na bacia, inclusive sobre a aplicação dos instrumentos de gestão, como por exemplo a outorga de direito de uso de recursos hídricos no Rio Paraibuna, cuja esfera de competência seria transferida da ANA para o IGAM.

A Deliberação Normativa COPAM n.º 16, de 24 de setembro de 1996, dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna. Em tal Deliberação, portanto, não consta o enquadramento das águas do Rio Paraibuna, já que o mesmo é um rio de domínio da União. Porém, tal documento estabelece o enquadramento das águas dos afluentes do Rio Paraibuna que constituem cursos de água de domínio estadual, alguns deles, inclusive, tributários da Represa de Chapéu D’Uvas.

A legislação federal sobre enquadramento dos corpos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul data do final da década de 1970 e início da década de 1980. Assim, considerando os estudos realizados pelo Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP -, o Ministério do Interior, através da Portaria n.º 86, de 04 de junho de 1981, procedeu ao enquadramento das águas do Rio Paraibuna, levando em consideração a divisão do rio em dois trechos distintos:

- **Trecho 1:** das cabeceiras até a Barragem de Chapéu D’Uvas no Município de Juiz de Fora: Classe 1;

- **Trecho 2:** da Barragem de Chapéu D’Uvas até sua foz no Rio Paraíba do Sul: Classe 2.

Considerando a necessidade de revisão do enquadramento dos rios federais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (Rio Paraibuna e Rio Preto) e visando atualizá-lo de acordo com o sistema de classes de qualidade das águas estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 20/1986, o Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM-MG) propôs ao Ministério do Meio Ambiente, em 1996, o reenquadramento das águas do Rio Paraibuna a partir de sua divisão em quatro trechos distintos (MKM, 2002, p. 20, vol. 1):

- **Trecho 1** – Rio Paraibuna, das nascentes até a confluência com o Córrego São José: Classe Especial;

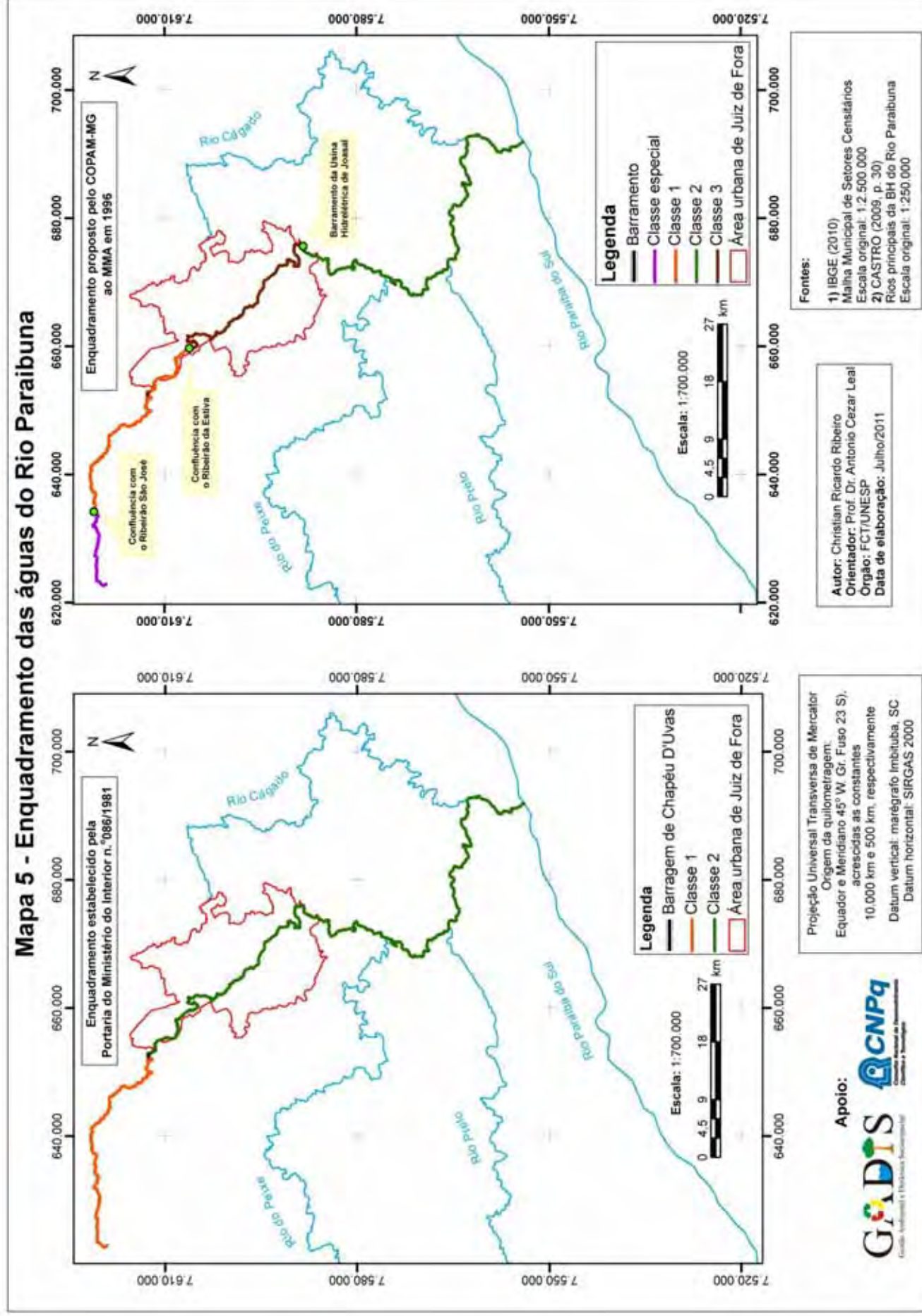
- **Trecho 2** – Rio Paraibuna, da confluência com o Córrego São José, até a confluência com o Ribeirão da Estiva: Classe 1;

- **Trecho 3** – Rio Paraibuna, da confluência com o Ribeirão da Estiva, até o barramento da Usina Hidroelétrica de Joasal (CEMIG): Classe 3;

- **Trecho 4** – Rio Paraibuna, do barramento da Usina Hidroelétrica de Joasal, até a confluência com o Rio Paraíba do Sul: Classe 2.

A proposta de reenquadramento das águas do Rio Paraibuna, realizada pelo COPAM-MG em 1996, ainda não foi implementada, estando a legislação anterior ainda vigente (Portaria n.º 86, de 04 de junho de 1981, do Ministério do Interior). A referida Portaria estabelece que estão enquadradas na Classe 1 as águas do Rio Paraibuna situadas no trecho compreendido entre as suas cabeceiras “até” a Barragem de Chapéu D’Uvas. Ora, como as águas do lago da Represa de Chapéu D’Uvas estão, evidentemente, localizadas à montante da barragem, seria possível inferir o seu enquadramento, de acordo com o disposto na legislação, na Classe 1. Porém, dada a antiguidade da legislação em vigor e a necessidade de sua revisão e atualização, e considerando ainda os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, segundo a qual as águas enquadradas na classe 2 são aquelas que podem ser destinadas, entre outros usos, ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional – que corresponde ao tipo de tratamento a ser realizado pela CESAMA –, o presente trabalho considerou, na análise dos parâmetros de qualidade, o enquadramento das águas da represa na Classe 2. O Mapa 5 apresenta o enquadramento das águas do Rio Paraibuna segundo as duas legislações acima referidas.

Mapa 5 - Enquadramento das águas do Rio Paraíba



4.1.4.2.3 – Verificação da conformidade de parâmetros selecionados de qualidade da água em relação às exigências legais para a destinação ao abastecimento humano

A qualidade da água está diretamente relacionada aos usos aos quais a mesma se destina, ou seja, ao seu enquadramento. O enquadramento de um curso de água em determinada classe reflete a qualidade desejada para o mesmo em função de seus usos preponderantes.

A Represa de Chapéu D'Uvas, a ser utilizada em breve pela CESAMA para o abastecimento de água do Município de Juiz de Fora, pode ser enquadrada na Classe 2. Conforme define a Resolução CONAMA n.º 357/2005, as águas enquadradas na classe 2 são aquelas que podem ser destinadas, entre outros usos, ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional. Ainda que os cursos de água de determinadas porções de sua bacia hidrográfica estejam atualmente enquadradas em classes diferentes desta, ou assumam esta condição a partir da promulgação de legislações futuras, sabe-se que a qualidade da água de um manancial reflete diretamente a qualidade da água de seus tributários, que é influenciada, por sua vez, pelo uso e pela ocupação do solo desenvolvidos ao longo de toda a bacia de contribuição. Sendo assim, e considerando ainda que a água da Represa de Chapéu D'Uvas deverá ser distribuída à população de Juiz de Fora após ser potabilizada na ETA Walfrido Machado Mendonça através de tratamento convencional, o manancial deverá atender aos requisitos de qualidade estabelecidos pela legislação pertinente para a classe 2.

Para avaliar a conformidade da qualidade da água da Represa de Chapéu D'Uvas aos requisitos definidos pela legislação pertinente (Resolução CONAMA n.º 357/2005), foram selecionados alguns parâmetros considerados relevantes de acordo com as indicações da legislação pertinente e da bibliografia correlata e com a disponibilidade de dados da CESAMA. Estes parâmetros foram: cloreto, cor, demanda bioquímica de oxigênio, densidade de cianobactérias, *Escherichia coli*, ferro dissolvido, fósforo total, manganês, nitrogênio, oxigênio dissolvido, pH e turbidez. A CESAMA forneceu dados referentes ao período compreendido entre os anos de 2006 e 2010. Os dados foram produzidos a partir da análise de amostras mensalmente coletadas em um ponto situado nas proximidades da captação de água da Represa de Chapéu D'Uvas que está sendo implantada pela CESAMA, junto à superfície. Ainda que a série

disponibilizada apresente várias lacunas e que a avaliação da qualidade da água de um manancial do porte da Represa de Chapéu D'Uvas recomende a amostragem em diferentes pontos de seu lago e em diferentes profundidades da coluna de água, a análise ora realizada permite avaliar, ainda que de maneira parcial, o atendimento aos requisitos legais pertinentes. Apesar de não se contar com uma análise espacial, em função da disponibilidade de dados de um único ponto de amostragem, é possível realizar uma análise temporal devido à disponibilidade de dados de uma série histórica que compreende o período 2006-2010.

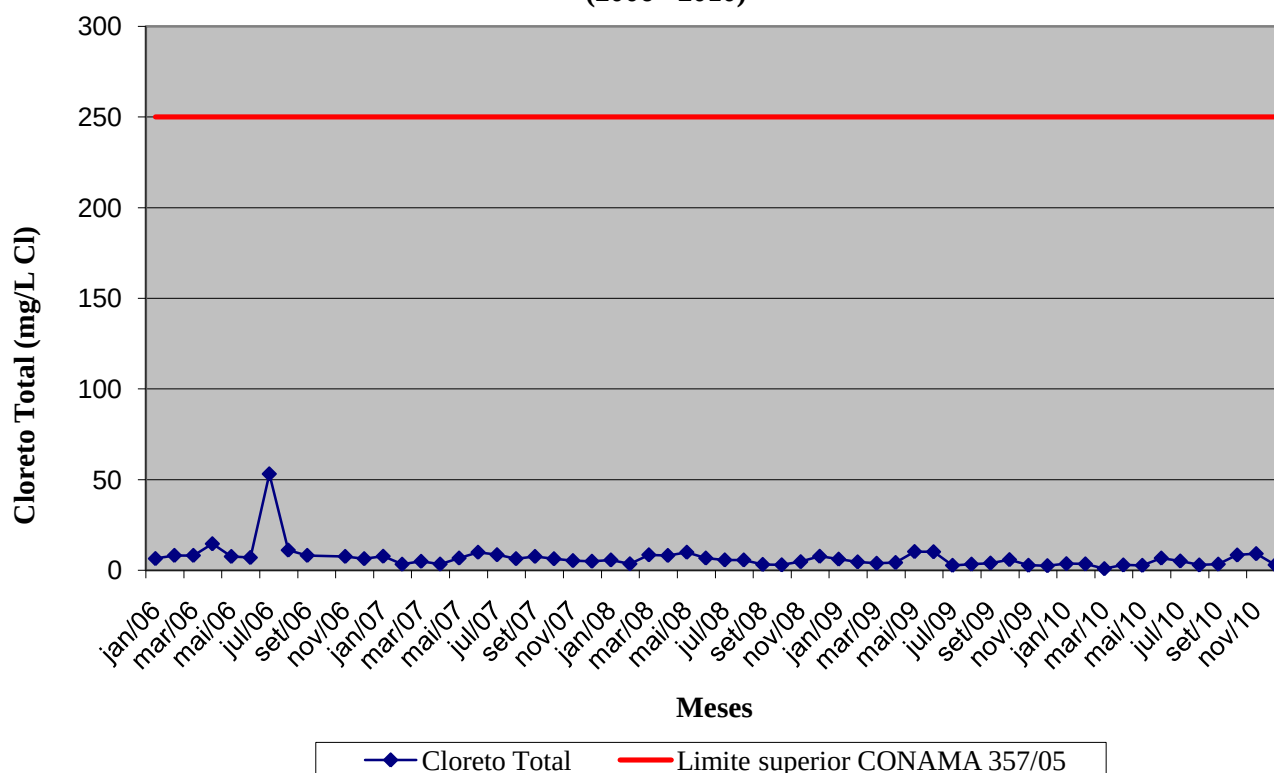
a) Cloreto

Os cloretos podem estar presentes na água naturalmente ou como consequência da poluição devido à intrusão da água do mar e de esgotos sanitários ou industriais. Em teores elevados, os cloretos podem causar sabor acentuado, podendo ainda provocar reações fisiológicas ou aumentar a corrosividade da água. Os cloretos são usados, ainda como indicadores de poluição, pois têm como fontes importantes as descargas de esgotos sanitários (MOTA, 2008, p. 28). O Artigo 14 da Seção II do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que as águas doces de classe 2 devem apresentar valor de cloreto total não superior a 250 mg/L Cl. A Figura 21 mostra a variação de cloreto total na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.

A figura mostra que os valores de cloreto total estão em conformidade com os limites estabelecidos pela legislação vigente em todos os meses da série analisada. O único valor significativo foi registrado em julho de 2006, quando atingiu-se um total de 53,189 mg/L Cl.

No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, o parâmetro cloreto total atendeu aos requisitos legais em todos os meses da série analisada, devendo a companhia de saneamento tomar as providências necessárias para a manutenção de tal condição.

Figura 21 - Variação de cloreto total na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas (2006 - 2010)



b) Cor

A cor resulta da existência, na água, de substâncias em solução. Esta característica é acentuada quando da presença de matéria orgânica, de minerais como o ferro e o manganês, ou de depósitos coloridos contidos em esgotos industriais (MOTA, 2008, p. 25-26). O Artigo 15 da Seção II do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que as águas doces de classe 2 devem apresentar valor de cor verdadeira não superior a 75 mg Pt/L. A Figura 22 mostra a variação de cor verdadeira na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.

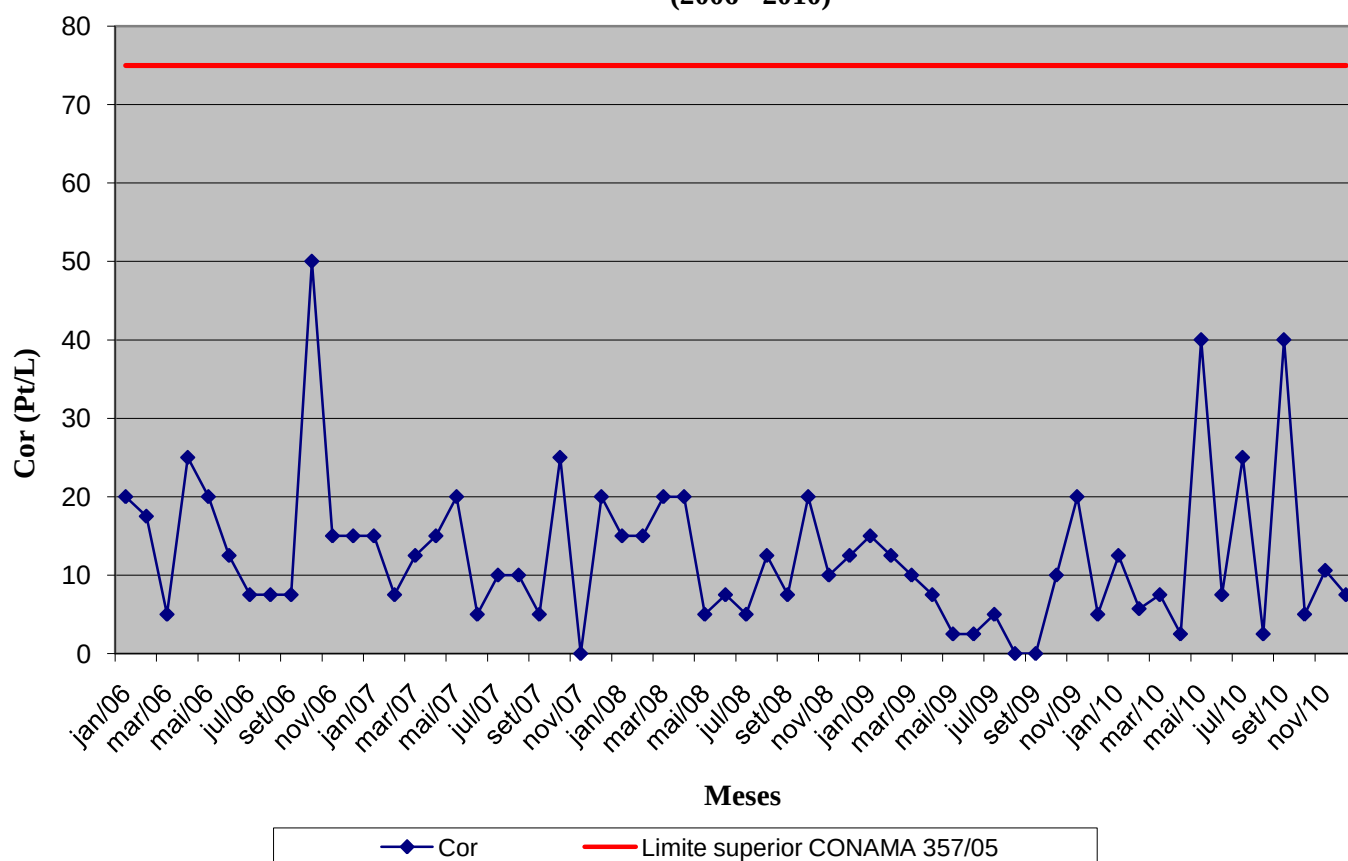
A figura permite concluir que a série apresenta valores de cor verdadeira mais baixos que o estabelecido pela legislação vigente em todos os meses que compõem a série analisada. Observa-se a ocorrência de um pico em outubro de 2006, quando registrou-se um valor de cor igual a 50 mg Pt/L.

É importante ressaltar que as águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 unidades. Valores inferiores a 10 unidades são dificilmente perceptíveis. A cloração de águas coloridas com a finalidade de abastecimento

doméstico pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos), derivados da complexação do cloro com a matéria orgânica em solução. Para efeito de caracterização de águas para abastecimento, distingue-se a cor aparente, na qual se consideram as partículas suspensas, da cor verdadeira. A determinação da segunda realiza-se após centrifugação da amostra. Para atender ao padrão de potabilidade, a água deve apresentar intensidade de cor aparente inferior a cinco unidades (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006, p. 45-46).

No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, como foi verificado acima, houve conformidade dos valores de cor verdadeira encontrados em suas águas em todos os meses da série temporal analisada, devendo a companhia de saneamento tomar as providências necessárias para a manutenção de tal condição.

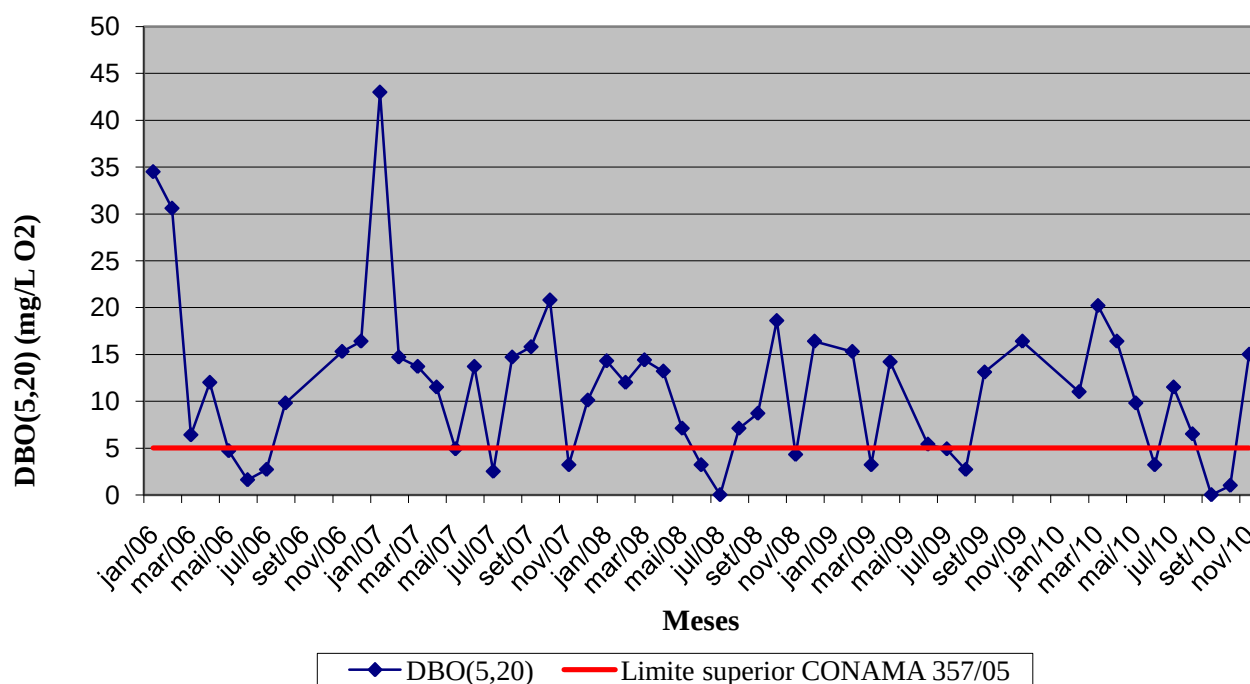
Figura 22 - Variação de cor na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas (2006 - 2010)



c) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO ou demanda bioquímica de oxigênio está diretamente relacionada à presença de matéria orgânica nos corpos de água. Aliás, a matéria orgânica presente nos corpos de água é considerada uma característica de primordial importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo do oxigênio dissolvido pelos microorganismos nos seus processos metabólicos de utilização e de estabilização da matéria orgânica. Os principais componentes orgânicos são os compostos de proteína, os carboidratos, a gordura e os óleos, além da uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros em menor quantidade. Geralmente, utilizam-se métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica ou do seu potencial poluidor. Para tanto, existem duas categorias principais: a) medição do consumo de oxigênio (Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO; Demanda Química de Oxigênio – DQO); b) medição do carbono orgânico (Carbono Orgânico Total – COT). A DBO e a DQO são os parâmetros tradicionalmente mais utilizados (VON SPERLING, 2007, p. 29). O Artigo 15 da Seção II do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que as águas doces de classe 2 devem apresentar valor de DBO, em 5 dias e a 20° C, não superior a 5 mg/L O₂. A Figura 23 mostra a variação de DBO na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.

Figura 23 - Variação de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas (2006 - 2010)



A figura permite concluir que a série apresenta valores de DBO mais altos que o estabelecido pela legislação em boa parte do período analisado. Ainda que a série apresente algumas lacunas, verifica-se que não raramente os valores são relativamente muito mais altos que o permitido, atingindo picos de 34,5 mg/L em janeiro de 2005 e de 43,0 mg/L em janeiro de 2007. Os anos de 2007 e 2008, por exemplo, apresentam valores de DBO superiores ao permitido em 75% das amostras realizadas, ou seja, em nove dos doze meses.

Entre os fatores naturais que influenciam a variação da DBO nos corpos de água, estão a disponibilidade de matéria orgânica vegetal e animal e a atividade dos microorganismos. Entre os fatores antropogênicos, destacam-se os despejos domésticos e os despejos industriais. A matéria orgânica é responsável pelo consumo do oxigênio dissolvido na água por parte dos microorganismos decompositores. Retrata, portanto, de forma indireta, o teor de matéria orgânica presente nos esgotos ou no corpo de água. Por isso mesmo, constitui um parâmetro de maior importância na caracterização do grau de poluição de um corpo de água (VON SPERLING, 2007 p 29-30).

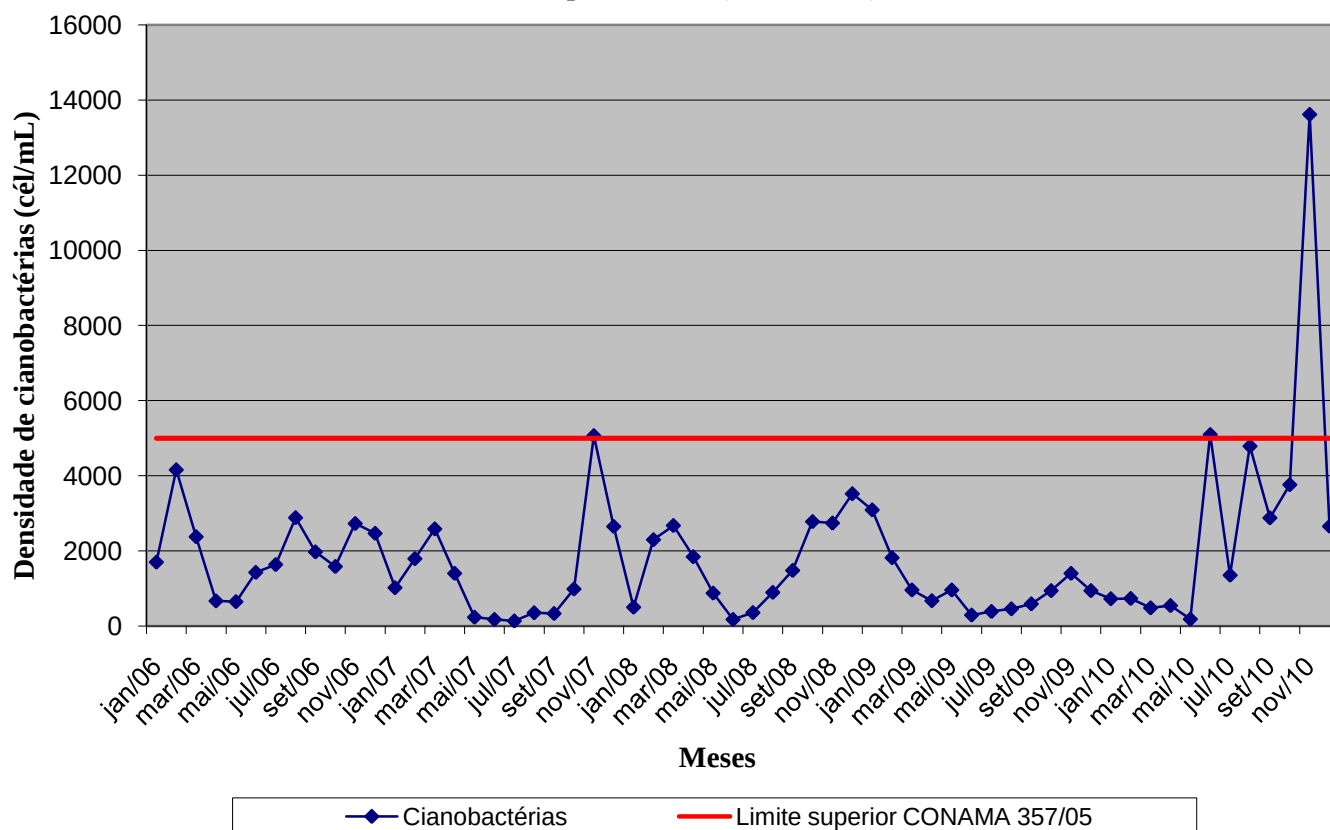
No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, cujas águas apresentaram valores de DBO muito acima do permitido pela legislação vigente no período analisado, deve haver especial atenção, já que o manancial será em breve destinado ao abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora. Trabalhos já realizados na bacia hidrográfica do manancial e trabalhos de campo realizados durante o desenvolvimento desta pesquisa constataram o lançamento de esgotos domésticos *in natura* nas águas do manancial a partir de ligações diretas entre várias pequenas propriedades rurais e o lago.

d) Densidade de Cianobactérias

As algas, embora tendo grande importância para o equilíbrio ecológico do meio aquático, sendo responsável por grande parte do oxigênio presente no líquido (produzido pelo processo de fotossíntese), podem acarretar, também, alguns problemas, sendo os principais: formação de grande massa orgânica, levando à produção de quantidade excessiva de lodo e à liberação de vários compostos orgânicos, os quais podem ser tóxicos ou produzir sabor e odor desagradáveis; formação de camadas de algas nas superfícies de reservatórios, causando turbidez e dificultando a penetração da luz solar, com a consequente redução do oxigênio do meio; entupimento de filtros de areia, em estações de tratamento de água; aderência às paredes de reservatórios de água

e de piscinas; corrosão de estruturas de ferro e de concreto (MOTA, 2008, p. 32). O Artigo 15 da Seção II do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que as águas doces de classe 2 devem apresentar densidade de cianobactérias não superior a 5.000 cel/mL ou 5 mm³/L. A Figura 24 mostra a variação da densidade de cianobactérias na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.

Figura 24 - Variação da densidade de cianobactérias na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas (2006 - 2010)



A figura mostra que os valores de densidade de cianobactérias estão em conformidade com os limites estabelecidos na maior parte dos meses que compõem a série analisada. Foram encontrados valores acima do limite legalmente estabelecido nos meses de novembro de 2007 e junho e novembro de 2010. Porém, em toda a série analisada, percebe-se a ocorrência de valores relativamente altos, algumas vezes bem próximos do limite superior estabelecido pelo CONAMA. O valor mais alto foi o de 13.621,6 cel/mL, registrado em novembro de 2010.

As cianobactérias são microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados cianofíceas (algas azuis), capazes de ocorrer em qualquer manancial

superficial, especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde (MOTA, 2008, p. 32).

No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, verificou-se a conformidade da densidade de cianobactérias na maior parte dos meses da série analisada, devendo a companhia de saneamento tomar as providências necessárias para a manutenção de tal condição, especialmente no que se refere ao adequado lançamento de esgotos domésticos.

e) *Escherichia coli*

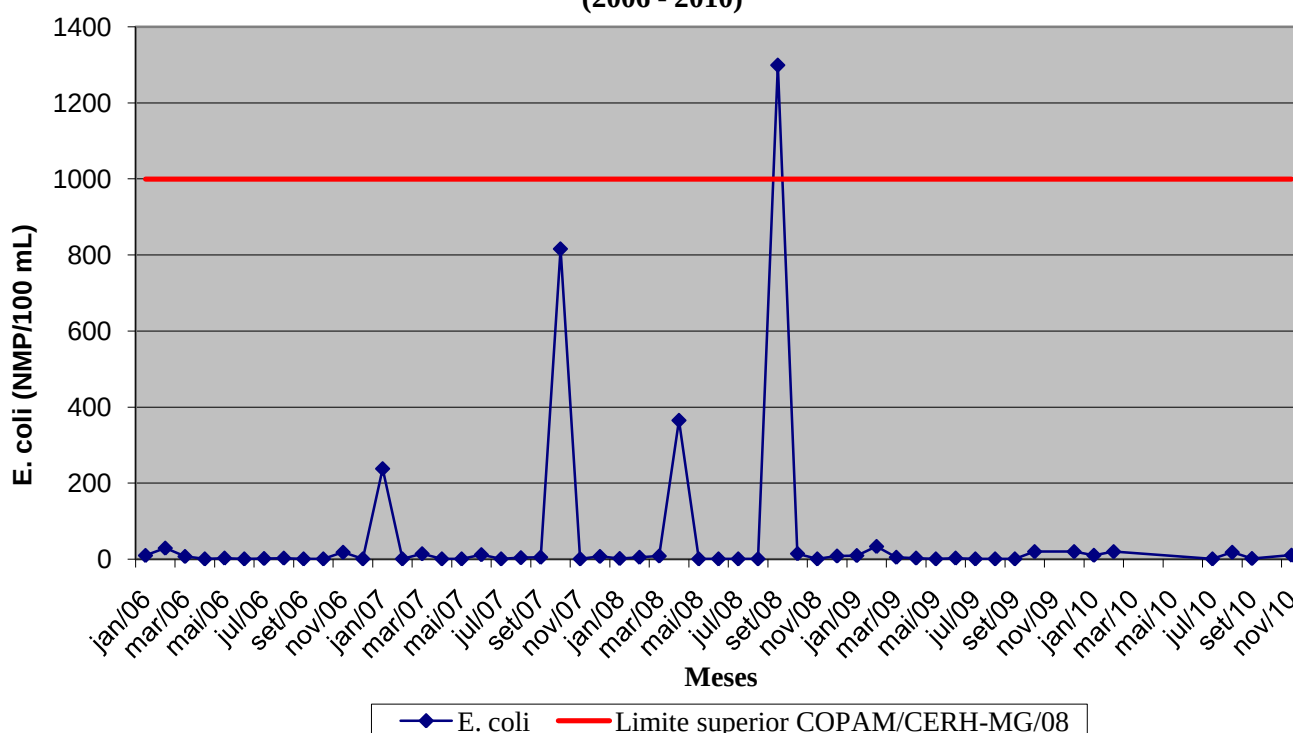
A *Escherichia coli* é a principal bactéria do grupo de coliformes fecais (termotolerantes), sendo abundante nas fezes humanas e de animais. É encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas a contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros (VON SPERLING, 2007, p. 500). O Artigo 15 da Seção II do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que a *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com os limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Sendo assim, no caso do Estado de Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n.º 01, de 05 de maio de 2008, estabelece que, para as águas de classe 2, a *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com os mesmos limites, ou seja, não exceder um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, condição válida para os usos distintos da recreação de contato primário. A Figura 25 mostra a variação de *E. coli* na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.

A figura mostra que o limite superior de *E. coli* estabelecido pela legislação vigente foi ultrapassado somente em setembro de 2008. Portanto, em todos os anos da série analisada (2006-2010), a exigência de que não se exceda o limite de 1.000 *E. coli* por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, foi cumprida em todos eles.

Diferentemente dos coliformes totais e fecais, a *E. coli* é a única que dá a garantia de contaminação exclusivamente fecal. Por isso mesmo, há uma tendência atual em se utilizar, predominantemente, a *E. coli* como indicador de contaminação fecal. No entanto, a sua detecção não dá a garantia de que a contaminação seja humana, já que a

E. coli pode ser encontrada também em fezes de outros animais. Na interpretação dos testes dos indicadores da contaminação fecal em corpos de água, é bastante importante uma inspeção sanitária da bacia hidrográfica, a fim de se estabelecer a origem da contaminação fecal (presença de lançamentos de esgotos domésticos ou de despejos de criação de animais), complementando as informações fornecidas pelos testes laboratoriais (VON SPERLING, 2007, p. 500-501).

Figura 25 - Variação de *E. coli* na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas (2006 - 2010)



No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, em que trabalhos de campo realizados em sua bacia hidrográfica no âmbito desta pesquisa revelaram o lançamento de esgotos domésticos diretamente nas águas do manancial, o monitoramento constante e cuidadoso da variação deste parâmetro é de fundamental importância. O monitoramento do parâmetro e a identificação dos pontos onde ocorrem os lançamentos dos despejos devem subsidiar as medidas de controle da poluição e da contaminação, inclusive impedindo-se a instalação de moradias próximas às margens do manancial, sobretudo quando não forem servidas por adequados sistemas de coleta e de afastamento dos esgotos. Os organismos indicadores de contaminação fecal são predominantemente não patogênicos; porém, dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, por conseguinte, da sua

potencialidade para transmitir doenças, daí decorrendo a importância de seu monitoramento (VON SPERLING, 2007, p. 497).

f) Ferro e manganês

O ferro e o manganês são produtos que, em excesso na água, podem causar problemas tais como: coloração avermelhada no caso do ferro ou coloração marrom no caso do manganês, produzindo manchas em roupas e em produtos industrializados; sabor metálico; toxicidade, em caso de doses elevadas (MOTA, 2008, p. 28). O Artigo 14 da Seção II do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que as águas doces de classe 2 devem apresentar valores de ferro dissolvido e de manganês total não superiores a 0,3 mg/L Fe e a 0,1 mg/L Mn, respectivamente. As Figuras 26 e 27 mostram, respectivamente, a variação de ferro dissolvido e de manganês total na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.

A figura mostra que o limite superior de ferro dissolvido estabelecido pela legislação vigente foi ultrapassado em boa parte dos meses que compõem a série temporal analisada. Os valores de ferro dissolvido atingiram picos de 1,79 mg/L Fe em março de 2008 e de 1,35 mg/L Fe em agosto de 2009. Quanto ao manganês total, o limite superior estabelecido pela legislação vigente também foi ultrapassado em boa parte dos meses que compõem a série histórica analisada. Os valores de manganês total atingiram picos de 1,1 mg/L Mn em junho de 2006 e de 0,8 mg/L Mn em fevereiro de 2006.

Os elementos ferro e manganês, por apresentarem comportamento químico semelhante, podem ter seus efeitos na qualidade da água abordados conjuntamente. Muito embora esses elementos não apresentem inconvenientes à saúde nas concentrações normalmente encontradas nas águas naturais, eles podem provocar problemas de ordem estética (manchas em roupas ou em vasos sanitários) ou prejudicar determinados usos industriais da água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006, p. 52).

No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, verificou-se que os valores de ferro e de manganês encontrados em suas águas foram significativamente superiores aos limites superiores estabelecidos pela legislação vigente em boa parte da série analisada, razão pela qual é necessário implementar medidas que permitam controlar a introdução de tais elementos e, conseqüentemente, evitar os problemas daí advindos.

Figura 26 - Variação de ferro dissolvido na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas (2006 - 2010)

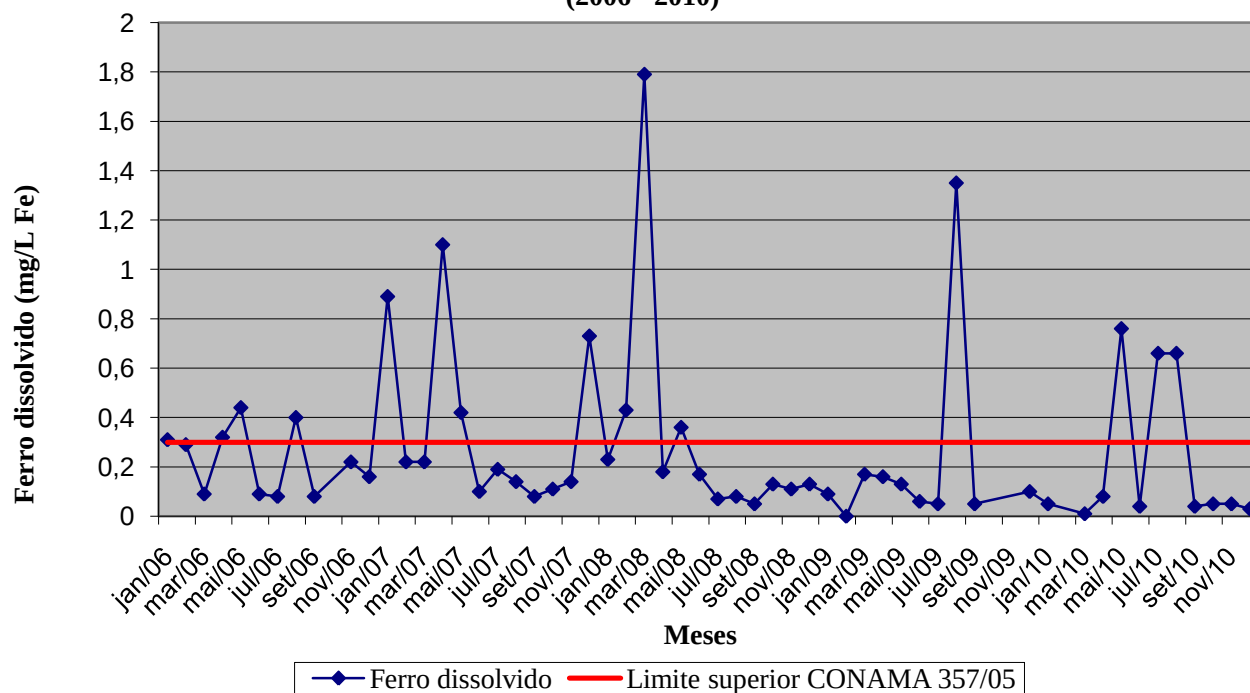
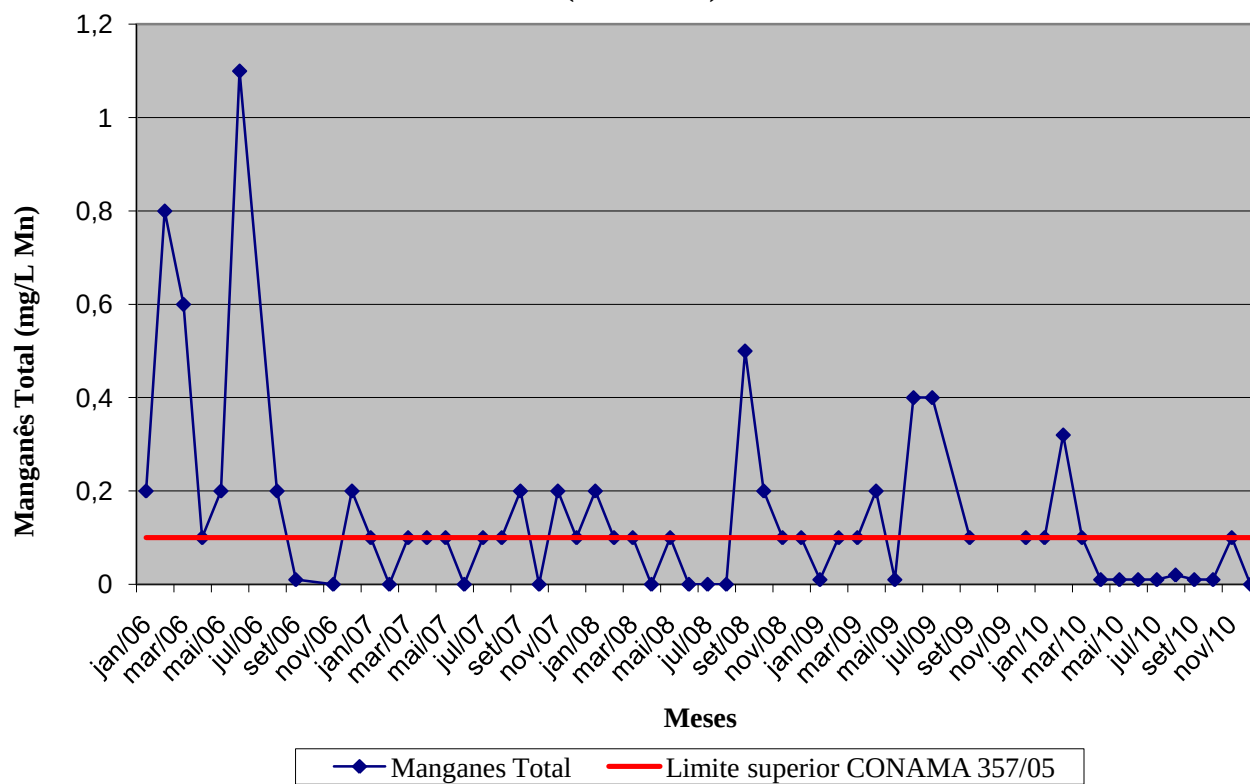
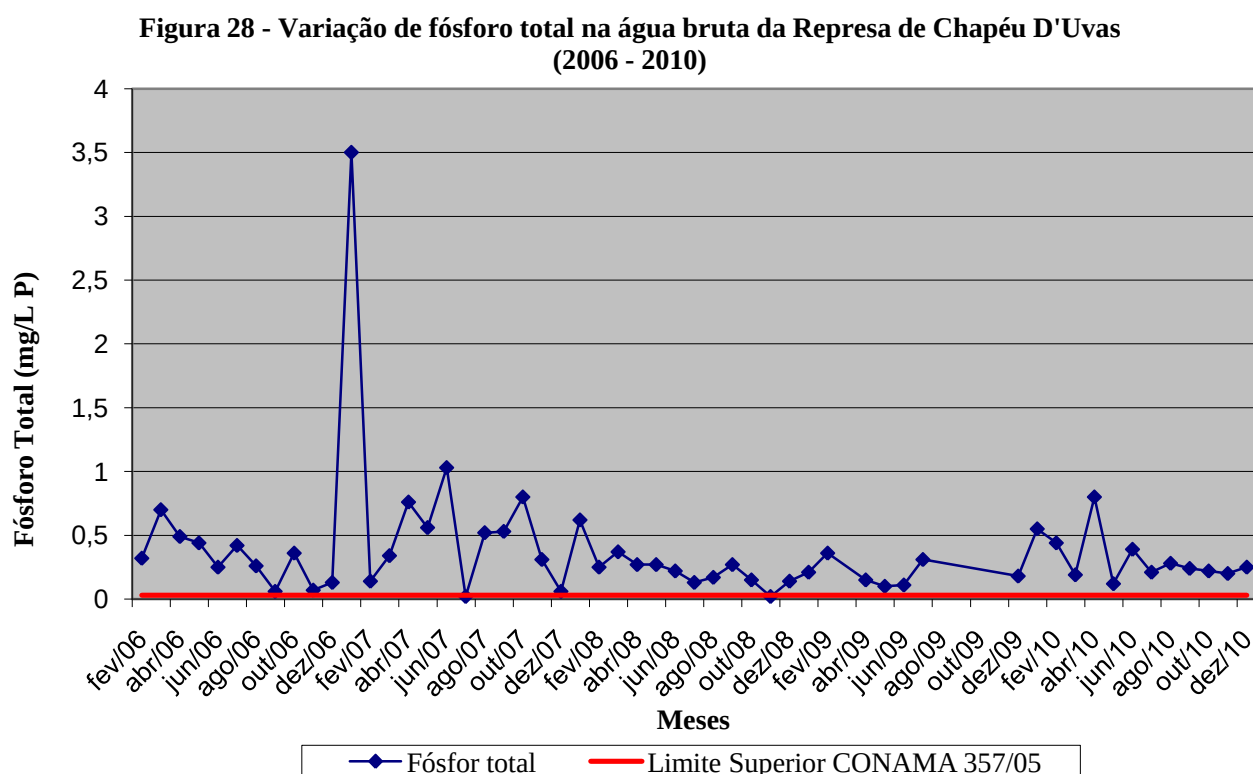


Figura 27 - Variação de manganês total na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas (2006 - 2010)



g) Fósforo

Na água, o fósforo apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico. Entre os fatores naturais que explicam a sua ocorrência, estão a dissolução de compostos do solo, a decomposição da matéria orgânica e a sua presença na composição celular de microorganismos. Entre os fatores de origem antropogênica, estão os despejos domésticos, os despejos industriais, os detergentes, os excrementos de animais e os fertilizantes (VON SPERLING, 2007, p. 32). O Artigo 15 da Seção II do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que as águas doces de classe 2 em ambientes lênticos, como é o caso da Represa de Chapéu D'Uvas, devem apresentar valor de fósforo total não superior a 0,030 mg/L. A Figura 28 mostra a variação de fósforo total na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.



A figura mostra que o limite superior de fósforo total estabelecido pela legislação vigente foi ultrapassado na maior parte dos meses que compõem a série analisada, atingindo inclusive um pico de 3,5 mg/L em janeiro de 2007.

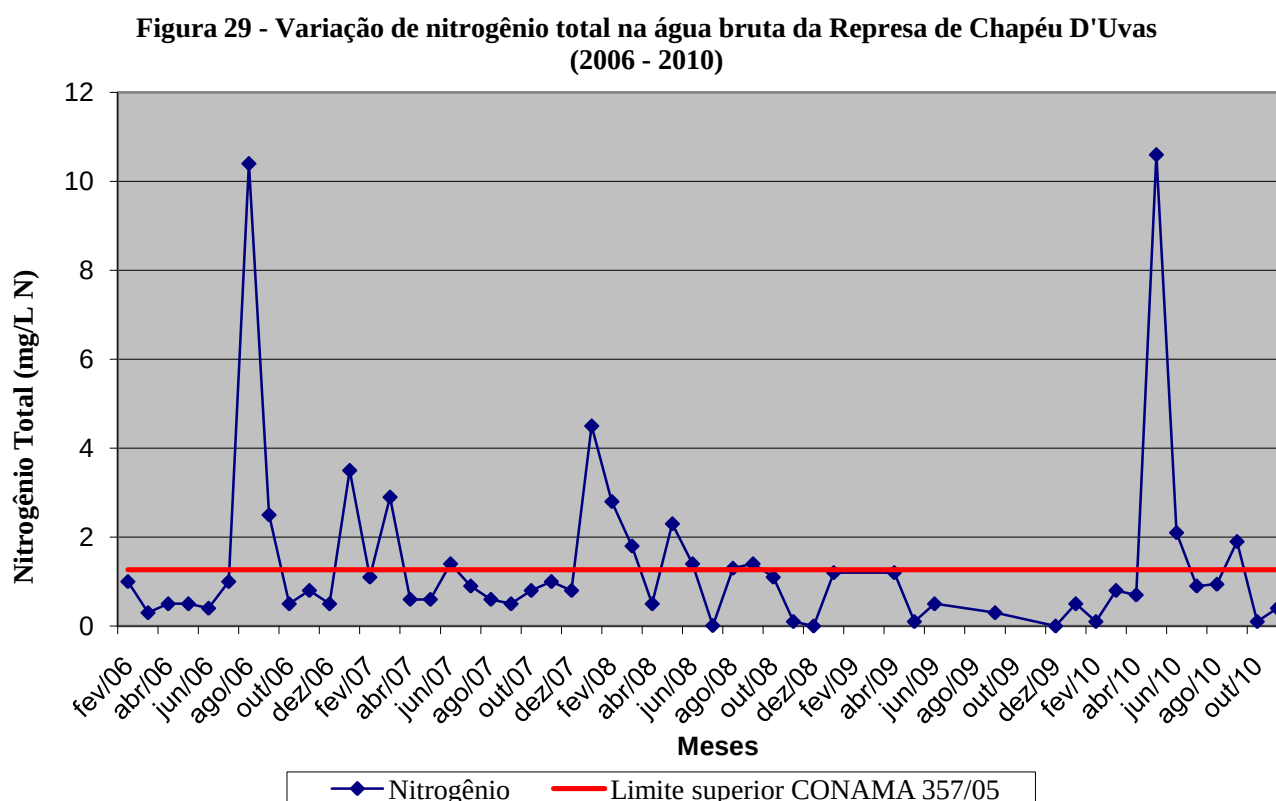
É importante ressaltar que o fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária para as águas de abastecimento. Porém, constitui um elemento indispensável para o crescimento de algas, e quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, o que caracteriza um processo denominado de eutrofização. Além disso, o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2007, p. 32).

Von Sperling (2007, p. 33) resalta que, na interpretação dos resultados em corpos de água, os seguintes valores de fósforo total podem ser utilizados como indicativos aproximados do estado de eutrofização de lagos (lagos tropicais provavelmente aceitam concentrações superiores): (a) $P < 0,01-0,02$ mg/L: não eutrófico; (b) P entre 0,01-0,02 e 0,05 mg/L: estágio intermediário; (c) $P > 0,05$ mg/L: eutrófico. No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, em que na maior parte da série analisada foram registrados valores bastante superiores à condição de corpos eutróficos, orna-se necessário um acompanhamento da variação deste parâmetro afim de que se possam evitar problemas como, por exemplo, a maior dificuldade e a elevação nos custos de tratamento da água. Além disso, apesar de o fósforo em si não representar um problema de maior gravidade para as águas de abastecimento, principalmente quando situado dentro dos padrões legalmente estabelecidos, a sua excessiva concentração pode levar ao crescimento de determinadas algas que liberam toxinas que podem prejudicar a qualidade da água para o consumo humano e animal.

h) Nitrogênio

O nitrogênio, considerado em seu ciclo na biosfera, alterna entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: a) nitrogênio molecular (N_2), escapando para a atmosfera; b) nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão); c) amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+); d) nitrito (NO_2^-); e) nitrato (NO_3^-). Entre os fatores naturais que explicam a sua ocorrência, estão a constituição de proteínas e de vários outros compostos biológicos e composição celular de microorganismos. Entre os fatores antropogênicos, estão os despejos domésticos, os despejos industriais, os excrementos de animais e os fertilizantes (VON SPERLING, 2007, p. 30). O Parágrafo 3.º da Seção I do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que para as águas de classe 2, quando o nitrogênio

constitui-se em fator limitante para a eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, valor de nitrogênio total (após oxidação), não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos. A Figura 29 mostra a variação de nitrogênio total na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.



A figura mostra que o limite superior de nitrogênio estabelecido pela legislação foi ultrapassado em diversos meses que compõem a série analisada, principalmente no primeiro semestre de 2008. Foram registrados picos de 10,4 mg/L em agosto de 2006 e 10,6 mg/L em maio de 2010.

O nitrogênio é um dos parâmetros mais importantes para a caracterização da qualidade da água, por diversas razões: a) em sua forma de nitrato, está associado a doenças como a metemoglobinemia (síndrome do bebê azul); b) é um elemento indispensável para o crescimento das algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, desencadeando um processo denominado de eutrofização; c) os processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato implicam no consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática; d) é diretamente tóxico aos peixes

na forma de amônia livre; e) é um elemento indispensável para o crescimento dos microorganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos; f) os processos de conversão do nitrogênio têm implicações na operação das estações de tratamento de esgotos, em termos de consumo de oxigênio, consumo de alcalinidade e sedimentabilidade do lodo; g) em um corpo de água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição: uma poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato (VON SPERLING, 2007, p. 31).

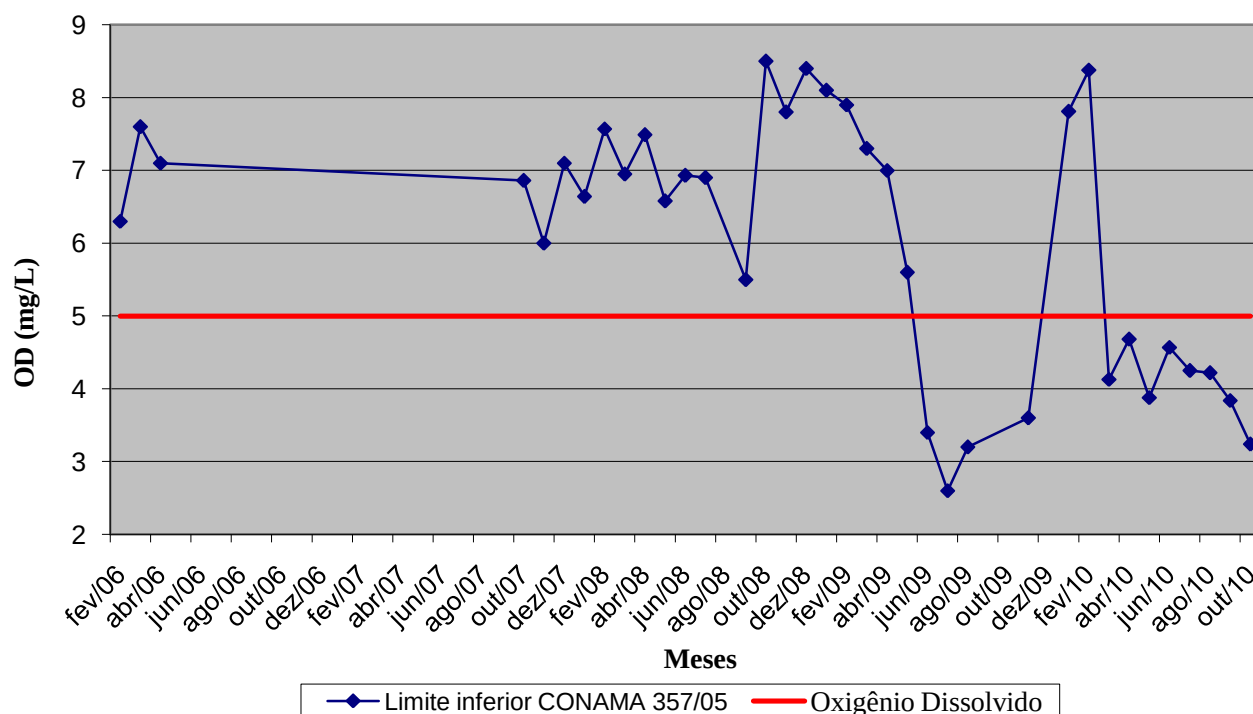
Como se percebe, a ocorrência do nitrogênio apresenta implicações diretas tanto para a manutenção da vida aquática quanto para o abastecimento de água visando o consumo humano. Por isso mesmo, no caso da Represa de Chapéu D'Uvas, deve-se estabelecer o controle das fontes de fornecimento de nitrogênio em toda a bacia de contribuição do manancial, a fim de que sejam respeitados os limites máximos estabelecidos pela legislação em relação a este parâmetro.

i) Oxigênio Dissolvido (OD)

O OD ou oxigênio dissolvido é de fundamental importância para os organismos aeróbios, ou seja, aqueles que vivem na presença de oxigênio. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Dependendo da magnitude do fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias, ou seja, de ausência de oxigênio, com possível geração de maus odores (VON SPERLING, 2007, p. 28). O Artigo 15 da Seção II do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que as águas doces de classe 2 devem apresentar valor de OD, em qualquer amostra analisada, não inferior a 5 mg/L O₂. A Figura 30 mostra a variação de OD na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.

A série analisada apresenta lacunas consideráveis nos anos de 2006 e 2007. Além disso, a sua análise mostra que a água da Represa de Chapéu D'Uvas não atendeu aos requisitos legais referentes ao parâmetro OD na maior parte do ano de 2010 e em boa parte do ano de 2009, quando se registraram valores menores do que o limite inferior estabelecido.

Figura 30 - Variação de oxigênio dissolvido (OD) na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas (2006 - 2010)



Entre os fatores naturais que influenciam a variação de OD, estão a própria dissolução do oxigênio atmosférico e a produção de oxigênio pelos organismos fotossintéticos. Entre os fatores antropogênicos, estão a introdução de aeração artificial e a produção pelos organismos fotossintéticos em corpos de água eutrofizados. O OD é de fundamental importância para a sobrevivência dos organismos aquáticos anaeróbios e é considerado o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição nas águas por despejos orgânicos. Valores de OD superiores à saturação são indicativos da presença de algas fotossintéticas, pois as mesmas produzem oxigênio puro. Valores de OD bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica, provavelmente proveniente do lançamento de esgotos domésticos. Quando os valores de OD situam-se em torno de 4,0 a 5,0 mg/L, morrem os peixes mais exigentes; com OD igual a 2 mg/L praticamente todos os peixes morrem; com OD igual a 0 mg/L caracteriza-se uma condição de anaerobiose (VON SPERLING, 2007, p. 28).

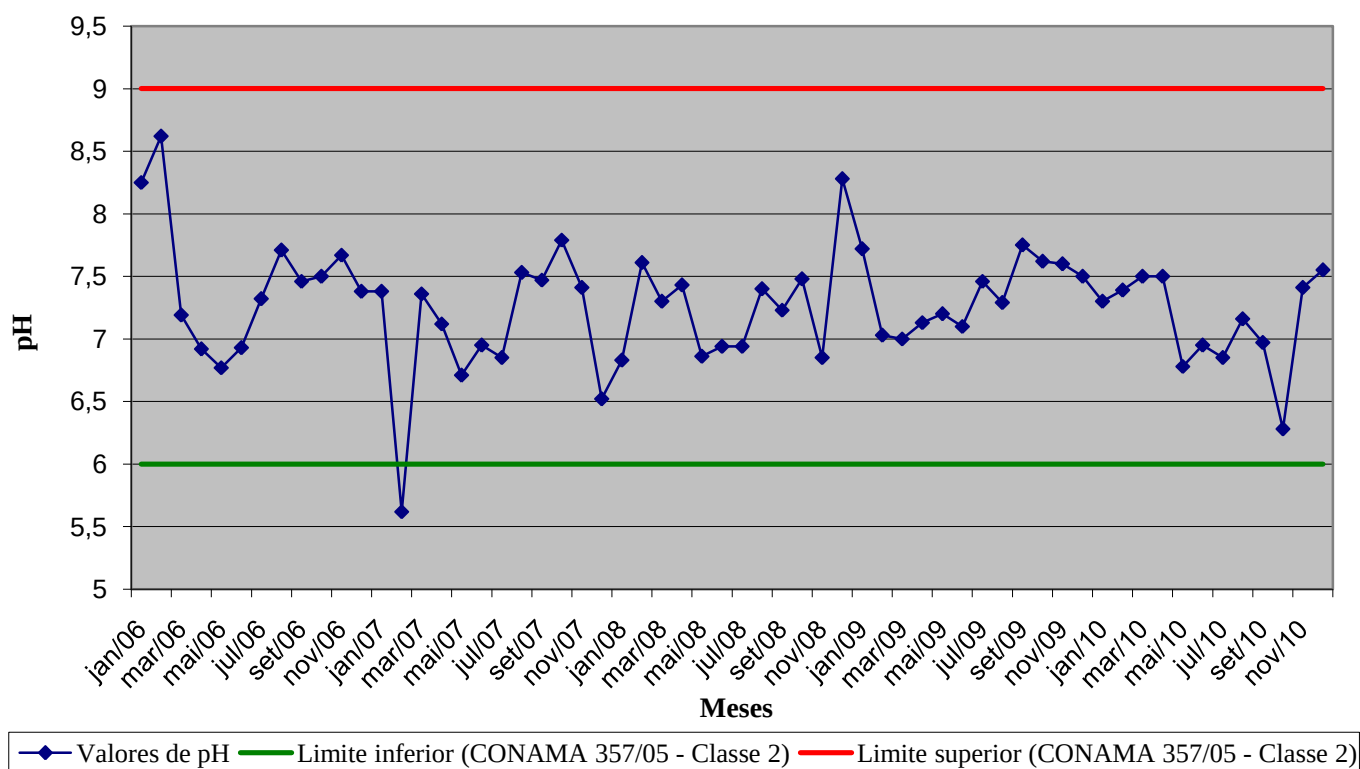
No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, que apresentou valores de OD inferiores a 5,0 mg/L em boa parte da série analisada, deve haver especial atenção quanto à evolução da variação deste parâmetro, principalmente quando se leva em conta que o manancial será em breve utilizado para o abastecimento de água do Município de

Juiz de Fora. O manancial apresenta valores de OD não somente divergentes dos requisitos legais estabelecidos pela legislação vigente para as águas doces destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional (classe 2), mas que também podem inviabilizar a presença de vida aquática anaeróbia caso permaneça em valores relativamente tão baixos.

j) Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH ou potencial hidrogeniônico “representa a concentração de íons hidrogênio H^+ (em escala antilogarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água” (VON SPERLING, 2007, p. 34). Varia de 0 a 14. Em termos de pH, a Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que para as águas doces de classe 2 devem ser aplicados as condições e os padrões previstos para as águas doces de classe 1 (Artigo 14 da Seção II do Capítulo III), ou seja, pH variando entre 6,0 e 9,0. A Figura 31 mostra a variação de pH na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas entre 2006 e 2010.

Figura 31 - Variação de pH na água bruta da Represa de Chapéu D’Uvas (2006 - 2010)



A figura mostra que, em relação ao parâmetro pH, a água da Represa de Chapéu D'Uvas atende aos requisitos da legislação vigente em praticamente toda a série analisada, tanto em relação ao limite superior quanto ao limite inferior estabelecidos. O único mês em que não houve concordância com a legislação foi fevereiro de 2007, quando registrou-se um pH igual a 5,62.

A variação dos valores de pH ocorre em função de condições ou fatores naturais e antropogênicos. Entre os fatores naturais, estão a dissolução de rochas, a absorção de gases da atmosfera, a oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese. Entre os fatores antropogênicos, destacam-se os despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica) e os despejos industriais (ex.: lavagem ácida de tanques). De maneira geral, o pH não tem implicação em termos de saúde pública, a menos que os seus valores sejam extremamente baixos ou elevados, a ponto de causar irritação na pele ou nos olhos. Valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática (ex.: peixes) e os microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. Em termos de corpos de água, valores elevados de pH podem estar associados à proliferação de algas. Valores elevados ou baixos podem ser indicativos da presença de efluentes industriais (VON SPERLING, 2007, p. 34-35).

No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, verifica-se que os valores de pH não se afastam de forma significativa da condição de neutralidade ($\text{pH} = 7,0$) em toda a série analisada, não se registrando tendências significativas de acidez ($\text{pH} < 7,0$) ou de alcalinidade ($\text{pH} > 7,0$).

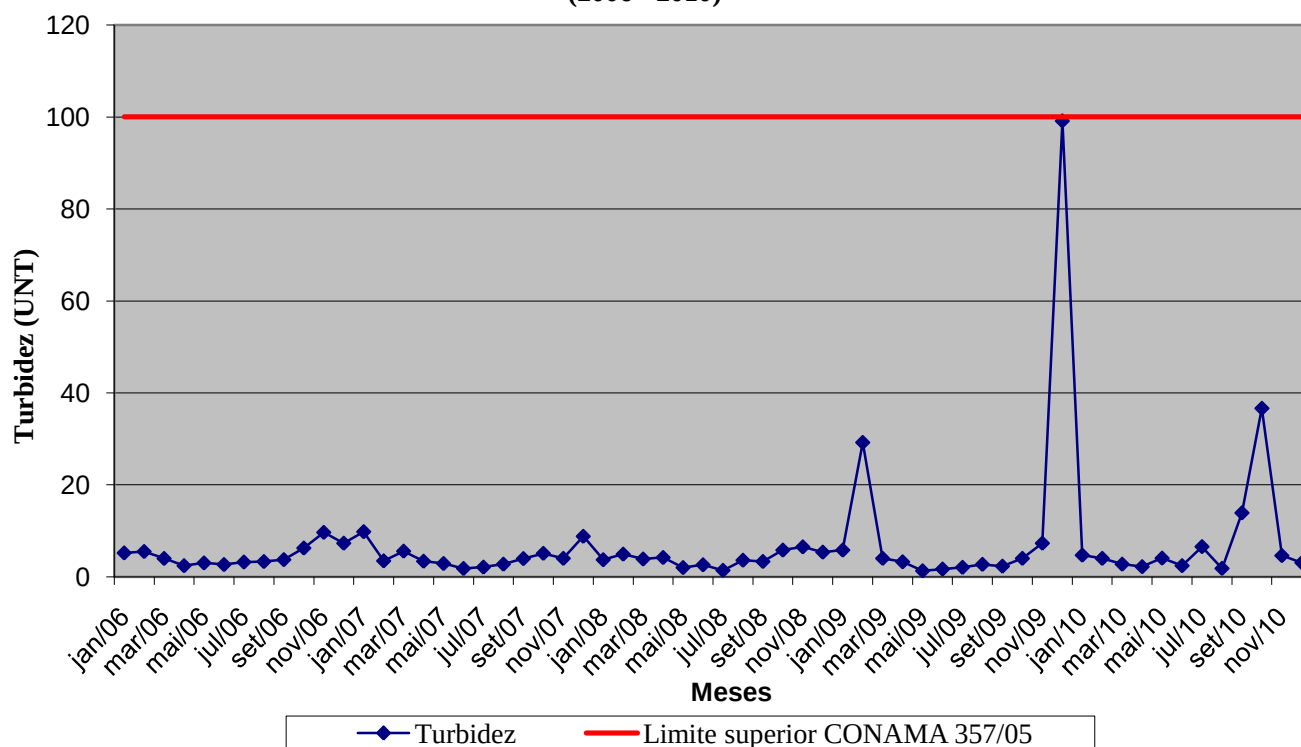
1) Turbidez

A turbidez é causada pela presença de materiais em suspensão na água, tais como partículas insolúveis de solo, matéria orgânica e organismos microscópicos (MOTA, 2008, p. 26). O Artigo 15 da Seção II do Capítulo III da Resolução CONAMA n.º 357/2005 determina que as águas doces de classe 2 devem apresentar valor de turbidez não superior a 100 UNT. A Figura 32 mostra a variação de turbidez na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas entre 2006 e 2010.

A figura mostra que as águas da Represa de Chapéu D'Uvas atendem aos requisitos legais estabelecidos para os valores de turbidez em toda a série analisada. Observa-se a ocorrência de um pico em dezembro de 2009, tendo sido registrado um

valor de turbidez igual 99,1 UNT; mesmo nesse caso, o limite superior estabelecido pela legislação vigente não é ultrapassado.

Figura 32 - Variação de turbidez na água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas (2006 - 2010)



A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão. A turbidez dos corpos de água é particularmente alta em regiões com solos erodíveis, onde a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo. Grande parte das águas de rios brasileiros é naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, ocorrência de altos índices pluviométricos e uso de práticas agrícolas muitas vezes inadequadas. Ao contrário da cor, que é causada por substâncias dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação. Em lagos e represas, onde a velocidade de escoamento da água é menor, a turbidez pode ser bastante baixa. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode também ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais. A turbidez natural das águas está,

geralmente, compreendida na faixa de 3 a 500 unidades. Para fins de potabilidade, a turbidez deve ser inferior a uma unidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006, p. 46).

No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, os valores de turbidez encontram-se abaixo do limite superior estabelecido pela legislação vigente em todos os meses da série analisada, devendo a companhia de saneamento tomar as providências necessárias para a manutenção de tal condição.

4.1.5 – Arcabouço legal e arranjo institucional da gestão

O conhecimento do arcabouço legal e do arranjo institucional é um aspecto fundamental a ser considerado no processo de planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas:

A dinâmica humana só é bem entendida se os temas relativos à demografia, condições de vida e economia forem interpretados de acordo com o significado das políticas atuais e passadas estabelecidas para a região de planejamento. Nesse âmbito, as ações legais propostas para a proteção ambiental devem ser analisadas. É importante identificar e avaliar a estrutura organizacional e normativa das instituições e das organizações civis, bem como suas expectativas frente à realidade planejada. É também necessário entender o sistema de cooperação institucional, social e os processos de parceria (SANTOS, 2004, p. 106).

4.1.5.1 – Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais

4.1.5.1.1 – Política de recursos hídricos do Estado de Minas Gerais

O desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais foi motivado basicamente por duas iniciativas institucionais, acompanhando a tendência nacional (IGAM, 2006, p. 66):

a) A criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais (CEEIBH-MG), em julho de 1979, por meio do Decreto Estadual n.º 19.947;

b) A promulgação da Lei Estadual n.º 11.504, em 20 de junho de 1994, que definiu a Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais.

Posteriormente, a Lei Estadual n.º 11.504/1994 foi revogada pela Lei Estadual n.º 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que definiu a nova Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH-MG) e criou o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Minas Gerais (SEGRH-MG), implementando mudanças importantes na gestão de recursos hídricos no estado.

No processo de adequação, a nova lei acrescentou instrumentos de gestão à política, ampliou as competências dos comitês de bacia hidrográfica e possibilitou a

equiparação de consórcios intermunicipais e associações de usuários às agências de bacia hidrográfica.

O objetivo principal da PERH-MG, conforme expresso em seu Artigo 2.º, é o de “assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água e de sua utilização em quantidade, qualidade e regime satisfatórios”. A lei, a fim de viabilizar o cumprimento do objetivo principal ao qual se propõe, assenta-se sobre fundamentos aceitos internacionalmente e muito próximos àqueles estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, expressos em seu Artigo 3.º. Esses fundamentos, dentre outros, são:

- O direito de acesso de todos aos recursos hídricos, com prioridade para o abastecimento público e a manutenção dos ecossistemas;
- O gerenciamento integrado dos recursos hídricos com vistas ao uso múltiplo;
- O reconhecimento dos recursos hídricos como bem natural de valor ecológico, social e econômico, cuja utilização deve ser orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável;
- A adoção da bacia hidrográfica, vista como sistema integrado que engloba os meios físico, biótico e antrópico, como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento;
- A prevenção dos efeitos adversos da poluição, das inundações e da erosão do solo;
- A compatibilização do gerenciamento dos recursos hídricos com o desenvolvimento regional e com a proteção do meio ambiente;
- O reconhecimento da unidade do ciclo hidrológico em suas três fases: superficial, subterrânea e meteórica;
- A gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- A descentralização da gestão dos recursos hídricos;
- A participação do poder público, dos usuários e das comunidades na gestão dos recursos hídricos.

Os postulados básicos da Lei Estadual n.º 13.199/1999 foram enumerados tendo como referência a legislação maior do Brasil no que se refere à gestão dos recursos hídricos, ou seja, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal n.º 9.433/1997).

De fato, a lei federal tem sido uma referência importante para a elaboração das legislações estaduais relativas à gestão dos recursos hídricos no Brasil.

A nova lei deu também ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH-MG) uma nova configuração, adequando e ampliando as suas competências. A lei conferiu ao Conselho as competências de deliberar sobre o enquadramento de cursos de água e de reconhecer os consórcios ou as associações intermunicipais de bacias hidrográficas e as associações de usuários.

Outro elemento importante na evolução da gestão de recursos hídricos em Minas Gerais foi a criação do Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (FHIDRO), através da Lei Estadual n.º 13.194/1999, com o objetivo de dar suporte financeiro a programas e projetos que promovam a racionalização do uso e a melhoria, em termos quantitativos e qualitativos, dos recursos hídricos estaduais superficiais e subterrâneos. O FHIDRO foi regulamentado pelo Decreto Estadual n.º 44.314/2006.

O FHIDRO constitui um elemento de fundamental importância para a gestão dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais, pois oferece o suporte financeiro necessário à execução da Política Estadual de Recursos Hídricos, ao desenvolvimento e à implementação do Plano Estadual de Recursos Hídricos e dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacia Hidrográficas e ao custeio e ao funcionamento do SERH/MG.

Leal (2000, p. 71, grifos do autor) ressalta que a aprovação da Lei Estadual n.º 7.663/1991, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo, “constituiu um importante passo para a democratização da gestão das águas paulistas e representou uma etapa da caminhada desenvolvida por diversos órgãos de Estado e entidades da sociedade civil para alterar a visão econômico-tecnista que imperava na gestão dos recursos hídricos estaduais e implantar um sistema sistêmico-representativo, fortemente marcado por três princípios: **descentralização, participação e integração**”. Guardadas as devidas especificidades de cada estado, estes mesmos princípios orientaram de forma clara e significativa a constituição da PERH-MG. Tais princípios assim se expressam:

- **Descentralização:** efetiva-se na divisão do Estado em Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs), nas quais se instalaram Comitês de Bacia Hidrográficas (CBHs) com atribuição de gerenciar seus recursos hídricos, atendendo às normas e às orientações da legislação pertinente;

- **Participação:** é garantida pela composição tripartite e paritária dos colegiados de decisão, nas diversas instâncias do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esses colegiados são compostos por representantes do Poder Público (Estado e municípios), usuários de recursos hídricos e sociedade civil organizada.

- **Integração:** deve existir entre os usuários, o poder público e as entidades civis que atuam ou se interessam pela gestão dos recursos hídricos mineiros. A integração também deve ser buscada no processo de gestão conjunta das águas superficiais e subterrâneas e dos aspectos quantitativos e qualitativos das águas, rompendo-se a divisão setorial entre os órgãos estatais relacionados aos diferentes aspectos que envolvem a problemática dos recursos hídricos, contribuindo para o desenvolvimento de uma visão de unicidade e de universalidade do ciclo hidrológico.

Com o objetivo de viabilizar a implementação da política hídrica, a Lei Estadual n.º 13.199/1999 estabeleceu como seus instrumentos de gestão: o Plano Estadual de Recursos Hídricos; os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas; o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os seus usos preponderantes; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos; o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo; e as penalidades. A seguir, são comentados os instrumentos de gestão da política hídrica mineira que são adotados também pela Política Nacional de Recursos Hídricos e que são aplicáveis de maneira mais direta na gestão dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas.

a) Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas

Os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas são instrumentos de gestão estabelecidos pela Política Estadual de Recursos Hídricos, tendo por objetivo a definição da agenda de recursos hídricos para as bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais, identificando ações, programas, projetos, obras e investimentos prioritários, devendo contar com a participação dos poderes públicos estadual e municipal, da sociedade civil e dos usuários, tendo em vista o desenvolvimento sustentável.

A Lei Estadual n.º 13.199/1999 definiu, em seu Artigo 11, o conteúdo mínimo dos Planos:

- I - Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica;
- II - Análise de opções de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificação dos padrões de ocupação do solo;
- III - Balanço entre disponibilidades e demandas atuais e futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- IV - Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- V - Medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados para o atendimento de metas previstas, com estimativas de custos;
- VI - Prioridade para outorga de direito de uso de recursos hídricos;
- VII - Diretrizes e critérios para cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- VIII - Propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção de recursos hídricos e de ecossistemas aquáticos.

Os planos de bacia são solicitados pelos comitês de bacia hidrográfica às suas respectivas agências, devendo considerar as diretrizes e os objetivos gerais contidos no Plano Estadual de Recursos Hídricos. Em Minas Gerais, diversos planos já haviam sido desenvolvidos mesmo antes da regulamentação legal. Assim, o Decreto Estadual n.º 41.578/2001 (Artigo 28) e a Lei Estadual n.º 13.199/1999 (Artigo 11), estabeleceram um conteúdo mínimo para os planos de bacia hidrográfica, indicando que a implementação dos planos já desenvolvidos ou em desenvolvimento deve ser efetivada, no que couber, pelos comitês de bacia hidrográfica.

IGAM (2006, p. 84) ressalta que o primeiro Plano elaborado em Minas Gerais foi o Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales do Jequitinhonha e Pardo (PLANVALE), desenvolvido entre os anos de 1993 e 1995, pela Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA), por meio da Fundação Rural Mineira (RURALMINAS). Com a instalação da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente (SRH/MMA), em 1995, houve um incentivo para a elaboração de planos de bacia hidrográfica. Em um arranjo institucional que tinha a coordenação geral da SRH/MMA, a coordenação executiva da SEAPA e a coordenação executiva do IGAM – ou antes dele, DRH -, diversos planos de bacia hidrográfica foram iniciados, alguns deles finalizados anos mais tarde.

Atualmente, segundo informações do sítio eletrônico do IGAM, o Estado de Minas Gerais conta com 14 planos concluídos, 12 planos em elaboração e cinco planos em contratação. Destaca-se o grande número de planos concluídos, em elaboração e em contratação em 2010 e 2011, o que indica que, em médio prazo, todas as bacias hidrográficas de rios de domínio estadual de Minas Gerais e seus respectivos comitês de bacia hidrográfica contarão com planos diretores para orientar o planejamento e a gestão de seus recursos hídricos. Todas as UPGRHs estão com os respectivos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas em contratação, em elaboração ou concluídos, não restando nenhuma UPGRH no Estado de Minas Gerais sem encaminhamento em relação aos planos.

Os dois CBHs cujas respectivas áreas de atuação incluem os municípios que abrangem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas (Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé) possuem seus Cadernos de Ações já concluídos

Os Cadernos de Ações constituem parte do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (2007-2010). O Plano foi elaborado como uma atualização do Plano elaborado anteriormente, referente ao período 2002-2006, a partir de celebração de contrato da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP) com a Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos (Fundação COPPETEC).

Além da elaboração do resumo do Plano de Recursos Hídricos atualizado, foi acordada também a preparação de “Cadernos de Ações” específicos para cada uma das nove sub-bacias hidrográficas, trechos da bacia ou bacias afluentes da bacia principal, correspondente à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, cujos municípios estão incluídos na área de atuação dos comitês acima referidos tem, em seus respectivos planos, portanto, a referência principal para a gestão de seus recursos hídricos.

Nos Cadernos de Ações não há nenhuma menção específica à Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas (apenas à barragem), que constitui uma sub-bacia hidrográfica relativamente pequena da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna. Ainda assim, os Cadernos apresentam orientações e diretrizes importantes para a gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé,

que podem e devem, evidentemente, pautar a gestão de recursos hídricos na bacia ora estudada.

Os dois Cadernos de Ações apresentaram uma série de medidas visando a melhoria quali-quantitativa dos recursos hídricos em suas respectivas áreas de atuação, que deveriam ter sido viabilizadas em termos financeiros por um Programa de Investimentos executado no período 2007-2010. As medidas dividem-se em sete áreas principais:

- A) Redução de cargas poluidoras;
- B) Aproveitamento e racionalização do uso de recursos hídricos;
- C) Drenagem urbana e controle de cheias;
- D) Planejamento de recursos hídricos;
- E) Projetos para ampliação da base de dados e informações;
- F) Plano de proteção de mananciais e sustentabilidade no uso do solo;
- G) Ferramentas de construção da gestão participativa.

As Tabelas 9 e 10 apresentam, respectivamente, as ações e os valores previstos para serem investidos no período 2007-2010 pelos dois comitês nos municípios que abrangem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas.

b) Enquadramento dos corpos de água em classes segundo seus usos preponderantes

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os seus usos preponderantes, tem dois objetivos básicos, conforme expresso no Artigo 16 da Lei Estadual n.º 13.199/1999: I) assegurar qualidade de água compatível com os usos mais exigentes; II) diminuir os custos de combate à poluição da água, mediante ações preventivas permanentes.

As classes de enquadramento, conforme o Artigo 16 da PERH-MG, deverão ser estabelecidas por legislações ambientais federais e estaduais, conforme a dominalidade dos cursos de água (federal ou estadual, respectivamente).

Tabela 9 – Investimentos do CBH-Preto e Paraibuna nos municípios que abrangem a BHRCDU (2007-2010)									
Custos (R\$)									
Ação	Município	Levantamento aerofotogramétrico e topográfico	Projeto básico	EIA/ RIMA	Gerenciamento	Editais de licitação/ Termo de referência	Total		
Implantação de sistema de esgotamento sanitário – Tratamento primário (Fase 1)	Ewbank da Câmara	49.639,00	48.191,00	25.000,00	8.433,00	43.022,00	174.285,00		
Implantação de sistema de esgotamento sanitário – Tratamento secundário (Fase 1)	Ewbank da Câmara	49.639,00	54.934,00	25.000,00	9.613,00	43.022,00	182.208,00		
Ação	Município	Projeto executivo	Gerenciamento	Implementação do sistema	Supervisão	Comunicação social	Total (R\$)		
Implantação de sistema de esgotamento sanitário – Tratamento primário (Fase 2)	Ewbank da Câmara	24.095,00	25.300,00	2.409.571,00	60.239,00	31.200,00	2.550.405,00		
Implantação de sistema de esgotamento sanitário – Tratamento secundário (Fase 2)	Ewbank da Câmara	27.467,00	28.841,00	2.746.733,00	68.668,00	31.200,00	2.902.909,00		
Ação	Município	Levantamento aerofotogramétrico e topográfico	Projeto básico	EIA/ RIMA	Gerenciamento	Cadastros/Controle de perdas	Editais de licitação/ Termo de referência	Total	
Melhoria do sistema de abastecimento de água (Fase 1)	Ewbank da Câmara	46.504,00	19.333,00	25.000,00	2.243,00	157.878,00	43.022,00	293.980,00	
Ação	Município	Projeto executivo	Gerenciamento	Implementação do sistema	Supervisão	Capacitação das instalações	Comunicação social	Total	
Melhoria do sistema de abastecimento de água (Fase 2)	Ewbank da Câmara	9.667,00	2.243,00	320.488,00	14.014,00	22.914,00	31.200,00	400.526,00	
Ação	Município	Código da ANA							
Instalação de estação telemétrica remota no Rio Paraibuna em Chapéu D’Uvas	Ewbank da Câmara	58470000							

Fonte: COPPETEC (2006, p. 25-28, p. 40-41 e p. 72).

Tabela 10 – Investimentos do COMPÉ nos municípios que abrangem a BHRCDU (2007-2010)

Ação	Sistemas (Município de Santos Dumont)	Custos (R\$)					Total (R\$)
		Levantamento aerofotogramétrico e topográfico	Projeto básico	EIA/ RIMA	Gerenciamento	Editais de licitação/ Termo de referência	
Implantação de sistema de esgotamento sanitário – Tratamento primário (Fase 1)	Santos Dumont (sede)	359.695,00	210.510,00	50.000,00	36.839,00	65.632,00	722.676,00
	Conceição do Formoso	10.600,00	14.500,00	25.000,00	1.787,00	28.000,00	79.887,00
	Dores do Paraibuna	10.600,00	14.500,00	25.000,00	1.625,00	28.000,00	79.725,00
	Mantiqueira	10.600,00	14.500,00	25.000,00	1.625,00	28.000,00	79.725,00
	São João da Serra	10.600,00	14.500,00	25.000,00	1.625,00	28.000,00	79.725,00
Implantação de sistema de esgotamento sanitário – Tratamento secundário (Fase 1)	Santos Dumont (sede)	359.695,00	258.436,00	50.000,00	45.226,00	65.632,00	778.989,00
	Conceição do Formoso	10.600,00	14.500,00	25.000,00	1.987,00	32.494,00	84.581,00
	Dores do Paraibuna	10.600,00	14.500,00	25.000,00	1.625,00	32.594,00	84.319,00
	Mantiqueira	10.600,00	14.500,00	25.000,00	1.625,00	28.000,00	79.725,00
	São João da Serra	10.600,00	14.500,00	25.000,00	1.625,00	30.803,00	82.528,00
Ação	Sistemas (Município de Santos Dumont)	Projeto executivo	Gerenciamento	Implementação do sistema	Supervisão	Comunicação social	Total (R\$)
Implantação de sistema de esgotamento sanitário – Tratamento primário (Fase 2)	Santos Dumont (sede)	105.255,00	110.518,00	10.525.508,00	263.137,00	321.173,00	11.325.591,00
	Conceição do Formoso	14.500,00	5.362,00	510.672,00	12.766,00	10.500,00	553.800,00
	Dores do Paraibuna	14.500,00	4.875,00	327.174,00	12.000,00	10.500,00	369.049,00
	Mantiqueira	14.500,00	4.875,00	200.000,00	12.000,00	10.500,00	241.875,00
	São João da Serra	14.500,00	4.875,00	228.321,00	12.000,00	10.500,00	270.196,00
Implantação de sistema de esgotamento sanitário – Tratamento secundário (Fase 2)	Santos Dumont (sede)	129.218,00	135.679,00	12.921.800,00	323.045,00	321.173,00	13.830.915,00
	Conceição do Formoso	14.500,00	5.962,00	567.794,00	14.194,00	10.500,00	612.950,00
	Dores do Paraibuna	14.500,00	4.875,00	375.252,00	12.000,00	10.500,00	417.127,00
	Mantiqueira	14.500,00	4.875,00	200.000,00	12.000,00	10.500,00	241.875,00
	São João da Serra	14.500,00	4.875,00	259.209,00	12.000,00	10.500,00	301.084,00
Ações	Município	Produção (ton./dia)	Índice (IQR)	Serviços iniciais	Coleta	Aterro sanitário	Recuperação de áreas
Coleta e disposição de resíduos sólidos urbanos	Santos Dumont	20,2	521.872	1.267.452	767.519	369.423	2.962.267

Tabela 10 – Investimentos do COMPÉ nos municípios que abrangem a BHRCDU (2007-2010)								
Ação	Sistemas (Município de Santos Dumont)	Custos (R\$)						Total
		Levantamento aerofotogramétrico e topográfico	Projeto básico	EIA/RIMA	Gerenciamento	Cadastros/ Controle de perdas	Editais de licitação/ Termo de referência	
Melhoria do sistema de abastecimento de água (Fase 1)	Santos Dumont (sede)	336.976,00	36.625,00	50.000,00	12.819,00	623.274,00	65.632,00	1.125.326,00
	Conceição do Formoso	10.600,00	19.333,00	25.000,00	1.718,00	75.774,00	32.494,00	164.919,00
	Dores do Paraibuna	10.600,00	19.333,00	25.000,00	1.050,00	76.325,00	32.594,00	164.902,00
	Mantiqueira	10.600,00	19.333,00	25.000,00	1.050,00	54.171,00	28.000,00	138.154,00
	São João da Serra	10.600,00	19.333,00	25.000,00	1.050,00	67.069,00	30.803,00	153.855,00
Ação	Município	Projeto executivo	Gerenciamento	Implementação do sistema	Supervisão	Capacitação das instalações	Comunicação social	Total
Melhoria do sistema de abastecimento de água (Fase 2)	Santos Dumont (sede)	18.313,00	12.819,00	1.831.297,00	45.782,00	177.037,00	321.173,00	2.406.421,00
	Conceição do Formoso	9.667,00	1.719,00	245.534,00	15.063,00	22.500,00	10.600,00	305.083,00
	Dores do Paraibuna	9.667,00	1.050,00	150.000,00	16.400,00	22.500,00	10.600,00	210.217,00
	Mantiqueira	9.667,00	1.050,00	150.000,00	16.400,00	22.500,00	10.600,00	210.217,00
	São João da Serra	9.667,00	1.050,00	150.000,00	16.400,00	22.500,00	10.600,00	210.217,00
Ações	Município	Curso de água	F.M.P. (km)					
Delimitação e demarcação de faixas marginais de proteção	Santos Dumont	Ribeirão das Posses	7,0					
Ações	Município	Área urbana (km²)	Custo (R\$)					
Elaboração de Plano Diretor de Drenagem Urbana	Santos Dumont	14,5	850.000,00					
Fonte: COPPETEC (2006, p. 35-46, p. 50, p. 58-63, p. 70 e p. 78).								

Fonte: COPPETEC (2006, p. 35-46, p. 50, p. 58-63, p. 70 e p. 78).

O enquadramento dos corpos de água no Estado de Minas Gerais teve início em 1993, quando a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) desenvolveu estudos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Velhas, Paraopeba, Verde, Paraibuna e Pará. Com a promulgação da PERH/MG o enquadramento dos corpos de água tornou-se um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos e passou a ser competência do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

Assim, o enquadramento dos corpos de água em Minas Gerais era realizado, entre os anos de 1993 e 1998, pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) e oficializado por deliberação do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). O Decreto Estadual n.º 41.578/01, que regulamenta a Lei Estadual n.º 13.199/99, estabeleceu que os critérios e as normas do enquadramento devem ser objeto de deliberação conjunta entre o CERH-MG e o COPAM, bem como conferiu ao IGAM a tarefa de oferecer apoio técnico ao CERH-MG para o exercício de suas competências, especialmente no que diz respeito aos instrumentos de gestão.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (IGAM, 2006, p. 89) ressalta que é pouco provável que o desaceleramento das solicitações de enquadramento de corpos de águas em Minas tenha uma causa na mudança da legislação. O primeiro corpo de água mineiro enquadrado por deliberação normativa do COPAM foi o Córrego Mingu, afluente da margem direita do Rio das Velhas e de fundamental importância para a comunidade do Município de Rio Acima. O Córrego Mingu foi enquadrado em 1993, através da Deliberação Normativa COPAM n.º 05, de 22 de dezembro.

Após o Mingu, os processos de enquadramento seguintes foram de bacias hidrográficas. Entre os anos de 1994 e 1998, seis bacias hidrográficas tiveram suas águas enquadradas. Contudo, em nenhuma das bacias o enquadramento foi efetivado em sua fase operativa. Entre 1998 e 2004 nenhuma bacia teve o enquadramento de seus cursos de água normalizado (IGAM, 2006, p. 89).

Em 2004, com a elaboração do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, foi realizado o re-enquadramento dos corpos de água da bacia. Por meio da elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu, datado de 2006, o IGAM resgatou, de maneira mais consistente e contínua, a aplicação do enquadramento como instrumento de gestão de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais, desenvolvendo inclusive uma metodologia própria para o enquadramento das águas desta bacia com a participação do CBH-Paracatu.

Além da legislação federal de enquadramento das águas do Rio Paraibuna, a Deliberação Normativa COPAM n.º 16, de 24 de setembro de 1996, dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna. A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas constitui uma sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, razão pela qual os seus cursos de água encontram-se enquadrados segundo a referida legislação. São eles:

1) Sub-bacia do Córrego São José:

• Trecho 1 - Córrego São José, das nascentes até a confluência com o Rio Paraibuna.....Classe Especial

2) Sub-bacia do Córrego Zíper ou Zipê:

• Trecho 2 - Córrego Zíper ou Zipê, das nascentes até o ponto de captação de água do Distrito de Nova Dores do Paraibuna.....Classe Especial

A deliberação estabelece ainda que os demais afluentes ou trechos de afluentes do Rio Paraibuna, localizados pelo trecho em que nele deságuam, ficam enquadrados, entre as nascentes do Rio Paraibuna e a sua confluência com o Córrego São José, na classe especial.

c) Outorga de direito de uso de recursos hídricos

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um instrumento de gestão que tem por objetivo, conforme expressa o Artigo 17 da PERH-MG, “assegurar os controles quantitativos e qualitativos dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”.

O Artigo 18 da PERH-MG estabelece os usos sujeitos à outorga de direito de uso de recursos hídricos concedida pelo poder público, independentemente da natureza pública ou privada dos usuários:

I) As acumulações, as derivações ou a captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, até para abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II) A extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III) O lançamento, em corpo de água, de esgotos e demais efluentes líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV) O aproveitamento de potenciais hidrelétricos;

V) Outros usos e ações que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

O Artigo 19 da PERH-MG estabelece que a outorga deve respeitar as prioridades de uso estabelecidas nos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte hidroviário, quando for o caso. Além disso, a outorga deverá levar em conta a necessidade e se preservar o uso múltiplo e racional das águas, devendo efetivar-se por meio de ato do IGAM.

IGAM (2006, p. 91) ressalta que a emissão de outorgas tem sido um desafio no Estado de Minas Gerais. Em muitos casos, a prática antecedeu a norma, fazendo com que muitas outorgas fossem de fato concedidas antes mesmo da promulgação da PERH/MG. Assim, em função da necessidade da continuidade do processo de outorgas, iniciado bem antes da implementação da política de gestão das águas, ainda com o antigo DAE, e considerando também a falta de informações mais detalhadas sobre os usos e usuários das águas, o Estado de Minas Gerais fez uma opção mais restritiva em relação a outros estados para a emissão das outorgas: limitou em 30% da vazão $Q_{7,10}$ por corpo de água, através da Portaria IGAM n.º 10/1998.

Os critérios utilizados para análise dos processos estão disciplinados pela Portaria IGAM n.º 10/1998, que fixa, nos parágrafos 2.º e 3.º do Artigo 8.º, em 30% da $Q_{7,10}$ o limite máximo de derivações de usos consuntivos, a serem outorgados na porção da bacia hidrográfica delimitada, ficando garantido, à jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% da $Q_{7,10}$. Quando o curso de água for regularizado, o limite de outorga poderá ser superior a 30% da $Q_{7,10}$, aproveitando o potencial de regularização, desde que seja garantido um fluxo residual mínimo à jusante, equivalente a 70% da mesma vazão de referência.

Com a evolução dos cadastros de usuários e dos próprios planos diretores, o IGAM tem estudado a revisão do critério atual, avaliando a possibilidade da adoção de diferenciações dos volumes outorgáveis por região do Estado (IGAM, 2006, p. 91).

Outro aspecto em que a prática demandou a normatização foi a necessidade de definição dos usos insignificantes. O uso insignificante é atualmente regulamentado pela Deliberação Normativa CERH/MG n.º 09/2004, que define os limites de 1 l/s e 5.000 m³ para captações superficiais e acumulações superficiais, respectivamente, exceto nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos SF6, SF7, SF8, SF9, SF10, JQ1, JQ2, JQ3, PA1, MU1, Rio Jucuruçu e Rio Itanhém, nas quais estes limites são

alterados para 0,5 l/s e 3000 m³, respectivamente, em função da significativa variação da disponibilidade hídrica. As captações subterrâneas serão consideradas insignificantes quando se tratarem de poços manuais, surgências ou cisternas com volume menor ou igual a 10 m³/dia.

Quanto aos usos para diluição de efluentes, os critérios estão em discussão e estes ainda não estão sendo outorgados.

Em relação aos dois comitês cuja área de atuação inclui os municípios que abrangem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, o PS1, através da Deliberação CBH-Preto e Paraibuna n.º 07/2007, definiu os usos dos recursos hídricos considerados insignificantes na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, cumprindo uma das exigências elencadas pela Deliberação CBH-Preto e Paraibuna n.º 05/2007 para a implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio estadual na bacia. A Deliberação definiu os seguintes usos como insignificantes:

- As captações e derivações de águas superficiais, de domínio do Estado de Minas Gerais, realizadas na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, menores ou iguais a 1 litro/segundo;

- As acumulações superficiais das águas de domínio do Estado de Minas Gerais, realizadas na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, com volume máximo de 5.000 m³;

As captações subterrâneas, tais como poços manuais, surgências e cisternas, das águas de domínio do Estado de Minas Gerais, realizadas na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, com volume menor ou igual a 10 m³/dia.

d) Cobrança pelo uso de recursos hídricos

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é um instrumento de gestão que tem como objetivos: reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; incentivar a racionalização do uso da água; obter recursos financeiros para o financiamento de programas e intervenções incluídos nos planos de recursos hídricos; incentivar o aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos e o rateio dos custos das obras executadas par esse fim; proteger as águas contra ações que possam comprometer os seus usos atuais e futuros; promover a defesa contra eventos críticos, que ofereçam riscos à saúde e à segurança públicas e causem prejuízos econômicos ou sociais; incentivar a melhoria do gerenciamento dos recursos hídricos nas respectivas bacias

hidrográficas; promover a gestão descentralizada e integrada em relação aos demais recursos naturais; disciplinar a localização dos usuários, buscando a conservação dos recursos hídricos, de acordo com sua classe preponderante de uso; e promover o desenvolvimento do transporte hidroviário e seu aproveitamento econômico (Artigo 24 da PERH-MG, Parágrafo único).

O Artigo 23 da PERH/MG define que serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos à outorga nos termos do Artigo 18, ao passo que o Artigo 24 define que está sujeito à cobrança aquele que utilizar, consumir ou poluir recursos hídricos, segundo as peculiaridades de cada bacia hidrográfica. O Artigo 26 estabelece que a cobrança será implantada de forma gradativa e não recairá sobre os usos considerados insignificantes.

O Artigo 25 define os aspectos a serem considerados no cálculo e na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos, com a possibilidade de acrescentar outros: nas derivações, nas captações e nas extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação; nos lançamentos de esgotos domésticos e demais efluentes líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do efluente; a natureza e as características do aquífero; a classe de uso preponderante em que esteja enquadrado o corpo de água no local do uso ou da derivação; a localização do usuário na bacia; as características e o porte da utilização; a disponibilidade e o grau de regularização da oferta hídrica local; a proporcionalidade da vazão outorgada e do uso consultivo em relação à vazão outorgável; e o princípio de tarifação progressiva em razão do consumo.

Finalmente, o Artigo 28 da PERH-MG define que os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados na bacia hidrográfica na qual foram gerados, e serão utilizados: I) no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica; II) no pagamento de despesas de monitoramento dos corpos de água e custeio dos órgãos e entidades integrantes do SEGRH-MG, na sua fase de implantação.

A cobrança pelo uso da água em rios de domínio do Estado foi regulamentada por meio do Decreto Estadual n.º 44.046, de 13 de junho de 2005. O Artigo 5.º vincula a cobrança à existência de agência de bacia ou entidade a ela equiparada, à definição dos usos insignificantes e à aprovação pelo CERH-MG da proposta de cobrança encaminhada pelo CBH.

A experiência de cobrança pelo uso de recursos hídricos ocorre de forma pioneira no Estado de Minas Gerais na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, por incidir pela

primeira vez em rios de domínio da União. O processo de implementação da cobrança iniciou-se em 2001, tendo sido aprovado através da Resolução CNRH n.º 27, de 29 de novembro de 2002. A proposta partiu de iniciativa conjunta entre a ANA e a CEIVAP. Já em 2003 iniciou-se efetivamente a cobrança pelo uso da água na bacia. Também o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (CBH-PCJ), outro comitê federal, tem a cobrança pelo uso de recursos hídricos já implementada, conforme Resolução CNRH n.º 52, de 28 de novembro de 2005.

Os dois comitês cujas respectivas áreas de atuação abrangem os municípios que compõem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas já deram início ao processo de implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos.

No caso do PS1, a Deliberação CBH-Preto e Paraibuna n.º 04/2006 estabeleceu o ano de 2007 para o início da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio estadual na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. Já a Deliberação CBH-Preto e Paraibuna n.º 05/2007 dispõe sobre o cronograma para a implantação da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio estadual na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, tendo redefinido o início da cobrança para o ano de 2008. O Parágrafo 2.º do Artigo 1.º da Deliberação estabeleceu que o início da cobrança deveria ser precedido pela comprovação junto ao CERH-MG do pleno cumprimento dos seguintes itens:

I - Cadastro de usuários das águas de corpos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais, nas sub-bacias dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna, integrantes da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul;

II - Definição pelo CBH-Preto e Paraibuna dos usos considerados insignificantes para a Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna;

III - Definição pelo CBH-Preto e Paraibuna da metodologia e dos valores de cobrança pelo uso da água, conforme os usos previstos em Lei;

IV - Ampla divulgação dos critérios, mecanismos e fórmulas de cálculo da cobrança nos municípios das sub-bacias dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna, de domínio do Estado de Minas Gerais, integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul;

V – Assinatura do Contrato de Gestão com a Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), indicada para Agência de Bacia do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna.

Já no caso do COMPÉ, a Deliberação CBH-Pomba e Muriaé n.º 04/2006 aprovou a implantação da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio estadual na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé a partir do ano de 2007. Já a Deliberação COMPÉ n.º 09/2007 dispõe sobre a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio estadual na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. O Parágrafo 1.º do Artigo 1.º da Deliberação estabeleceu que o início da cobrança deveria ser precedido pela comprovação junto ao CERH-MG do pleno cumprimento dos seguintes itens:

I - Cadastro de usuários das águas de corpos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais, nas sub-bacias dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé, integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul;

II - Ampla divulgação dos critérios, mecanismos e fórmulas de cálculo da cobrança nos municípios das sub-bacias nas sub-bacias dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé de domínio do Estado de Minas Gerais, integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

O Artigo 2.º estabeleceu que os mecanismos, valores propostos e demais condições da cobrança pelo uso de recursos hídricos são os fixados pelo Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), através da Deliberação n.º 65, de 28 de setembro de 2006, e da Deliberação n.º 70, de 19 de outubro de 2006, aprovadas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Apesar das resoluções acima referidas terem estabelecido datas para a implantação da cobrança, não é possível encontrar, nos sítios eletrônicos do IGAM e dos respectivos comitês, qualquer informação relativa à efetividade da implantação desse instrumento em suas respectivas áreas de atuação, valores cobrados, arrecadados e aplicados em projetos e relação de usuários de recursos hídricos sujeitos à cobrança.

4.1.5.1.2 – Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais

O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Minas Gerais (SEGRH-MG) foi criado pela Lei Estadual n.º 13.199/1999. Em seu Artigo 32, a PERH-MG define os objetivos do Sistema, quais sejam: coordenar a gestão integrada e descentralizada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos; planejar, regular, coordenar e controlar o uso, a preservação e a recuperação de recursos hídricos do Estado; promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

O Artigo 33 define os órgãos que integram o SEGRH-MG. São eles: a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), os comitês de bacia hidrográfica; os órgãos e as entidades dos poderes estadual e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; as agências de bacia hidrográfica.

A seguir, comenta-se de forma mais detalhada a estrutura e o funcionamento do SEGRH-MG.

a) Órgão central coordenador:

O Artigo 40 da PERH-MG define a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável como o órgão central coordenador do SEGRH-MG. A atual organização da SEMAD foi definida pelo Decreto Estadual n.º 45.824, de 20 de dezembro de 2011.

As competências do órgão central coordenador do SEGRH/MG são definidas no Artigo 40 da PERH-MG: aprovar a programação do gerenciamento de recursos hídricos elaborada pelos órgãos e pelas entidades sob sua supervisão e coordenação; encaminhar à deliberação do CERH-MG propostas do Plano Estadual de Recursos Hídricos e de suas modificações elaborados com base nos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas de Recursos Hídricos; fomentar a captação de recursos para financiar as ações e atividades do Plano Estadual de Recursos Hídricos, supervisionar e coordenar a sua aplicação; prestar orientação técnica aos municípios relativamente a recursos hídricos, por intermédio de seus órgãos e entidades; acompanhar e avaliar o

desempenho do SEGRH-MG; zelar pela manutenção da política de cobrança pelo uso da água, observadas as disposições constitucionais e legais aplicáveis.

b) Órgão deliberativo e normativo central:

O Artigo 41 da PERH-MG definiu o Conselho Estadual de Recursos Hídricos como o órgão deliberativo e normativo central do SEGRH-MG. O Conselho foi criado através do Decreto Estadual n.º 26.961, de 28 de abril de 1987.

As competências do Conselho são definidas no mesmo Artigo 41: estabelecer os princípios e as diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos a serem observados pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos e pelos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas; aprovar proposta do Plano Estadual de Recursos Hídricos, na forma estabelecida nesta Lei; decidir os conflitos entre comitês de bacia hidrográfica; atuar como instância de recurso nas decisões dos comitês de bacia hidrográfica; deliberar sobre projetos de aproveitamento de recursos hídricos que extrapolem o âmbito do comitê de bacia hidrográfica; estabelecer os critérios e as normas gerais para a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; estabelecer os critérios e as normas gerais sobre a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos; aprovar a instituição de comitês de bacia hidrográfica; reconhecer os consórcios ou as associações intermunicipais de bacia hidrográfica ou as associações regionais, locais ou multissetoriais de usuários de recursos hídricos; deliberar sobre o enquadramento dos corpos de água em classes, em consonância com as diretrizes do Conselho Estadual de Política Ambiental e de acordo com a classificação estabelecida na legislação ambiental; exercer outras ações, atividades e funções estabelecidas em lei ou regulamento, compatíveis com a gestão de recursos hídricos do Estado ou de sub-bacias de rios de domínio da União cuja gestão lhe tenha sido delegada.

O Artigo 34 da PERH-MG estabelece que o CERH-MG é composto por: I) representantes do poder público, de forma paritária entre o Estado e os municípios; II) representantes dos usuários e de entidades da sociedade civil ligadas aos recursos hídricos, de forma paritária com o poder público. O Parágrafo único do mesmo artigo estabelece que a presidência do CERH-MG deverá ser exercida pelo titular da SEMAD.

c) Órgão gestor:

O Artigo 42 da PERH-MG definiu o Instituto Mineiro de Gestão das Águas como o órgão gestor do SEGRH-MG. O IGAM foi criado pela Lei Estadual n.º 12.584, de 17 de julho de 1997, em substituição ao Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (DRH-MG).

O Artigo 42 definiu também as competências do Instituto: superintender o processo de outorga e de suspensão de direito de uso de recursos hídricos, nos termos desta lei e dos atos baixados pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos; gerir o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos e manter atualizados, com a cooperação das unidades executivas descentralizadas da gestão de recursos hídricos, os bancos de dados do sistema; manter sistema de fiscalização de uso das águas da bacia, com a finalidade de capitular infrações, identificar infratores e representá-los perante os órgãos do sistema competentes para a aplicação de penalidades, conforme dispuser o regulamento; exercer outras ações, atividades e funções estabelecidas em lei, regulamento ou decisão do CERH-MG, compatíveis com a gestão de recursos hídricos.

d) Órgãos deliberativos e normativos em sua área territorial de atuação

Os órgãos deliberativos e normativos em sua área territorial de atuação correspondem aos comitês de bacia hidrográfica.

O Artigo 43 da PERH-MG definiu os comitês de bacia hidrográfica (CBHs) como órgãos deliberativos e normativos em sua área territorial de atuação. O Artigo 36 estabelece que os comitês deverão ser compostos por: I) representantes do poder público, de forma paritária entre o Estado e os municípios que integram a bacia hidrográfica; representantes de usuários e de entidades da sociedade civil ligadas aos recursos hídricos, com sede ou representação na bacia hidrográfica, de forma paritária com o poder público.

A Deliberação Normativa CERH-MG n.º 04, de 18 de fevereiro de 2002, estabeleceu as diretrizes para a formação e o funcionamento dos CBHs no Estado de Minas Gerais. A Deliberação estabelece, em seu Artigo 3.º, as seguintes competências dos comitês: I - arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos originados na sua área de atuação; II - aprovar o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia ou região hidrográfica; III- submeter, obrigatoriamente, os

Planos Diretores de Recursos Hídricos à audiência pública; IV - desenvolver e apoiar iniciativas em educação ambiental em consonância com a Lei Federal n.º 9795/1999 que institui a Política Nacional de Educação Ambiental.

O Artigo 43 da PERH-MG também definiu as competências dos CBHs, dentre as quais se destacam: arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados com os recursos hídricos; aprovar os Planos Diretores de Recursos Hídricos das bacias hidrográficas e seus respectivos orçamentos; aprovar planos de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos; aprovar a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos para empreendimentos de grande porte e com potencial poluidor; estabelecer critérios e normas e aprovar os valores propostos para cobrança pelo uso de recursos hídricos; definir, de acordo com critérios e normas estabelecidos, o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo, relacionados com recursos hídricos; deliberar sobre proposta para o enquadramento dos corpos de água em classes de usos preponderantes, com o apoio de audiências públicas, assegurando o uso prioritário para o abastecimento público; aprovar o orçamento anual de agência de bacia hidrográfica na sua área de atuação; aprovar a formação de consórcios intermunicipais e de associações regionais, locais e multissetoriais de usuários na área de atuação da bacia, bem como estimular ações e atividades de instituições de ensino e pesquisa e de organizações não governamentais, que atuem em defesa do meio ambiente e dos recursos hídricos na bacia.

e) Agências de bacia hidrográfica

As agências de bacia hidrográfica ou as entidades a elas equiparadas atuam como unidades executivas descentralizadas de apoio aos respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica, respondem pelo seu suporte administrativo, técnico e financeiro e têm a competência de implementar, executar e monitorar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos em sua área de atuação (Artigo 38 da PERH-MG).

O Artigo 44 da PERH-MG estabelece que a agência da bacia hidrográfica tem a mesma área de atuação de um ou mais comitês de bacias hidrográficas. O Parágrafo único do mesmo artigo estabelece que a criação de agência de bacia hidrográfica deverá ser autorizada pelo CERH-MG, mediante solicitação de um ou mais comitês de bacias hidrográficas.

O Parágrafo 2.º do Artigo 36 estabelece que os consórcios ou as associações intermunicipais de bacias hidrográficas, bem como as associações regionais e multissetoriais de usuários de recursos hídricos, legalmente constituídos, poderão ser equiparados às agências de bacia hidrográficas, para os efeitos da PERH-MG e por ato do CERH-MG, para o exercício de funções, competências e atribuições a elas inerentes, a partir de propostas fundamentadas dos comitês de bacias hidrográficas competentes.

O Artigo 45 da PERH-MG define as competências das agências de bacia hidrográfica e das entidades a elas equiparadas, dentre as quais se destacam: manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação; manter atualizado o cadastro de usos e de usuários de recursos hídricos; efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos; acompanhar a administração financeira dos valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos; gerir o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação; promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação; elaborar ou atualizar o Plano Diretor de Recursos Hídricos e submetê-lo à apreciação dos comitês de bacias hidrográficas que atuem na mesma área; propor ao comitê de bacia hidrográfica: a) o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos; b) os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos; c) o plano de aplicação dos valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos; d) o rateio do custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo; promover o monitoramento sistemático da quantidade e da qualidade das águas da bacia; gerenciar os recursos financeiros gerados pela cobrança pelo uso dos recursos hídricos da bacia e outros estipulados em lei; promover a capacitação de recursos humanos para o planejamento e o gerenciamento de recursos hídricos da bacia hidrográfica, de acordo com programas e projetos aprovados pelo comitê.

f) Entidades dos poderes estadual e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos

O Parágrafo único do Artigo 33 estabelece que o Poder Executivo deverá disciplinar, mediante decreto, as atribuições dos órgãos e entidades da administração pública estadual incumbidos de exercer ações ou atividades relacionadas com a gestão de recursos hídricos.

4.1.5.2 – Divisão hidrográfica do Estado de Minas Gerais: Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs)

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos, através da Resolução CNRH n.º 32, de 15 de outubro de 2003, instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional, com a finalidade de estabelecer uma base organizacional que adotasse a bacia hidrográfica como a unidade de gerenciamento de recursos hídricos para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O Parágrafo único do Artigo 1.º da referida resolução definiu a região hidrográfica como “o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos”.

O Estado de Minas Gerais abrange áreas de quatro Regiões Hidrográficas Nacionais, que assim se distribuem pelo seu território (IGAM, 2006, p. 23):

- Região Hidrográfica do São Francisco (RHSF): cobre 40% do território estadual;
- Região Hidrográfica do Paraná (RHPR): cobre 27% do território estadual;
- Região Hidrográfica do Atlântico Leste (RHAL): cobre 17% do território estadual;
- Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste (RHAS): cobre 16% do território estadual.

O IGAM, a partir das quatro Regiões Hidrográficas Nacionais parcialmente inseridas no território do Estado de Minas Gerais, definiu uma subdivisão que resultou na delimitação de 17 bacias hidrográficas para fins de planejamento e gestão. Essas 17 bacias hidrográficas caracterizam-se por apresentar seus principais cursos de água nascendo prioritariamente no Estado de Minas Gerais e, posteriormente, transpõem os seus limites, devendo ser considerados, portanto, como rios de domínio da União, conforme estabelecido pela Resolução ANA n.º 399, de 22 de julho de 2004.

Como já exposto neste trabalho, a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas é uma sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, que por sua vez constitui uma sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do

Sul. Assim, considerando-se a divisão hidrográfica do Estado de Minas Gerais, a bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas está inserida na Região Hidrográfica Nacional Atlântico Sudeste e, mais especificamente, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul em Minas Gerais, uma das 17 bacias hidrográficas delimitadas pelo IGAM, estende-se também pelos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, cobrindo 3,5% do território do Estado de Minas Gerais.

Posteriormente, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, através da Deliberação Normativa CERH n.º 06, de 04 de outubro de 2002, estabeleceu a divisão das 17 bacias hidrográficas definidas pelo IGAM em Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs). As UPGRHs são identificadas por siglas que remetem à denominação das 17 bacias hidrográficas federais nas quais estão inseridas.

As UPGRHs são importantes unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos na medida em que elas:

- Orientam o planejamento, a estruturação e a formação de comitês de bacia hidrográfica;
- Subsidiaram a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos, dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, de programas de desenvolvimento e de estudos regionais;
- Subsidiaram a implantação dos demais instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos e a gestão descentralizada de recursos hídricos.

Depois de algumas alterações sofridas pelo anexo da referida resolução no que tange à delimitação de algumas unidades e à criação de outras, atualmente o Estado de Minas Gerais encontra-se subdividido em 36 UPGRHs. A Figura 33 mostra a delimitação das UPGRHs do Estado de Minas Gerais.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul foi subdividida em duas UPGRHs: a UPGRH dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna (PS1) e a UPGRH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé (PS2). As Figuras 34 e 35 apresentam, respectivamente, a delimitação das UPGRHs PS1 e PS2.

A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas localiza-se na área de contato dessas duas unidades e, portanto, na área de atuação de seus respectivos comitês. A bacia está inserida no território dos municípios de Antônio Carlos, Ewbank

da Câmara e Santos Dumont. Sendo assim, o Município de Ewbank da Câmara foi incluído no Caderno de Ações do CBH-Preto e Paraibuna (PS1), ao passo que o Município de Santos Dumont foi incluído no Caderno de Ações do CBH-Pomba e Muriaé (COMPÉ, ex-PS2).

Quando da elaboração dos Cadernos de Ações dos organismos de bacias com atuação na área da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, realizada pelo Laboratório de Hidrologia e Estudos da Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos (COPPETEC) por solicitação da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), constatou-se que inúmeros municípios integrariam formalmente mais de um município ou associação. Nesses casos, como não teria sentido um município constar em mais de um desses documentos, foi consensualmente acordado entre as organizações envolvidas que deveria ser empregado o critério da “mancha urbana”.

Segundo esse critério, o município integrante de duas organizações constaria apenas do Caderno de Ações em que estiver inserida a sua mancha urbana. Cabe ressaltar que esse critério visa atender apenas à elaboração do plano de ações, pois não existe um caráter de exclusão dos municípios que estão nesta situação, impedindo-os de participar de mais de um comitê. Na verdade, esses municípios podem participar dos dois comitês e concorrer aos recursos financeiros arrecadados nas duas regiões. É o que ocorre na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. A mancha urbana de Ewbank da Câmara localiza-se na área de atuação do PS1, ao passo que a mancha urbana de Santos Dumont está dentro dos limites da área de atuação do COMPÉ (ex-PS2). Já o Município de Antônio Carlos, no qual se localiza a nascente do Rio Paraibuna e o alto curso de sua bacia, nem mesmo possui mancha localizada dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Assim, apesar de não ter sido incluído no Caderno de Ações de nenhum dos dois comitês referidos, a porção de seu território que contém a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas e, portanto, da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, é reconhecida como parte integrante da área de atuação destes dois comitês.

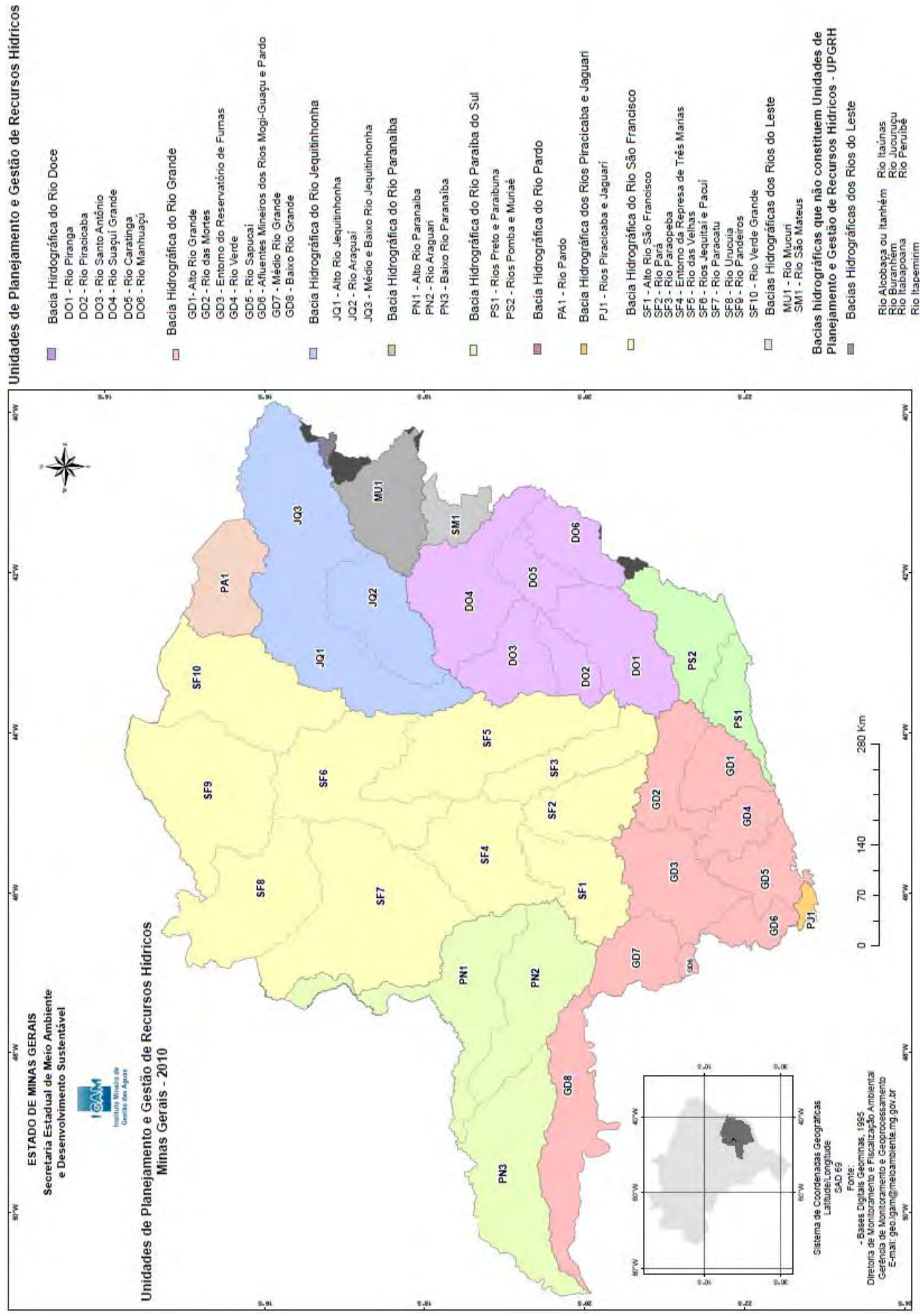


Figura 33: Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs) do Estado de Minas Gerais.

Fonte: Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/mapoteca/upgrhs-minas-gerais.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

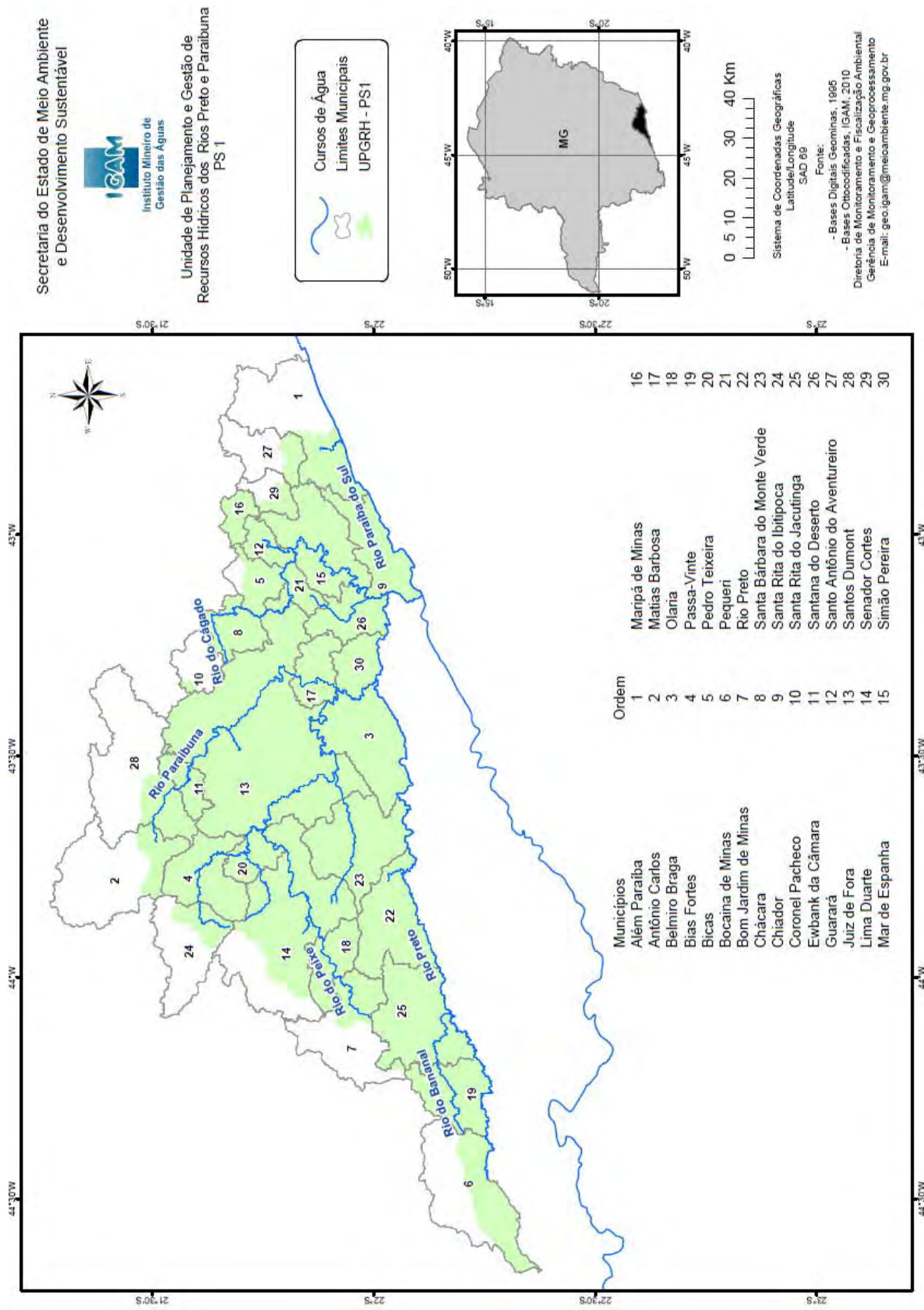


Figura 34: Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Rios Preto e Paraibuna (PS1).

Fonte: Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/mapoteca/upgrh-ps1-rios-preto-e-paraibuna.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

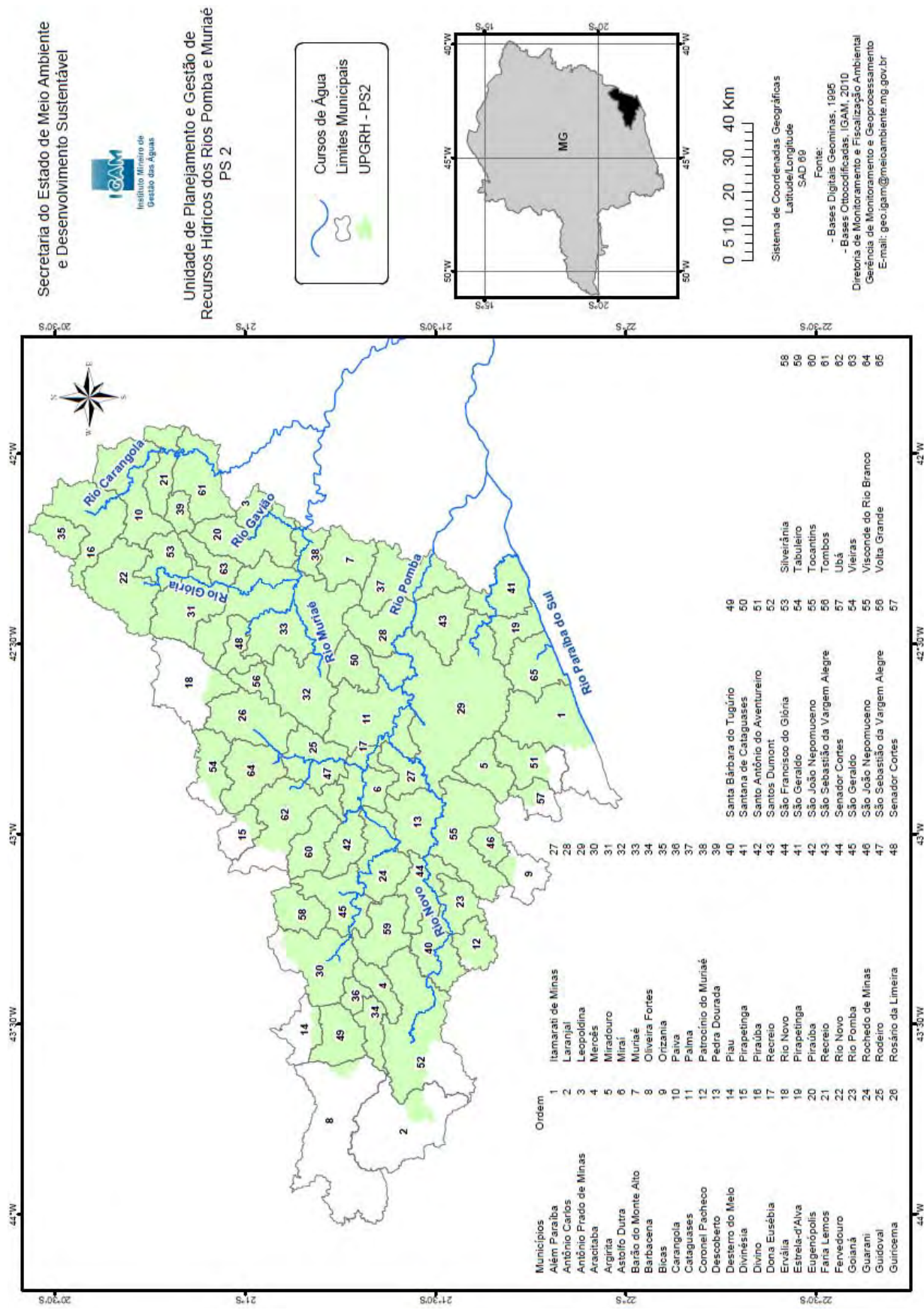


Figura 35: Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Rios Pomba e Muriaé (PS2).

Fonte: Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/mapoteca/upgrh-ps2-rios-pomba-e-muriae.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

4.1.5.3 – Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé

Os limites definidos pelo IGAM para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos têm sido utilizados, na maior parte das vezes, para a definição da área de atuação de comitês de bacia hidrográfica no Estado de Minas Gerais. IGAM (2006, p. 64) ressalta que “a história da formação das UPGRHs é uma história bem sucedida, pois desde o início da mobilização a resposta da sociedade foi positiva, tanto que diversos Comitês foram organizados a partir delas”.

O Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna (CBH-Preto e Paraibuna) e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé (COMPÉ) são comitês de bacias afluentes da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Esses são os dois comitês que incluem, em sua área de atuação, os três municípios (Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont) que abrangem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. O Quadro 7 apresenta as características gerais dos dois comitês.

A seguir, descreve-se a composição, a estrutura e o funcionamento desses dois comitês que incluem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas em sua área de atuação.

a) Composição do CBH-Preto e Paraibuna e do COMPÉ

Os comitês de bacia hidrográfica são órgãos colegiados, integrantes do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Minas Gerais e que possuem competências normativas e deliberativas em sua área de atuação. O Artigo 36 da PERH-MG estabelece que a composição dos comitês é tripartite (ou quadripartite, caso se considere separadamente as duas esferas do Poder Público envolvidas) e paritária, contando com os seguintes atores:

- a) Representantes do Poder Público, de forma paritária entre o Estado e os municípios que integram a bacia hidrográfica;
- b) Representantes de usuários;
- c) Representantes de entidades da sociedade civil organizada ligadas à gestão de recursos hídricos, com sede ou representação na bacia.

Portanto, para a consecução dos objetivos previstos em seus respectivos regimentos internos e na lei Estadual n.º 13.199/1999, o CBH-Preto e Paraibuna e o COMPÉ foram organizados com a participação de 32 e 16 membros titulares e seus respectivos suplentes, respectivamente, assegurando representação paritária entre Estado, Municípios, usuários e Sociedade Civil Organizada. O Quadro 8 apresenta a composição dos comitês.

Tanto no CBH-Preto e Paraibuna quanto no COMPÉ o mandato tem a duração de quatro anos, compatibilizando o período de mandato de seus membros com o mandato dos prefeitos municipais. A participação nos comitês é conferida aos membros eleitos ou indicados dos segmentos Poder Público Estadual, Municípios, Usuários e Sociedade Civil, que indicarão as pessoas físicas que os representarão. O processo de eleição é conduzido pelo IGAM e por uma Comissão Eleitoral composta por representantes do comitê eleitos em sua plenária.

As competências dos conselheiros são definidas no Artigo 8.º da Deliberação Normativa CBH-Preto e Paraibuna n.º 15/2010 e no Artigo 8.º da Deliberação Normativa COMPÉ n.º 20/2010, sendo idênticas nos dois comitês:

- I – Comparecer às reuniões ou, em caso de impedimentos eventuais, transmitir as convocações aos respectivos suplentes;
- II – Debater a matéria em discussão;
- III – Agir de forma cooperativa, para que os objetivos do Comitê sejam alcançados;
- IV – Requerer informações, providências, esclarecimentos e vista de processo ao Presidente;
- V – Formular questão de ordem;
- VI – Relatar processo;
- VII – Apresentar relatórios e pareceres dentro dos prazos fixados;
- VIII – Participar de atividades para as quais forem indicados pelo Comitê;
- IX – votar.

O Quadro 9 apresenta a composição atual do CBH-Preto e Paraibuna e do COMPÉ em seus quatro setores ou segmentos.

Quadro 7 – Características gerais dos CBHs que incluem em sua área de atuação os municípios que abrangem a BHRCDU		
Aspectos	Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna (CBH-Preto e Paraibuna ou PS1)	Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé (COMPÉ, ex-PS2)
Regimento Interno	Deliberação Normativa CBH-Preto e Paraibuna n.º 15, de 10 de março de 2010.	Deliberação Normativa COMPÉ n.º 20, de 26 de outubro de 2010.
Atribuições e área de atuação	É órgão colegiado, deliberativo, normativo e consultivo, com atuação na área territorial compreendida pela Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. Além Paraíba, ANTÔNIO CARLOS , Belmiro Braga, Bias Fortes, Bicas, Bocaina de Minas, Bom Jardim de Minas, Chácara, Chiador, Coronel Pacheco, EWBANK DA CÂMARA , Guarará, Juiz de Fora, Lima Duarte, Mar de Espanha, Maripá de Minas, Matias Barbosa, Olaria, Passa-Vinte, Pedro Teixeira, Pequeri, Rio Preto, Santa Bárbara do Monte Verde, Santa Rita do Jacutinga, Santa Rita do Ibitipoca, Santana do Deserto, Santo Antônio do Aventureiro, SANTOS DUMONT , Senador Cortes e Simão Pereira.	É órgão colegiado, deliberativo, normativo e consultivo, com atuação na área territorial compreendida pela Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. Além Paraíba, ANTÔNIO CARLOS , Antônio Prado de Minas, Aracitaba, Arginita, Astolfo Dutra, Barão do Monte Alto, Barbacena, Bicas, Carangola, Cataguases, Chácara, Coronel Pacheco, Descoberto, Desterro do Melo, Divinésia, Divino, Dona Euzébia, Ervália, Espera Feliz, Estrela Dalva, Eugenópolis, Faria Lemos, Fervedouro, Goiana, Guarani, Guidoal, Guiricema, Itamarati de Minas, Laranjal, Leopoldina, Dores do Turvo, Mercês, Miradouro, Mirai, Muriaé, Oliveira Fortes, Orizânia, Paiva, Palma, Patrocínio do Muriaé, Pedra Dourada, Piauí, Pirapetinga, Piraúba, Recreio, Rio Novo, Rio Pomba, Rochedo de Minas, Rodeiro, Rosário da Limeira, Santa Bárbara do Tugúrio, Santana de Cataguases, Santo Antônio do Aventureiro, SANTOS DUMONT , São Francisco do Glória, São Geraldo, São João Nepomuceno, São Sebastião da Vargem Alegre, Senador Cortes, Silveirânia, Tabuleiro, Tocantins, Tombos, Ubá, Vieiras, Visconde do Rio Branco e Volta Grande.
Município-sede	Juiz de Fora	Cataguases
Finalidades	I – Promover a gestão dos recursos hídricos e as ações de sua competência, em consonância com a gestão ambiental, considerando a totalidade da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna como unidade de planejamento e gestão. II – Articular a integração da gestão dos Sistemas Estaduais e Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e seus respectivos instrumentos, no âmbito da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna.	I – Promover a gestão dos recursos hídricos e as ações de sua competência, em consonância com a gestão ambiental, considerando a totalidade da Bacia Hidrográfica dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé como unidade de planejamento e gestão. II – Articular a integração da gestão dos Sistemas Estaduais e Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e seus respectivos instrumentos, no âmbito da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé.
Competências	Artigo 6.º da DN CBH-Preto e Paraibuna n.º 15, de 10 de março de 2010.	Artigo 6.º da DN COMPÉ n.º 20, de 26 de outubro de 2010.
Fonte: Deliberação Normativa CBH-Preto e Paraibuna n.º 15, de 10 de março de 2010 e Deliberação Normativa COMPÉ n.º 20, de 26 de outubro de 2010. Org.: Christian Ricardo Ribeiro.		

Quadro 8 – Composição dos CBHs que incluem em sua área de atuação os municípios que abrangem a BHRCDU		
Setor	Representantes	
	CBH-Preto e Paraibuna	COMPÉ
Estado	Oito (08) representantes titulares do Poder Público Estadual, designados pela direção dos órgãos e entidades indicados pelo Governo do Estado.	Quatro (04) representantes titulares do Poder Público Estadual, designados pela direção dos órgãos e entidades indicados pelo Governo do Estado.
Municípios	Oito (08) representantes titulares do Poder Público Municipal, indicados pelos Prefeitos dos Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna.	Quatro (04) representantes titulares do Poder Público Municipal, indicados pelos Prefeitos dos Municípios que compõem o CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé.
Usuários	Oito (08) representantes titulares de usuários de recursos hídricos, indicados pelos usuários de recursos hídricos, considerando a representação dos seguintes setores: a) abastecimento urbano; b) indústria, captação e diluição de efluentes industriais; c) irrigação e uso agropecuário; d) hidroeletricidade, e) hidroviação; f) pesca, turismo, lazer e outros usos não consuntivos; g) termoeletricidade.	Cinco (05) representantes titulares de usuários de recursos hídricos, indicados pelos usuários de recursos hídricos, considerando a representação dos seguintes setores: a) abastecimento urbano; b) indústria, captação e diluição de efluentes industriais; c) irrigação e uso agropecuário; d) hidroeletricidade; e) hidroviação; f) pesca, turismo, lazer e outros usos não consuntivos.
Sociedade Civil	Oito (08) representantes titulares de entidades da organização civil, legalmente constituídas, com ação comprovada na área territorial da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, voltadas à proteção do meio ambiente ou gestão de recursos hídricos.	(Três) 03 representantes titulares de entidades da organização civil, legalmente constituídas, com ação comprovada na área territorial da Bacia Hidrográfica dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé, voltada à proteção do meio ambiente ou gestão de recursos hídricos.

Fonte: Deliberação Normativa CBH-Preto e Paraibuna n.º 15, de 10 de março de 2010 e Deliberação Normativa COMPÉ n.º 20, de 26 de outubro de 2010.

Org.: Christian Ricardo Ribeiro.

Quadro 9 – Composição atual do CBH-Preto e Paraibuna e do COMPÉ				
Setor ou Segmento	CBH-Preto e Paraibuna		COMPÉ (ex-PS2)	
	Titular	Suplente	Titular	Suplente
Poder Público Estadual	Instituto Estadual de Florestas (IEF)	Instituto Estadual de Florestas (IEF)	Fundação Rural Mineira (RURALMINAS)	Fundação Rural Mineira (RURALMINAS)
	Polícia Militar do Meio Ambiente (PMMG)	Polícia Militar do Meio Ambiente (PMMG)	Instituto Estadual de Florestas (IEF)	Instituto Estadual de Florestas (IEF)
	Fundação Rural Mineira (RURALMINAS)	Fundação Rural Mineira (RURALMINAS)	Polícia Militar do Meio Ambiente (PMMG)	Polícia Militar do Meio Ambiente (PMMG)
	Empresa de Assistência Técnica e de Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER)	Empresa de Assistência Técnica e de Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER)	Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)	Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)
	Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)	Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)	---	---
	Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM)	Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM)	---	---
	Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES)	Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES)	---	---
	Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais (SEE)	Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais (SEE)	---	---
Poder Público Municipal	Prefeitura Municipal de Belmiro Braga	Prefeitura Municipal de Bias Fortes	Prefeitura Municipal de Guarani	Prefeitura Municipal de Rodeiro
	Prefeitura Municipal de Chácara	Prefeitura Municipal de Coronel Pacheco	Prefeitura Municipal de Carangola	Prefeitura Municipal de Eugenópolis
	Prefeitura Municipal de Juiz de Fora	Prefeitura Municipal de Juiz de Fora	Prefeitura Municipal de Muriaé	Prefeitura Municipal de Dona Euzébia
	Prefeitura Municipal de Lima Duarte	Prefeitura Municipal de Lima Duarte	Prefeitura Municipal de Cataguases	Prefeitura Municipal de Santana de Cataguases
	Prefeitura Municipal de Mar de Espanha	Prefeitura Municipal de Pedro Teixeira	---	---
	Prefeitura Municipal de Matias Barbosa	Prefeitura Municipal de Ewbank da Câmara	---	---
	Prefeitura Municipal de Santana do Deserto	Prefeitura Municipal de Rio Preto	---	---
	Prefeitura Municipal de Simão Pereira	Prefeitura Municipal de Senador Cortes	---	---
Usuários	Departamento Municipal de Água e Esgoto de Lima Duarte (DEMAE)	Departamento Municipal de Água e Esgoto de Lima Duarte (DEMAE)	Laticínios Cortez Indústria e Comércio Ltda.	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG)
	Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA)	Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA)	Agroindústria Reserva das Gerais Ltda.	Florestal Cataguases Ltda.
	Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG)	Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG)	Departamento Municipal de Saneamento Urbano de Muriaé (DEMSUR)	Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA)
	Votorantim Metais	Votorantim Metais	Indústria Cataguases de Papel Ltda.	Serviço Municipal de Saneamento Básico e Infraestrutura de Carangola (SEMASA)
	Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA)	Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA)	Energisa Soluções S.A.	Brookfield Energia Renovável S.A.
	Energia Soluções S.A.	Energia Soluções S.A.	---	---
	Arcelor Mittal	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG)	---	---
	Usina Termelétrica de Juiz de Fora (UTE/JF)	Usina Termelétrica de Juiz de Fora (UTE/JF)	---	---

Quadro 9 – Composição atual do CBH-Preto e Paraibuna e do COMPÉ				
Setor ou Segmento	CBH-Preto e Paraibuna		COMPÉ (ex-PS2)	
	Titular	Suplente	Titular	Suplente
Sociedade Civil	Sindicato dos Engenheiros de Minas Gerais (SENGEMINAS)	Sindicato dos Engenheiros de Minas Gerais (SENGEMINAS)	Fundação Comunitária Educacional de Cataguases (FUNCEC)	Consórcio Intermunicipal para Recuperação Ambiental da Bacia do baixo Muriaé, Pomba e Carangola (CIRAB)
	Consórcio do Paraibuna (CONPAR)	Consórcio do Paraibuna (CONPAR)	Consórcio Intermunicipal para Proteção e Recuperação Ambiental da Bacia do Rio Pomba	Consórcio Intermunicipal para Proteção e Recuperação Ambiental da Bacia do Rio Pomba
	Faculdades Integradas Vianna Júnior	Faculdades Integradas Vianna Júnior	Consórcio Intermunicipal para Recuperação Ambiental da Bacia do Rio Muriaé	Biologia da Conservação - Educação e Projetos Ambientais (BIOCEP)
	Instituto Ambiental Vale do Rio Preto (IAVARP)	Instituto Ambiental Vale do Rio Preto (IAVARP)	---	---
	Programa de Educação Ambiental (PREÁ)	Programa de Educação Ambiental (PREÁ)	----	---
	Associação pelo Meio Ambiente de Juiz de Fora (AMAJF)	Associação pelo Meio Ambiente de Juiz de Fora (AMAJF)	---	---
	Associação dos Municípios da Microrregião do Vale do Rio Paraibuna (AMPAR)	Associação dos Municípios da Microrregião do Vale do Rio Paraibuna (AMPAR)	---	---
	Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)	Fundação de Desenvolvimento Regional (FUNDER)	---	---

Fontes: Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais/bacia-do-rio-paraiba-do-sul/ps1-cbh-dos-afluentes-mineiros-dos-rios-preto-e-paraibuna/1234-lista-de-conselheiros-ps1>> e <<http://comites.igam.gov.br/comites-estaduais/bacia-do-rio-paraiba-do-sul/ps2-cbh-rio-pomba-e-muriae/1238-lista-de-conselheiros-ps2>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

b) Estrutura e funcionamento do CBH-Preto e Paraibuna e do COMPÉ

Os dois comitês cuja área de atuação abrange a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas possuem uma estrutura composta por Plenário, Diretoria, Secretaria Executiva e Câmaras Técnicas.

O **Plenário** é a instância de deliberação máxima dos dois comitês, sendo constituído pelos membros referidos no Artigo 7.º da Deliberação Normativa CBH-Preto e Paraibuna n.º 15/2010 e no Artigo 7.º da Deliberação Normativa COMPÉ n.º 20/2010.

O Plenário do CBH Preto e Paraibuna reúne-se ordinariamente a cada dois meses e extraordinariamente por iniciativa do Presidente ou da maioria simples de seus membros. Já o Plenário do COMPÉ reúne-se ordinariamente a cada trimestre e extraordinariamente por iniciativa do Presidente ou da maioria simples de seus membros.

A **Diretoria** é constituída por um Presidente, um Vice-Presidente, um Secretário Executivo e um Secretário Executivo Adjunto, eleitos pelo Plenário, dentre os membros dos comitês. A Diretoria dos comitês deve ser eleita após ato governamental de nomeação e posse dos membros.

Os comitês são presididos por um de seus membros, eleito na forma prevista do Regimento Interno e normas complementares aprovadas pelo Plenário. O mandato dos membros da Diretoria é de quatro anos no CBH-Preto e Paraibuna e de dois anos no COMPÉ, podendo cada um de seus membros ser reeleito uma única vez consecutiva para a mesma função. Compete ao Vice-Presidente substituir o Presidente em suas ausências ou impedimentos e exercer funções que lhe forem atribuídas pelo Presidente ou pelo Plenário.

A **Secretaria Executiva** é ocupada por um Secretário Executivo que coordena os trabalhos da Secretaria Administrativa e desempenha funções que lhe sejam atribuídas pelo Presidente e pelo Plenário. Compete ao Secretário Adjunto colaborar com o Secretário Adjunto no desenvolvimento de suas competências e substituí-lo em seus impedimentos.

O Artigo 22 da Deliberação Normativa CBH-Preto e Paraibuna n.º 15/2010 estabelece as seguintes **Câmaras Técnicas** para o comitê:

a) **Câmara Técnica de Outorga e Cobrança (CTOC)**: constituída por no mínimo quatro e no máximo doze membros titulares ou suplentes do comitê, com direito a voz e a veto, respeitada a proporcionalidade da representação dos segmentos. Entre suas competências, estão: examinar os processos administrativos de conflitos de uso de recursos hídricos, apresentando parecer ao Plenário; examinar os processos administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos para empreendimentos de grande porte e respectivo potencial poluidor; propor critérios, metodologias, normas e valores para a cobrança pelo uso de recursos hídricos, apresentando parecer ao Plenário.

b) **Câmara Técnica de Gestão de Recursos Hídricos (CTRH)**: constituída por no mínimo quatro e no máximo doze membros titulares ou suplentes do comitê, com direito a voz e a veto, respeitada a proporcionalidade da representação dos segmentos. Entre suas competências, estão: propor diretrizes, planos e programas de educação e capacitação em recursos hídricos; propor e analisar mecanismos de mobilização social para o fortalecimento do SEGRH-MG; elaborar, analisar e propor projetos de recursos hídricos; elaborar, analisar e propor o plano dos investimentos a serem realizados com os recursos financeiros provenientes da cobrança pelo uso de recursos hídricos.

4.1.6 – Unidades geoecológicas

4.1.6.1 – Definição das unidades do meio físico

4.1.6.1.1 – Clima

O clima constitui um elemento fundamental a ser considerado no processo de planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas:

A análise de dados climáticos (principalmente temperatura média anual, temperaturas máxima e mínima médias anuais, total pluviométrico anual e totais máximo e mínimo médios anuais e distribuição das precipitações) revela informações extremamente importantes, como período de maior potencialidade erosiva das chuvas, riscos de estiagens, geadas, etc. Além disso, a partir da análise do sistema de balanço hídrico (Thornthwaite e Mather, 1955), é possível conhecer as perdas de água do solo por evapotranspiração, que podem caracterizar ou não períodos excedente de água no solo e/ou deficiência hídrica. Tais dados são de grande valor, especialmente quanto ao uso e ocupação agrícola das terras (BOTELHO, 2009, p. 278).

O clima da Zona da Mata mineira e, por extensão, da BHRCDU, apresenta duas estações bem definidas: uma que vai de outubro a abril, com temperaturas médias elevadas e maiores precipitações pluviométricas, e outra que vai de maio a setembro, mais fria e com menor ocorrência de chuvas.

Para se compreender a origem dos tipos de tempo e das ocorrências anormais, é necessário compreender a dinâmica de funcionamento das massas de ar atuantes na Zona da Mata mineira, que por sua vez está relacionada a uma série de condições geográficas da região. Valverde (1958, p. 18) afirma que “dentre os fatores geográficos que vão exercer influência sobre o clima da Zona da Mata, sobressaem a situação e o relevo”. De forma sintética, assim se dá a influência desses fatores sobre as condições climáticas da Zona da Mata mineira:

A região em causa está toda compreendida entre os paralelos de 20° 15' e 22° 15' de latitude sul. Suas terras povoadas elevam-se geralmente a altitudes inferiores a 900 metros. Escapam ao limite dessa cota alguns picos isolados e alinhamentos de cristas, quase sempre desabitados, e, como exceções significativas, o Maciço de Caparaó, no canto nordeste, e as serras da Araponga e do Brigadeiro, a nordeste do Município de Ervália. Tais condições de latitude e altitude

explicam a ausência de geadas, tanto é assim, que nas vizinhanças de Caparaó Velho, os cafezais sobem até a altitude de 1.200 metros, onde elas provavelmente começam a ocorrer.

Outro aspecto não menos importante da situação geográfica da Zona da Mata consiste no seu afastamento do mar, pois toda ela fica a mais de 100 quilômetros do litoral, em linha reta. Em decorrência disso, a influência termo-reguladora do oceano não é tão acentuada como na costa; o contraste de temperatura entre o dia e a noite é, por exemplo, mais sensível que no Rio de Janeiro, o mesmo sucedendo com a amplitude térmica anual (VALVERDE, 1958, p. 19).

Levando-se em conta as condições geográficas apresentadas pela Zona da Mata mineira, verifica-se que “a circulação atmosférica envolve dois tipos gerais de massas de ar: as massas tropicais quentes continentais ou marítimas – que provêm dos quadrantes norte, e as massas frias, de origem polar, que também podem ser marítimas ou continentais” (STAICO, 1977, p. 64). Sendo assim, a atuação dessas massas de ar na região pode ser sintetizada da seguinte maneira:

São ainda os fatores situação e o rebaixamento da parte oriental da Mantiqueira que explicam a predominância da massa tropical atlântica (Ta) na Zona da Mata, no outono, inverno e primavera. No inverno, especialmente, são comuns as invasões da massa polar atlântica (Pa), que provocam chuvas frontais.

No verão, entretanto, a região entra no domínio da massa equatorial continental (Ec), que aí instala o seu regime de chuvas de convecção; mas, nas estações intermediárias, dá-se o choque desta massa com a Ta, gerando frentes quentes ou frias, segundo o agressor seja a primeira ou a última.

Estando a Zona da Mata próxima do limite em que as massas Ta e Pa mais avançam para o norte ou noroeste, acontece, de vez em quando, que uma frente fria aí se torna estacionária, desencadeando chuvas prolongadas e desastrosas, como a já referida de 1948 (VALVERDE, 1958, p. 21-22).

A **Massa Tropical Atlântica**, atuante na Zona da Mata durante o ano todo, “origina-se no centro de altas pressões subtropicais do Atlântico e possui, portanto, características de temperatura e umidade elevadas” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 110). A massa atua de maneira mais expressiva nos climas do Brasil por meio de correntes de leste e de nordeste, sobretudo no verão, quando, atraída pelas relativas baixas pressões que se formam sobre o continente, traz para a atmosfera deste bastante umidade e calor, reforçando as características da tropicalidade climática do país. A possibilidade de atuação dessa massa na Zona da Mata mineira está intimamente relacionada ao relevo regional, que facilita a sua penetração. Valverde

(1958, p. 16) destaca que “o abaixamento e fracionamento das montanhas permite que se faça sentir bem, no clima da Zona da Mata, a influência da massa atlântica, a qual faz nesta região a sua penetração mais profunda no interior do Brasil, mantendo todas as suas características essenciais”.

A **Massa Polar Atlântica** tem sua origem na zona subantártica, resultando do acúmulo de ar polar que, em turbilhões, se desloca em direção ao continente sul-americano. Verifica-se que “o acúmulo de ar polar sobre o Oceano Atlântico, na altura centro-sul da Patagônia, dá origem à massa de ar polar, de característica fria e úmida” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 111). A massa atua também na Zona da Mata, pois, “em contato com o ar mais aquecido das massas tropicais, dá origem às frentes frias que, atingindo a região, causam baixa termométrica e chuvas” (STAICO, 1977, p. 131). Staico (1977, p. 64) destaca que “na sua passagem podem ocorrer nuvens, tanto convectivas como estratiformes, ambas produzindo precipitação; porém, de pequena duração devido à velocidade do sistema”. Depois da passagem dessas frentes seguem-se dias claros e frios à noite, situação característica do inverno.

A **Massa Equatorial Continental** forma-se na área aquecida, coberta de densa e exuberante vegetação florestal e possuidora de farta e caudalosa rede de drenagem do continente sul-americano, ou seja, na Amazônia. A conjugação desses fatores confere à massa um elevado grau de umidade. Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 108) destacam que “a célula de divergência dos alíseos, ou *doldrums*, localizada na porção centro-ocidental da Planície Amazônica, produz uma massa de ar cujas características principais são a elevada temperatura, proximidade da Linha do Equador e umidade”. Em relação à atuação dessa massa, verifica-se que, “em razão de sua grande instabilidade, produz chuvas e trovoadas quase diárias no verão, estação em que atinge bem Juiz de Fora” (STAICO, 1977, p. 131) e, por extensão, toda a Zona da Mata.

A partir da compreensão do mecanismo de funcionamento das massas de ar atuantes na região, é possível tecer algumas considerações a respeito dos tipos de tempo encontrados na Zona da Mata mineira segundo as estações do ano. Tal quadro pode ser assim sintetizado:

Os tipos de tempo na Zona da Mata se assemelham aos da cidade do Rio de Janeiro. No inverno cai pouca chuva, os dias são geralmente claros, com ventos fracos. As madrugadas e manhãs são frias, acentuadas pela inversão de temperatura, fenômeno que se faz sentir de modo especial, em virtude do relevo movimentado e porque o povoamento ocupa os vales. Os baixos estratos cobrem então com o

manto espesso e alvo do nevoeiro os terrenos deprimidos onde estão as casas das cidades, vilas, fazendas e sítios. À proporção que o dia vai esquentando, a neblina se desfaz e sobe para ir formar estrato-cúmulos.

No verão, os dias são quentes na Zona da Mata, mas, à noite, as temperaturas costumam ser mais brandas que no Rio de Janeiro. As nuvens mais frequentes são então os cúmulos e estrato-cúmulos; com o superaquecimento da tarde, é comum a formação de cúmulo-nimbos, que vão causar aguaceiros fortes, acompanhados, às vezes, de trovões e descargas elétricas, porém curtos e localizados. São chuvas de convecção, típicas deste período do ano, que vai de outubro a março. As precipitações mais fortes caem em dezembro, ultrapassando em vários lugares 300 mm. Nesta fase do verão, entretanto, não se trata apenas de chuvas convectivas, mas sobretudo de chuvas frontais, já que nenhuma das massas de ar que invadem periodicamente a Zona da Mata assentou decisivamente o seu predomínio (VALVERDE, 1958, p. 17-18).

Com relação às categorias climáticas encontradas na região, observa-se que a influência do relevo se faz notar de maneira flagrante sobre as temperaturas nas diferentes superfícies de erosão em que se decompõe a Zona da Mata, o que explica as variações aí encontradas:

Tais circunstâncias vão refletir-se, evidentemente, na classificação climática das diversas estações da Zona da Mata. Com efeito, a quase totalidade da superfície de Leopoldina está incluída na categoria dos climas Aw, de Köppen, isto é, clima quente e úmido com chuvas de verão; as superfícies de Guarani-Rio Novo e a parte sul da de Ervália, estão compreendidas nos climas Cwa, ou seja, clima tropical de altitude com verões quentes e chuvosos. A parte norte deste último nível (como os arredores de Viçosa e Santos Dumont), já se incluem no tipo Cwb, quer dizer, clima tropical de altitude com verões frescos e chuvosos (VALVERDE, 1958, p. 19).

Araújo (2009, p. 66-67) caracteriza, de forma sintética, os diversos tipos climáticos que ocorrem na Zona da Mata mineira, tomando como referência a classificação de Köppen:

- **Cwa:** ocorre na maior parte da Zona da Mata mineira, caracterizando-se por apresentar as chuvas concentradas no período de verão, sendo este quente em função das altitudes médias não serem tão destacadas;
- **Cwb:** também apresenta chuvas concentradas no verão, porém, este já é mais moderado em função do fator altimétrico mais destacado. Ocorre na porção centro-oeste

da Zona da Mata e na divisa com o Sul de Minas Gerais, onde começam a aparecer as elevações da Mantiqueira;

- **Aw:** ocorre em dois pequenos trechos da Zona da Mata mineira próximos à divisa estadual com o Rio de Janeiro. Corresponde a um tipo climático bem quente, com elevados índices térmicos, caracterizando-se pela concentração de chuvas no período de verão. Corresponde ao tipo climático que ocorre nas cidades de Recreio, Leopoldina, Além Paraíba, Laranjal, etc.;

- **Cfb:** também restrito a uma pequena área onde o efeito altimétrico exerce bastante influência. Corresponde aos trechos elevados da Serra do Caparaó, na divisa com os estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Apresenta chuvas em todas as estações do ano e verões brandos devido à altitude local.

Ao tratar das categorias climáticas encontradas mais especificamente na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, Staico (1977, p. 133) destaca que “ao fato de não ocorrer nenhuma formação orográfica especial deve-se uma prática uniformidade climática na quase totalidade da área regional”. Sendo assim, o Município de Juiz de Fora, por exemplo, que contém boa parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, pode ser enquadrado, segundo a classificação climática de Köppen, “na Classe C com o tipo e variedade de clima Cwa, ou seja, clima mesotérmico, com verões quentes e estação chuvosa no verão” (STAICO, 1977, p. 171).

Porém, apesar dessa uniformidade climática verificada na bacia, em seu interior podem ser encontradas áreas específicas que apresentam algumas variações. Entre essas áreas, encontram-se os vales de dois afluentes do Rio Paraibuna, ou seja, “dois patamares, um a leste e outro a oeste do vale principal, correspondendo aos vales secundários dos ribeirões das Rosas e de São Pedro, respectivamente, que, por sua maior altitude, mais caracterizam clima do tipo Cwb” (STAICO, 1977, p. 133), que corresponde a um clima mesotérmico, com verões brandos e estação chuvosa no verão.

Outra exceção relevante são as cabeceiras do Rio Paraibuna, no alto curso da BHRC DU, onde “a presença da Serra da Mantiqueira, já fora dos limites municipais de Juiz de Fora, impõe certa influência, especialmente pluvial” (STAICO, 1977, p. 133).

Essa diferenciação pode ser mais bem percebida quando são analisados os dados de temperatura média compensada e de precipitação e seus respectivos diagramas ombrotérmicos para o Município de Juiz de Fora nos períodos 1910-1973 e 1973-2007, conforme apresentam a Tabela 11 e as Figuras 36 e 37.

Tabela 11 – Dados médios mensais de Precipitação e de Temperatura Média Compensada de Juiz de Fora/MG					
1910-1973			1973-2007		
Meses	Precipitação (mm)	Temperatura Média Compensada (°C)	Meses	Precipitação (mm)	Temperatura Média Compensada (°C)
Janeiro	284,3	23,5	Janeiro	296,3	21,3
Fevereiro	204,2	23,6	Fevereiro	187,0	21,7
Março	188,8	22,7	Março	189,1	20,9
Abril	72,1	20,7	Abril	80,6	19,3
Maio	29,9	18,4	Maio	47,1	17,4
Junho	24,1	16,8	Junho	20,4	16,4
Julho	13,5	16,3	Julho	17,6	16,3
Agosto	22,3	17,7	Agosto	22,9	17,1
Setembro	47,6	19,6	Setembro	109,9	17,4
Outubro	129,9	20,9	Outubro	126,3	18,8
Novembro	196,3	21,8	Novembro	199,1	19,6
Dezembro	265,1	22,5	Dezembro	276,5	20,5
Média anual	1,478,1	20,4	Média anual	1.572,8	18,8

Fonte: Inácio, Moura e Barbosa (2008, p. 40-41).

A julgar pelos dados relativos ao período 1910-1973, o clima de Juiz de Fora poderia ser enquadrado como Cwa, caracterizado como um clima com chuva de verão e verão quente. Caracteriza-se por apresentar o mês mais moderadamente quente com uma temperatura média maior do que 10°C, estação seca de inverno e verão quente, sendo que o mês mais quente tem temperatura média maior do que 22°C (AYOADE, 2002, p. 232-234; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2009, p. 120-121). Deve-se ressaltar, porém, que até 1972 a estação climatológica responsável pela coleta dos dados estava localizada na área central de Juiz de Fora, caracterizada por menores altitudes, no vale principal do Rio Paraibuna, e por uma maior intensidade da urbanização.

A partir de 1972, os dados passam a ser coletados pela Estação Climatológica Principal da Universidade Federal de Juiz de Fora (Estação n.º 83.692 do 5.º Distrito de Meteorologia). A estação, implantada no *campus* da universidade, passa a localizar-se em uma área de altitudes bem mais elevadas em relação à área central; porém, com influência muito menor da urbanização. Sendo assim, no período 1973-2007, passam a ser registradas temperaturas médias inferiores às registradas no período anterior. Considerando-se a segunda série de dados, o clima de Juiz de Fora poderia ser classificado então como Cwb, caracterizado como um clima com chuva de verão e verão moderadamente quente. Caracteriza-se por apresentar o mês mais moderadamente quente com uma temperatura média maior do que 10°C, estação seca de inverno e verão

moderadamente quente, sendo que o mês mais quente tem temperatura média inferior a 22°C (AYOADE, 2002, p. 232-234; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2009, p. 120-121).

Ora, a estação que produziu a segunda série de dados (período 1973-2007) encontra-se localizada no mesmo compartimento topográfico que o alto curso do Córrego São Pedro, um dos principais afluentes do Rio Paraibuna. Enquanto o clima do baixo curso do córrego, localizada numa área contígua ao centro urbano de Juiz de Fora, pode ser mais adequadamente tipificada como Cwa, o clima do médio e do alto cursos, parece ser bem mais enquadrado no tipo Cwb. Este fato reforça a tese de Staico (1977), a respeito da existência de variações climáticas ao longo dos vales secundários dos principais afluentes do Rio Paraibuna, situados em altitudes mais elevadas. O mesmo pode ser afirmado a respeito da BHRCDU. Enquanto o baixo e o médio cursos da bacia parecem estar mais bem enquadrados no tipo climático Cwa, o alto curso, já nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, parece ser mais bem enquadrado no tipo climático Cwa.

Deve-se ressaltar que as categorias Cwa e Cwb correspondem a tipos climáticos mesotérmicos, apresentando destacada concentração de chuvas no verão. Caracterizam-se, portanto, pela ocorrência de duas estações bem definidas: uma que vai de outubro a abril, com temperaturas médias mais elevadas e maior volume de precipitação; e outra que vai de maio a setembro, com menores temperaturas médias e menor volume de chuvas. Essa variação explica, portanto, a sazonalidade da vazão do Rio Paraibuna e de seus principais afluentes e, conseqüentemente da disponibilidade hídrica da BHRCDU, drenada por cursos de água de regime tipicamente pluvial.

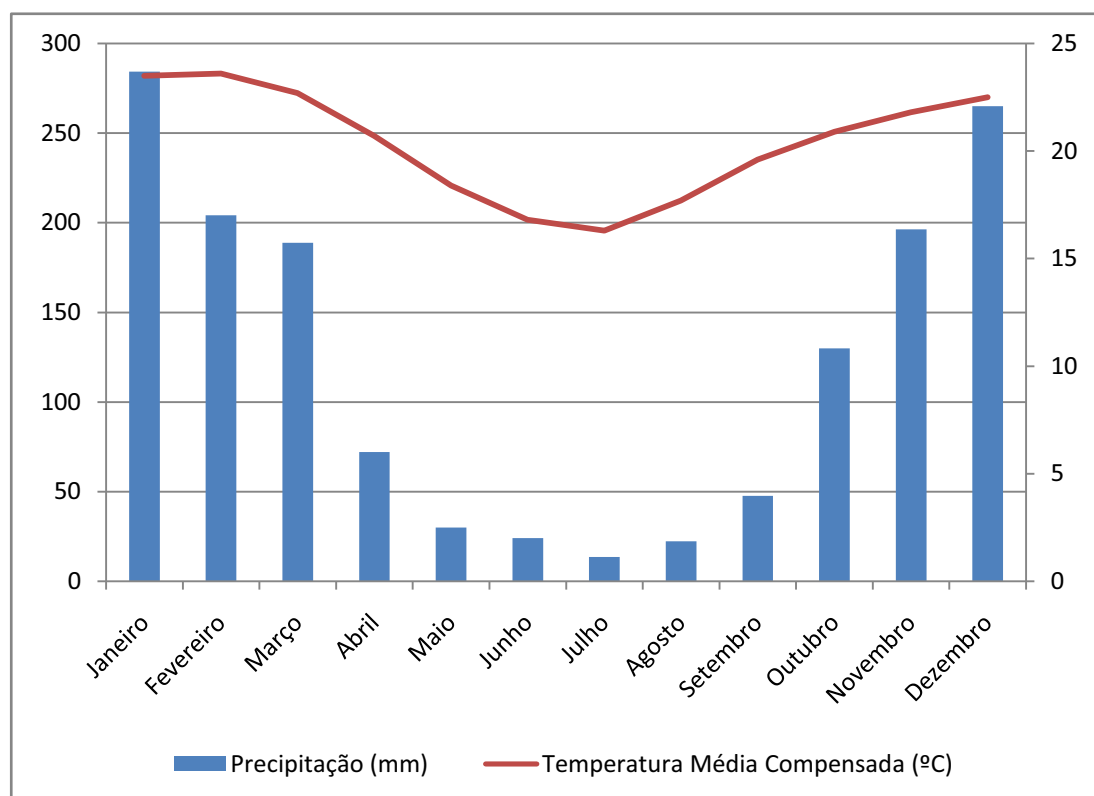


Figura 36: Diagrama Ombrotérmico de Juiz de Fora (dados mensais médios 1910-1973).
Fonte: Inácio, Moura e Barbosa (2008, p. 40).

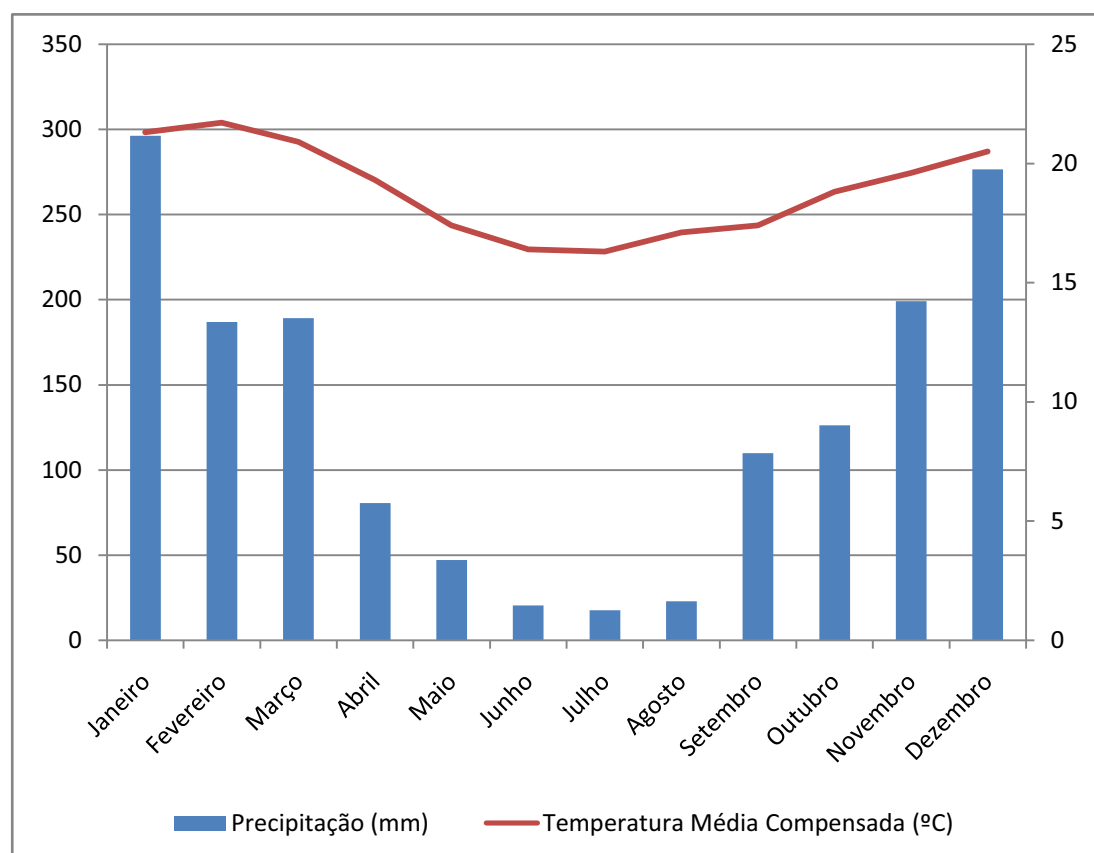


Figura 37: Diagrama Ombrotérmico de Juiz de Fora (dados mensais médios 1973-2007).
Fonte: Inácio, Moura e Barbosa (2008, p. 41).

Ferreira (2002, p. 147), ao analisar os tipos de tempo e as categorias climáticas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, ressalta que não foi possível, em seu trabalho, identificar diferentes classes ou categorias climáticas em seu interior em relação ao critério de atuação diferenciada dos processos atmosféricos. Porém, foi possível identificar regiões mais definidamente distinguíveis no conjunto de combinações dos elementos climáticos e geográficos e identificar os sistemas atmosféricos atuantes nas diferentes estações do ano e que influenciam diretamente no tempo. Foram identificadas cinco categorias climáticas agrupadas em três segmentos principais: Mantiqueira, Juiz de Fora e Foz do Rio Paraibuna.

A BHRCU, localizada na Classe 3 da Categoria 2 (Juiz de Fora), que inclui as classes 3 e 4, caracterizar-se-ia, assim, por apresentar um período seco muito bem definido, o que deve-se à participação da Massa Tropical Atlântica. Mesmo a passagem da Massa Polar Atlântica, que nesta região não se associa à presença de elevadas altitudes, não provoca chuvas com maiores índices pluviométricos, mas apenas queda de temperatura. Destaca-se como uma área de maior intensidade da atividade humana em relação ao restante da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, onde estabeleceu-se um significativo complexo urbano-industrial, razão pela qual esta categoria climática apresenta um maior nível de individualização. A região apresenta um padrão intermediário entre as duas outras em relação aos aspectos térmicos e hídricos, o que pode estar relacionado à posição também intermediária ocupada por ela em termos altimétricos, estando localizada entre a região da Serra da Mantiqueira e a região do baixo curso do Rio Paraibuna, nas proximidades de sua foz. O elemento que mais diferencia as classes 3 e 4 é a temperatura, ao passo que a quantidade e a frequência das precipitações apresentam menor variação (FERREIRA, 2002, p. 148-149).

4.1.6.1.2 – Geologia

O estudo da geologia, tida como um dos elementos do meio físico fundamentais ao processo de planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, deve ter em conta algumas orientações metodológicas básicas:

Para projetos em microbacias, sugere-se uma escala de, ao menos, 1:50.000 para as cartas geológicas. Neste caso, é importante, ainda, um reconhecimento em campo das unidades geológicas mapeadas e seus limites. A maior ou menor homogeneidade litológica da área exigirá ou não um aprofundamento das informações contidas na carta. Não raro, em função da sua dimensão, a microbacia se encontra inserida em uma única unidade geológica. Às vezes, engloba duas ou três unidades que podem ser bastante similares do ponto de vista técnico, possuindo comportamento praticamente indistinto. No entanto, é preciso estar atento às mudanças na paisagem (relevo, rede de drenagem e solos), percebidas, principalmente, a partir de interpretações de fotografias aéreas e durante as pesquisas de campo, que podem denunciar variações nas características geológicas (BOTELHO, 2009, p. 279).

Inicialmente, é importante tecer algumas considerações a respeito da geologia da Zona da Mata, mesorregião geográfica do Estado de Minas Gerais onde está localizada a maior parte da BHRCUDU.

Um aspecto relevante a ser abordado refere-se à constituição litológica da região. Em relação a isso, destaca-se a predominância de gnaisses em boa parte da Zona da Mata. De fato, conforme aponta Valverde (1958, p. 15), na Serra da Mantiqueira “predomina de maneira absoluta o gnaiss xistoso, como de resto em quase toda a Zona da Mata, exceto numa parte do seu ângulo nordeste, onde, entre Espera Feliz e a estação de Caparaó, existe exploração de bolsões de feldspato, como também de mica”. O gnaiss xistoso predomina, de maneira geral, em todo o vale do Rio Paraíba do Sul. Porém, especificamente às ocorrências observadas na Serra da Mantiqueira, “os geólogos atribuem idade algonquiana, embora ninguém jamais tenha encontrado no terreno o contato com as formações que lhe deveriam ficar sotopostas” (VALVERDE, 1958, p. 10).

Referindo-se aos processos geológicos ocorridos no vale do Rio Paraíba do Sul, Staico (1977, p. 181) destaca que “os granitos e gnaisses, rochas cristalinas, que também predominam como formadores do Escudo Brasileiro, sofreram nesta região, pela ação de forças endógenas, vários fraturamentos, os quais, algumas vezes, foram

ocupados pelos leitos dos cursos d'água, como ocorre com o Rio Paraíba do Sul e seu afluente, ora estudado, o Rio Paraibuna". Além disso, verifica-se que, "em alguns trechos, tais rochas afloram à superfície, ora tendo sido soerguidas por movimentos tectônicos, ora desnudadas pela ação erosiva" (STAICO, 1977, p. 181).

Staico (1977, p. 183) destaca ainda que "a existência de espesso capeamento argiloso sobre o assoalho geológico favoreceu o dissecamento do planalto, resultando daí a topografia dominada por colinas argilosas, ocorrendo em alguns pontos afloramentos rochosos que se originaram de fraturamentos diversos ou mesmo se destacaram pela ação da erosão diferencial".

Enquadrando-se na morfogênese do vale do Rio Paraíba do Sul, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna é basicamente formada "por rochas de idade muito antiga, estando os gnaisses e granitos recobertos quase sempre por espessa camada de sedimentos que se formaram pela decomposição das rochas originais, desde eras passadas até a atualidade" (STAICO, 1977, p. 181). Aliás, em relação à idade das rochas que ocorrem nessa área, tem-se que, de modo geral, "mais de 99% das litologias correspondem às rochas do Pré-Cambriano, a maioria datada do Arqueano (88.97%)" (ARAÚJO, 2009, p. 75).

Araújo (2009, p. 71) destaca que a Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, da qual a BHRCUDU é uma sub-bacia hidrográfica, intersecciona nove unidades litológicas definidas pelo Projeto RADAMBRASIL (Folha SF 23/24, na escala 1:1.000.000). Conjuntamente, o Complexo Juiz de Fora, o Complexo Paraíba do Sul e o Gnaiss Piedade representam 88,97%, o que corresponde a 7.644 km², da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.

O Complexo Juiz de Fora estende-se na direção NE-SE, alongando-se na direção NE e estreitando-se para a direção SE, onde se limita com as rochas do Complexo Paraíba do Sul. Levando-se em conta os aspectos litológicos, observa-se que o complexo é constituído por rochas migmatíticas com paleossomas básicos, que incluem as rochas da "suíte charnockítica", predominantemente enderbíticas, com faixas kinzigíticas intercaladas, de idade fundamentalmente arqueana. São rochas de origem magmática, tendo sido granitizadas e tectonizadas posteriormente em ambientes de elevadas temperaturas, como atesta a presença de ortoclásio nas rochas da Zona da Mata mineira. As diversas litologias que compõem o Complexo Juiz de Fora representam 29,67% da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna. Dentre essas litologias, destacam-se as rochas migmatíticas com paleossomas básicos, que ocupam 2.511 km²

dos 2.549 km² do Complexo Juiz de Fora na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (ARAÚJO, 2009, p. 73).

As rochas do Complexo Paraíba do Sul apresentam-se com a mesma orientação das rochas do Complexo Juiz de Fora. Interrompido pelo Complexo Juiz de Fora, o Complexo Paraíba do Sul compõe-se de gnaisses e migmatitos; gnaisses granadíferos e kinzigíticos; gnaisses granitoides; rochas metabásicas e lentes de quartzitos. Além de se constituir uma unidade litoestratigráfica, esse complexo representa também uma unidade tectônica, pois grande parte das rochas que o compõem corresponde a litologias de unidades adjacentes dispostas lado a lado por esforços tectônicos. As diversas litologias que compõem o Complexo Paraíba do Sul representam 35,17% da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. Dentre essas litologias, destacam-se os gnaisses e migmatitos, que ocupam 2640 km² dos 3.022 km² do Complexo Paraíba do Sul na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (ARAÚJO, 2009, p. 73-74).

O Gnaiss Piedade ocupa as porções N e NO da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, apresentando-se extremamente homogêneo em escala de afloramento em toda a sua área de ocorrência. Caracteriza-se por apresentar um bandamento centimétrico, muito contínuo, com alternância de bandas claras quartzo-feldspáticas; composição variando de granodiorítica a tonalítica e cores escuras; riqueza em biotita ou hornblenda; e foliação de plano axial subhorizontal. A textura observada à lupa é granoblástica fina, podendo, por vezes, apresentar-se como porfiroblástica. Corresponde a 24,13% da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. Dentre as litologias encontradas, destacam-se os gnaisses bandados de composição tonalítica, que ocupam 1.598 km² dos 2073 km² do Gnaiss Piedade na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (ARAÚJO, 2009, p. 73-74).

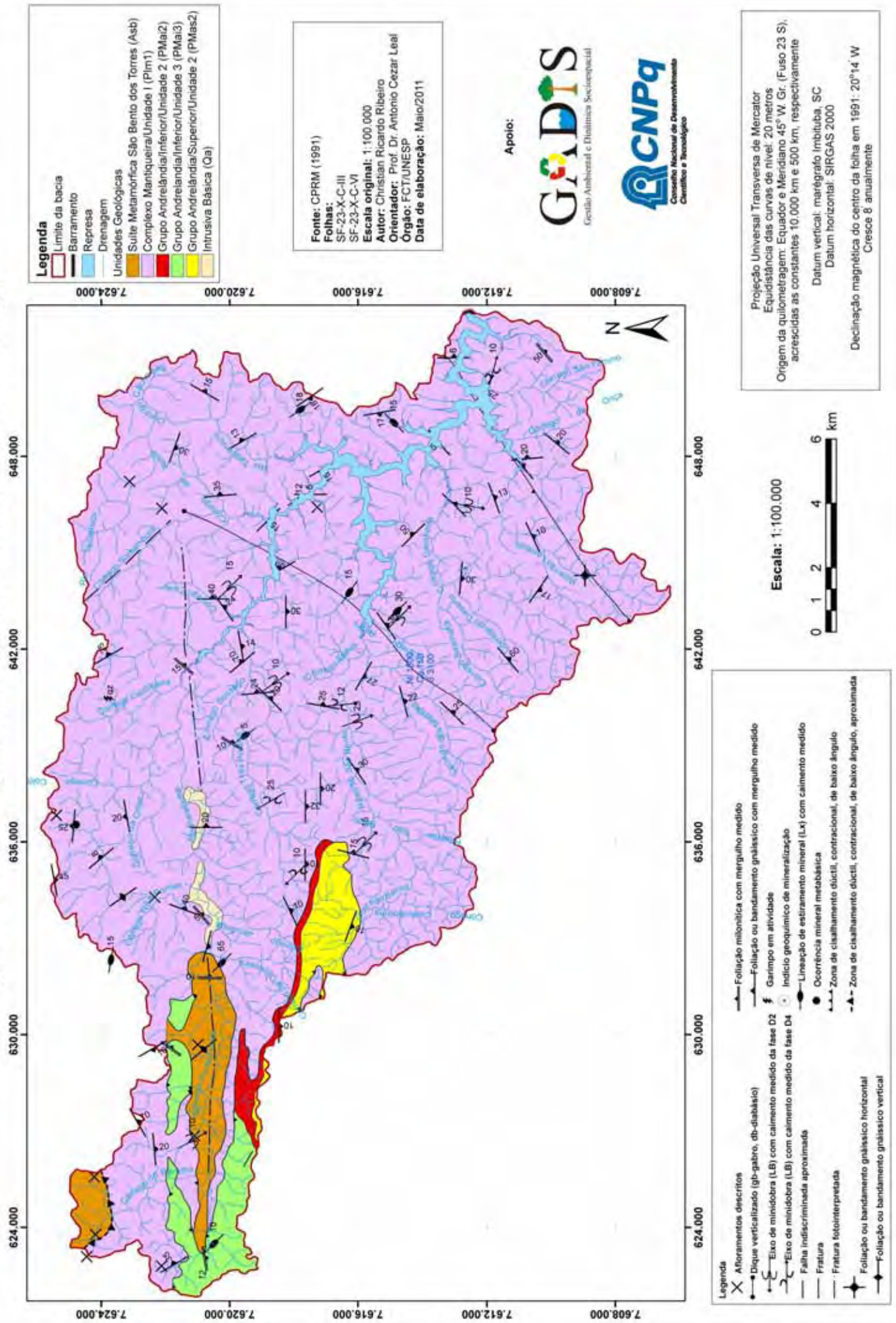
Finalmente, deve-se ressaltar que “um fato que chama a atenção na região do vale do Rio Paraíba é a inexistência de minerais preciosos” (STAICO, 1977, p. 182), o que pode ser explicado, entre outros fatores, pelo longo tempo em que a região esteve submetida a um intenso trabalho de erosão, tendo sofrido, por isso, um grande desgaste.

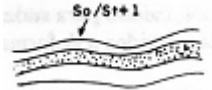
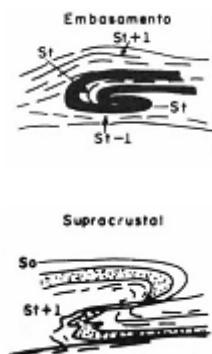
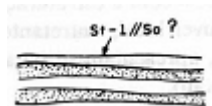
O Quadro 10 e o Mapa 6 apresentam, respectivamente, a síntese das características e a distribuição das unidades geológicas que compõem a BHRCDU. A seguir, tem-se a sua descrição. O Quadro 11 apresenta as características das fases de deformação encontradas na BHRCDU.

Quadro 10 – Caracterização das unidades geológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas						
Era/Período	Grupo/Formação/Suíte/Complexo/Unidade	Simbologia	Dados geocronológicos	Rochas	Plutonismo	Deformação e metamorfismo
Mesozoico	Intrusiva Básica	Qa	---	Depósitos aluvionares; areia, silte, argila e níveis de cascalho pouco frequentes.	Ausência	Ausência
	Grupo Andrelândia Superior Unidade 2	PMas ₂	Rb/Sr 1.098 ± 50 m.a. Ri = 0,70167 1.006 ± 84 m.a. Ri = 0,71404	Rochas: Muscovita-quartzito, muscovita-quartzoxisto e muscovita-xisto, localmente granodíferos, de grãos finos a médios, em arranjo estratificado, com predomínio de um dos tipos sobre os demais.	Ausência	Continental
			1.006 ± 84 m.a. Ri = 0,71404			
			942 ± 72 m.a. Ri = 0,72221 813 ± 32 m.a. Ri = 0,70347 775 ± 40 m.a. Ri = 0,72434	(Grafita)-granada-biotita-plagioclásio-gnaiss, e (muscovita-grafita)-silimanita-granada-biotita-plagioclásio-gnaiss, de grãos médios, cinza, não-bandedados, com lentículas de quartzo deformadas. Associam-se lentes de rochas calcissilicáticas (rc). Ocorrência de corpos de anfibolito.		
	Grupo Andrelândia Inferior Unidade 2	PMai ₂	813 ± 32 m.a. Ri = 0,70347 775 ± 40 m.a. Ri = 0,72434		Ausência	D3 + D4 + D5 Fácies anfibolito
			942 ± 72 m.a. Ri = 0,72221	Biotita-plagioclásio-gnaiss e granada-biotita-plagioclásio-microclina-gnaiss, finalmente bandados, com estruturas blastomiloníticas predominantes. Ocorrência de corpos de anfibolito.		
Proterozoico Médio	Grupo Andrelândia Inferior Unidade 3	PMai ₃	813 ± 32 m.a. Ri = 0,70347 775 ± 40 m.a. Ri = 0,72434 K/Ar			
Proterozoico Inferior	Complexo Mantiqueira Unidade 1	Plm ₁	550 ± m.a. Rb/Sr 2.353 ± 52 m.a. Ri = 0,70201 2.160 m.a. Ri = 0,713 K/Ar 666 ± 14 m.a. 525 ± 06 m.a.	Biotita-plagioclásio-gnaiss trondhjemitico a tonalítico, com domínios granodíferos e/ou anfibólicos, geralmente de grã fina, bandado tectonicamente e parcialmente migmatizado. Intercalam-se lentes de rocha calcissilicática (rc), de xistos magnesianos (tremolítico) (xm) e corpos de metabasito (mtb). Associam-se porções graníticas.		
					D1 + D2 + D3 + D4 + D5 Fácies anfibolito	1. Metabasitos: comportam-se como basaltos toleíticos do tipo MORB-T, derivados de fonte mantélica, com cristalização em sistema aberto de alta pressão e fonte equivalente a granada-lherzolito. São fênicos, pobres em álcalis, correspondendo a um magma tipo gabroídal hawaíítico. 2. Plagioclásio-gnaisses: rochas de associação cafênica ou aluminocafênica, com subtipo granito-trondhjemitico, correspondendo a material metaluminoso com incursão pelo domínio peraluminoso. Aparentemente trata-se de pararochas, correspondendo a gravaucas derivadas de materiais preferencialmente granitoides ácidos, com padrão de ETR semelhante ao da crosta superior pré-cambriana. 3. Tremolíticos: rochas originalmente peridotíticas, de assaolho oceânico, derivadas do manto, envolvendo magma alcalino. Não se associam às rochas básicas, que são do tipo MORB-T.
					D1 + D2 + D3 + D4 + D5 Fácies anfibolito a granulito	Granitoides mais alcalinos: U, Th, Mo Granitoides cálcicos: Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn
Arqueano	Suíte Metamórfica São Bento dos Torres	Asb	Rb/Sr 2.682 ± 110 m.a. Ri = 0,7139	Ortoclásio granito de grã grossa, discretamente rosado e foliado; chamoenderbitio, hiperstênio-diorito e norito, de cor negro-acastanhada a negro-esverdeada e de grãos finos a médios; formação ferrífera com magnetita.	Ausência	Formação ferrífera: Au, Cu, Ag, Pb Orotoclásio-granito: precursor para Au, Ag, Mo, Cu, Pb, Zn

Fonte: CPRM (1991). Org.: C. R. Ribeiro.

Mapa 6 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Geologia



Quadro 11 – Características das fases de deformação encontradas na BHRCDU		
Deformação principal	Representação	Feições características
D ₅		Dobramentos abertos, com planos axiais verticalizados. Gera uma discreta clivagem de fratura planoaxial em quartzitos e uma crenulação em xistos. Eixos preferencialmente orientados para NE-SW e N-S. Granitos pós-tectônicos.
D ₄		Dobramentos geralmente assimétricos, geralmente em joelhos, sem geração de foliação planoaxial. Podem evoluir para formas praticamente isoclinais, com geração de uma foliação S_{t+2} , de difícil distinção de S_{t+1} . Deformam as superfícies S_t e S_{t+1} e podem ter eixos normais a coaxiais com os da deformação D ₃ ; parece tratar-se de uma deformação progressiva com D ₃ . Eixos orientados para SE e S. Não geram lineações minerais importantes. Retrometamorfismo na fácies xisto-verde na sequência supracrustal.
D ₃		Superfície de cavalgamento com estiramento, redução e destruição dos flancos invertidos dos dobramentos. Foliação milonítica (S_{t+1}), em posição axial de dobras isoclinais ou recumbentes e paralelas nos flancos das dobras à foliação S_0 das supracrustais. O contato com o embasamento pode ser brechado. Nessa deformação manifesta-se o pico do metamorfismo na sequência supracrustal. No embasamento mostram-se redobramentos das dobras geradas em D ₂ , com desenvolvimento de uma foliação S_{t+1} nas proximidades do contato com as supracrustais.
D ₂		Afetou apenas as rochas do embasamento. Foliação de transposição S_t , de baixo ângulo, de distribuição regional. Dobras isoclinais e intrafoliais rompidas manifestadas em todas as escalas, com foliação planoaxial paralela à foliação de transposição S_t , mas discordante da foliação S_{t-1} na posição de charneira. Forte lineação de estiramento mineral na superfície S_t . Retrometamorfismo nas rochas charnoquíticas e migmatização.
D ₁		Afetou apenas as rochas do embasamento. Está impressa nessas rochas de maneira muito fragmentária e caracteriza-se por um bandamento ou foliação metamórfica pré-transposição (S_{t-1}). É ressaltada pelas dobras intrafoliais geradas durante a transposição.

Fonte: DNPM/CPRM (1991, Folha Lima Duarte, p. 120).

a) Complexo Mantiqueira/Unidade I (Plm₁)

A unidade geológica de maior abrangência territorial na BHRCDU é o Complexo Mantiqueira/Unidade I (Plm₁). A unidade abrange todo o baixo curso, praticamente todo o médio curso e parte do alto curso da BHRCDU. Ocupa 281,32 km² da área total da bacia hidrográfica estudada, ou seja, 90,22%.

Datada do Proterozoico Inferior, sua litologia caracteriza-se, conforme apresenta o Quadro 10, pela ocorrência de biotita-plagioclásio-gnaiss trondhjemítico a tonalítico, com domínios granádiferos e/ou anfibólicos, geralmente de grã fina, bandado tectonicamente e parcialmente migmatizado. Intercalam-se lentes de rocha calcissilicática (rc), de xistos magnesianos (tremolitito) (xm) e corpos de metabasito (mtb). Registra-se também a ocorrência de associações de porções graníticas. Não há ocorrência de plutonismo. As principais expectativas metalogenéticas correspondem aos granitoides mais alcalinos (U, Th, Mo) e aos granitoides cálcicos (Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn).

Pertencente à Província Geotectônica Mantiqueira, o Complexo Mantiqueira corresponde a um conjunto de gnaisses bandados de grão fino a médio e de composição tonalito-trondhjemítica e granito-granodiorítica, com intercalações frequentes de corpos tabulares de metabasitos e migmatitos. Ressalta-se que (Anfibólio)-granada-biotita-gnaiss, xisto magnesiano e rocha calcissilicática são subordinados ao conjunto. Não se incluem nesse complexo rochas charnoquíticas ou diaforitos delas derivados. Os metabasitos e os migmatitos pertencem a duas gerações: os da primeira geração mostram foliação deformada e transposta; nos da segunda, a migmatização é incipiente a avançada e oblitera a estruturação gnáissica (ou milonítica). Os gnaisses contêm anfibólio e/ou biotita-plagioclásio, granada-biotita-plagioclásio e plagioclásio-microclina, com quantidades variadas de quartzo. As rochas apresentam bandamento desde milimétrico a até alguns centímetros, definido por bandas claras quartzo-feldspáticas e bandas escuras à base de minerais micáceos (biotita). Os metabasitos são de dois tipos: um bem foliado, de granulação fina; o segundo, de granulação média, de aspecto gabroide. Ocorrem ainda, subordinadamente, corpos de rochas ultramáficas xistificadas. Os anfibolitos variam em espessura, desde centimétricos até 2 m, apresentando-se lenticulares, boudinados ou dobrados segundo a foliação milonítica (DNPM/CPRM, 1991, Folha Lima Duarte, p. 71-72; DNPM/CPRM, 1991, Folha Barbacena, p. 59-60).

b) Suíte Metamórfica São Bento dos Torres (Asb)

A segunda unidade geológica de maior abrangência territorial na BHRCDU é a Suíte Metamórfica São Bento dos Torres (Asb), datada do Arqueano. Ocupando um total de 10,88 km² da bacia estudada, registra-se a sua ocorrência em duas pequenas áreas: a primeira localiza-se no alto curso da bacia, apresentando-se como uma faixa que acompanha o vale do Córrego Ponte Funda e que alarga-se progressivamente de suas cabeceiras até a confluência com o Córrego da Cachoeira (corresponde ao Corpo Córrego Ponte Funda, localizado na Folha Lima Duarte – SF.23-X-C-VI); a segunda corresponde a uma pequena área localizada também no alto curso da bacia, em seu extremo oeste, nas cabeceiras do Córrego do Barulho (corresponde a uma pequena porção da suíte metamórfica cuja maior área de ocorrência está entre Ibertioga e o Distrito de São Bento dos Torres, localizada na Folha Barbacena – SF.23-X-C-III).

A litologia dessa unidade, conforme observa-se no Quadro 10, caracteriza-se pela ocorrência de ortoclásio granito de grã grossa, discretamente rosado e foliado; charnoenderbitó, hiperstênio-diorito e norito, de cor negro-acastanhada a negro-esverdeada e de grãos finos a médios; formação ferrífera com magnetita. Não há ocorrência de plutonismo. Entre as expectativas metalogenéticas mais importantes estão a formação ferriera (Au, Cu, Ag, Pb) e o ortoclásio-granito (precursor para Au, Ag, Mo, Cu, Pb, Zn).

Pertencente à Província Geotectônica Mantiqueira, tal unidade compõe-se de alguns corpos de rochas charnoquíticas que não guardam relações de continuidade física com as rochas charnoquíticas do Complexo Juiz de Fora, aflorantes mais ao sul. São essencialmente rochas ortoderivadas, de quimismo ácido a básico, textura granoblástica, localmente blastomiloníticas. No caso da Folha Lima Duarte, verifica-se que as rochas da suíte não apresentam associações com rochas gnáissicas diaforéticas como acontece no Complexo Juiz de Fora. Associa-se aí uma formação ferrífera de aspecto bandado, possivelmente magnetita-quartzito. Já no caso da Folha Barbacena verifica-se que grande parte das amostras analisadas ao microscópio apresenta mineralogia característica da fácies granulito, enquanto o restante apresenta mineralogia típica da fácies anfibolito superior, mas dentro do mesmo contexto geológico. São encontrados aí gnaisses diaforéticos, mas a presença de rochas paraderivadas, como ocorre no Complexo Juiz de Fora, é duvidosa (DNPM/CPRM, 1991, Folha Lima Duarte, p. 25; DNPM/CPRM, 1991, Folha Barbacena, p. 47).

c) Grupo Andrelândia/Inferior/Unidade 3 (PMai₃)

O Grupo Andrelândia/Inferior/Unidade 3 (PMai₃) ocupa 9,30 km² da área total da BHRCU. Datada do Proterozoico Médio, a ocorrência dessa unidade geológica restringe-se a três pequenas áreas também localizadas no alto curso da bacia. A primeira área corresponde a uma faixa localizada nos limites da bacia, que se inicia nas cabeceiras do Córrego Campinho e do Córrego Ponte Funda, e que se estende pela área drenada pelos afluentes da margem direita deste último até aproximadamente metade de seu curso; além disso, essa área estende-se também na direção nordeste através de uma estreita faixa que intercepta o curso do Córrego do Barulho. As outras são duas pequenas áreas localizadas na margem esquerda do Córrego Ponte Funda.

A litologia dessa unidade caracteriza-se, conforme mostra o Quadro 10, pela ocorrência de biotita-plagioclásio-gnaiss e granada-biotita-plagioclásio-microclina-gnaiss, finamente bandados, com estruturas blastomiloníticas predominantes. Registra-se também a ocorrência de corpos de anfibolito. Não há registro de ocorrência de plutonismo. As principais expectativas metalogenéticas são Au, Cu, Mo, U e Th.

O Grupo Andrelândia Inferior, pertencente à Província Geotectônica Tocantins, é essencialmente pelítica, com proporções muito reduzidas de material carbonático e pequena contribuição ígnea. A Unidade 3 do grupo caracteriza-se pela ocorrência de dois tipos fundamentais de rochas, sem que se pudesse estabelecer as predominâncias relativas e as suas relações físicas. Ambos os tipos mostram-se com cor cinza, grão fino e estrutura blastomilonítica, destacando-se em placas paralelas com centímetros de espessura. A estrutura pode ser bandada centimetricamente, com a alternância de leitos de cor cinza e leitos branco-porcelânicos (ultramilonitos), embora domine a rocha não-bandada. A foliação é marcada por minerais micáceos de grão muito fino, que ocorrem em filmes ou agregados lenticulares em meio a uma matriz cinza, também fina, que envolve porfiroclastos félsicos achatados e alongados, com milímetros de comprimento, paralela e linearmente arranjados que, por coalescência, transformam-se em lentículas (DNPM/CPRM, 1991, Folha Lima Duarte, p. 102-103).

d) Grupo Andrelândia/Superior/Unidade 2 (PMas₂)

Outra unidade geológica presente na BHRCU é o Grupo Andrelândia/Superior/Unidade 2 (PMas₂), ocupando 5,93 km² de sua área total. Datada do Proterozoico Médio, tal unidade está presente em apenas duas pequenas áreas de ocorrência. A primeira corresponde a uma estreita faixa localizada no alto curso e próxima aos limites da bacia, na margem direita do Córrego Ponte Funda. A segunda está localizada nas cabeceiras dos córregos Balisa, Jacutinga e da Cachoeira.

A litologia dessa unidade caracteriza-se, conforme mostra o Quadro 10, pela ocorrência de muscovita-quartzito, muscovita-quartzoxisto e muscovita-xisto, localmente granadíferos, de grãos finos a médios, em arranjo estratificado, com predomínio de um dos tipos sobre os demais. Não há ocorrência de plutonismo e não há expectativas metalogenéticas registradas para essa unidade.

O Grupo Andrelândia Superior, pertencente à Província Geotectônica Tocantins, constitui uma unidade essencialmente arenosa, formada por quartzitos com proporções menores de muscovita-xistos. A Unidade 2 do grupo caracteriza-se pela ocorrência de muscovita-quartzito, rocha de grão fino, cinza claro a esbranquiçado, com teor variado de muscovita, também fina, e algumas pontuações negras de opacos ou turmalina (DNPM/CPRM, 1991, Folha Lima Duarte, p. 104).

e) Grupo Andrelândia/Inferior/Unidade 2 (PMai₂)

A quinta unidade geológica presente na BHRCU é o Grupo Andrelândia/Inferior/Unidade 2 (PMai₂), que ocupa 2,85 km² de sua área total e é datada do Proterozoico Médio. Corresponde a uma estreita faixa que estende-se da área drenada pelos afluentes da margem direita do médio curso do Córrego Ponte Funda até as cabeceiras dos córregos Balisa, Jacutinga e da Cachoeira. Sendo assim, essa faixa coincide com o divisor topográfico que separa as águas dos afluentes diretos do Rio Paraibuna (córregos da Cachoeira, Jacutinga e Três Pontes, principalmente) das águas dos afluentes e subafluentes do Ribeirão São Bento (córregos Balisa, Batatal e Carambolinha, principalmente).

A litologia dessa unidade caracteriza-se, conforme mostra o Quadro 10, pela ocorrência de (grafita)-granada-biotita-plagioclásio-gnaiss e (muscovita-grafita)-silimanita-

granada-biotita-plagioclásio-gnaiss, de grãos médios, cinza, não-bandados, com lentículas de quartzo deformadas. Registra-se ainda a ocorrência de associações de lentes de rochas calcissilicáticas (rc) e de corpos de anfibolito. Não há ocorrência de plutonismo. As principais expectativas metalogenéticas são Au, Cu, Mo, U e Th.

O Grupo Andrelândia Inferior, pertencente à Província Geotectônica Tocantins, é essencialmente pelítica, com proporções muito reduzidas de material carbonático e pequena contribuição ígnea. A Unidade 2 do grupo caracteriza-se pela ocorrência de gnaisses e xistos homogêneos, com foliação marcada invariavelmente por palhetas de biotita. A cor dominante é o cinza, com transição contínua para o cinza-claro nos gnaisses menos ricos em biotita. A granada, via de regra, é abundante e ocorre em cristais milimétricos, que ultrapassam os 2 cm de diâmetro nos xistos no extremo ocidental da folha. A moscovita é um constituinte que pode chegar à abundância nos xistos, mas é pouco frequente nos gnaisses (DNPM/CPRM, 1991, Folha Lima Duarte, p. 102).

f) Intrusão Básica (Qa)

A última unidade geológica encontrada na BHRCDU, datada do Mesozoico, é a Intrusiva Básica (Qa), que ocupa 1,55 km² de sua área total. Corresponde a duas estreitas e diminutas faixas que acompanham o vale do Rio Paraibuna, bastante próximas entre si e localizadas imediatamente a jusante da confluência do Córrego Ponte Funda com o Córrego da Cachoeira.

A litologia dessa unidade caracteriza-se, conforme apresenta o Quadro 10, pela ocorrência de depósitos aluvionares, areia, silte, argila e níveis de cascalho pouco frequentes. Não há ocorrência de plutonismo e nem expectativas metalogenéticas registradas para essa unidade.

A Intrusão Básica, pertencente aos Depósitos Quaternários de Cobertura (Depósitos Aluviais), tem sua ocorrência na BHRCDU junto à planície aluvial do Rio Paraibuna, a qual tem apenas seu início na Folha Lima Duarte (SF.23-X-C-III), sendo bastante mais ampla para sudeste, na Folha Juiz de Fora (SF.23-X-D-IV-1). O material aluvial é essencialmente argilossiltico-arenoso (DNPM/CPRM, 1991, Folha Lima Duarte, p. 117).



Foto 1: Afloramento rochoso na BHRCU (07/07/2011).



Foto 2: Perfil de solo às margens da Represa de Chapéu D'Uvas (06/02/2010).

4.1.6.1.3 – Pedologia

A abordagem do elemento pedologia no processo de planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas deve atender a algumas orientações metodológicas fundamentais, entre as quais pode-se destacar:

No Brasil, os levantamentos pedológicos são, em sua grande maioria, a nível exploratório, como os do Projeto RADAMBRASIL, e de reconhecimento, como os executados pela EMBRAPA. Contudo, apesar dos benefícios gerados por esses tipos de mapeamento, as necessidades atuais e futuras em termos de planejamento ambiental em microbacias exigem a produção de informações mais detalhadas, alcançadas apenas nos levantamentos semidetalhado, detalhado e ultradetalhado. Para tal, é imprescindível o uso de fotografias aéreas em grandes escalas (nunca menores que 1:60.000) e, no caso, principalmente, do mapeamento de ultradetalhe, o acompanhamento da variação da cobertura pedológica através de seções de encosta transversais ao canal fluvial (topossequências), que permitem a reconstituição bidimensional da paisagem. No caso do mapeamento de solos em microbacias hidrográficas utilizando topossequências, é preciso estar atento à localização dessas seções, de modo que elas possam abranger diferentes tipos de relevo, com inclinação, forma e comprimento de encosta distintos (BOTELHO, 2009, p. 282).

Em relação às condições ambientais em que se desenvolvem os solos da Zona da Mata mineira, mesorregião geográfica na qual está inserida a maior parte da BHRCDU, verifica-se que “possuem eles argilas compactas, resistentes à erosão, mas, por outro lado, os terrenos são fortemente inclinados, facilitando o trabalho erosivo das águas” (VALVERDE, 1958, p. 10).

Merecem destaque nesse cenário os latossolos, pois as condições climáticas, geológicas e de cobertura vegetal da região fazem com que a mesma congregue todos os fatores necessários à formação e ao desenvolvimento desse tipo de solo. Aliás, de forma geral, pode-se afirmar que na Zona da Mata mineira “há um predomínio dos latossolos, de coloração alaranjada (*yellow-red latosol*) ou amarelada (*yellow-latosol*)” (VALVERDE, 1958, p. 09).

Em termos de área de distribuição, os latossolos vermelho-amarelos (álícos e distróficos) constituem o principal tipo de solo encontrado na Zona da Mata mineira, sendo responsável pelo desenvolvimento da Floresta Estacional Semidecidual, cobertura vegetal original da região. Araújo (2009, p. 66) afirma que dominam na região da Zona da Mata mineira “os Latossolos Vermelho-Amarelos, ácidos, profundos, sendo pobres em nutrientes, desenvolvidos sobre depósitos de cobertura elúvio-coluviais”.

Além dos tipos de solo predominantes na Zona da Mata mineira, outros tipos também podem ser encontrados em áreas restritas e com características específicas. Valverde (1958, p. 09), por exemplo, ressalta que “em raros lugares foi possível observar o tipo de transição (*intergrade*) latossólico-podzólico, com seus horizontes A e B bem distintos”.

As maiores diferenciações na classificação pedológica aparecem nos limites da região. Assim, conforme aponta Valverde (1958, p. 09), a oeste, em consequência da natureza geológica da rocha matriz, principalmente, ocorrem litossolos, derivados de sericitaxistos, micaxistos, etc., da série de Minas (proximidades de Mariana). Já nas proximidades do limite leste, em virtude do fator altitude, os latossolos cedem lugar ao latossolo humoso, bem mais escuro e mais fértil, nas fraldas do Pico da Bandeira, nas vizinhanças de Caparaó Velho.

Não existem levantamentos, nem mesmo em escala de semi-detalle, da pedologia da BHRCUDU, razão pela qual é de fundamental importância situá-la no contexto da pedologia regional da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, que por sua vez encontra, nos mapeamentos na escala 1:1.000.000 realizados no âmbito do Projeto RADAMBRASIL, uma das duas únicas fontes de referência para o estudo da temática em sua área de abrangência.

Porém, antes de analisar a ocorrência e a distribuição das diferentes classes de solos na BHRCUDU, torna-se necessário fazer uma ressalva quanto às modificações introduzidas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. O Brasil, a partir de 1999, passou a adotar um novo sistema de classificação, que apresenta uma série de modificações, ajustes, acréscimos e inovações em critérios de distinção em relação ao sistema anterior. Um grande número de classes de solos de alto nível hierárquico foi incluído no novo sistema com o intuito de abranger tipos de solos expressivamente distintos daqueles constantes do sistema de classificação até então vigente.

Diversos levantamentos pedológicos realizados pela Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas a partir da década de 1950 constataram uma grande diversidade de atributos, de morfologias e de constituição dos solos que ocorrem no território nacional, caracterizado por sua ampla diversidade climática, geológica, geomorfológica e vegetacional. Como o sistema de classificação vigente nesse período não abrangia toda essa diversidade, várias modificações foram introduzidas ao longo dos anos, culminando com a publicação de um novo sistema, em 1999. No caso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, porém, a única atualização refere-se o tipo de solo Podzólico Vermelho-

Escuro, que foi incluído na classe Argissolo Vermelho do sistema de classificação vigente nos dias atuais (EMBRAPA, 2006, p. 355-356).

Carvalho (2010) apresenta uma modelagem de um banco de dados das características pedológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna desenvolvida a partir das informações produzidas pelo levantamento pedológico do Projeto RADAMBRASIL que constam do Volume 32 (páginas 385 a 552), e de seu respectivo Mapa em escala 1:1.000.000, correspondente às Folhas SF.23/24 (Rio de Janeiro/Vitória).

Como o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos é aberto, é possível estabelecer uma hierarquização de classes abrangendo as características utilizadas pelo Projeto RADAMBRASIL. No caso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, foram estabelecidos os seguintes níveis hierárquicos, em ordem crescente: Classe de Solo, Cor, Fertilidade Química, Horizonte Diagnóstico Superficial, Textura e Relevo. O Quadro 12 apresenta esses níveis hierárquicos e a Tabela 12 apresenta a sua distribuição percentual na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.

A análise do primeiro nível hierárquico, correspondente às classes de solo, mostra que são encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna os Argissolos, os Cambissolos e os Latossolos. Verifica-se a clara predominância dos Latossolos, que ocupam 72,49% da área estudada. As principais características dos solos encontrados na área de estudo, segundo as Folhas 23/24 (Rio de Janeiro/Vitória) do Volume 32 do Projeto RADAMBRASIL, são:

Quadro 12 – Níveis hierárquicos para a classificação de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba segundo as características adotadas pelo Projeto RADAMBRASIL

Classe	Cor	Fertilidade Química	Horizonte Diagnóstico Superficial	Textura	Relevo
Cambissolo	-	álico	A moderado	argilosa	forte ondulado
Cambissolo	-	distrófico	A moderado	argilosa	ondulado
Cambissolo	-	álico	A húmico	argilosa	montanhoso
Latossolo	Amarelo	álico	A moderado	argilosa	suave ondulado
Latossolo	Vermelho-amarelo	álico	A moderado	argilosa	forte ondulado
Latossolo	Vermelho-escuro	distrófico	A moderado	argilosa	forte ondulado
Latossolo	Vermelho-amarelo	distrófico	A proeminente	argilosa	ondulado
Argissolo	Vermelho-amarelo	eutrófico	A moderado	média/argilosa	forte ondulado
Argissolo	Vermelho-amarelo	álico	A moderado	média/muito argilosa	forte ondulado
Argissolo	Vermelho-escuro	distrófico	A proeminente	média/muito argilosa	forte ondulado
Neossolo	-	distrófico	A húmico	argilosa	plano
Afloramento de rocha	-	-	-	-	-

Fonte: Souza, Rocha e Zaidan (2009, p. 03).

Tabela 12 – Distribuição percentual dos níveis hierárquicos da classificação de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba

Classe	Argissolo	4,74%
	Cambissolo	22,74%
	Latossolo	72,49%
Cor	Vermelho	4,74%
	Sem cor	22,74%
	Vermelho-amarelo	72,49%
Fertilidade Química	Álico	73,75%
	Distrófico	26,25%
Horizonte Diagnóstico Superficial (A)	Húmico	0,55%
	Moderado	92,26%
	Proeminente a moderado	7,19%
Textura	Argilosa	22,05%
	Argilosa a muito argilosa	50,44%
	Média a argilosa	22,78%
	Média a muito argilosa	4,73%
Relevo	Montanhoso	1,42%
	Montanhoso e escarpado	17,13%
	Montanhoso e forte ondulado	80,00
	Ondulado e forte ondulado	1,45%

Fonte: Carvalho (2010, p. 27).

a) Argissolo Vermelho (antigo Podzólico Vermelho-Escuro):

Compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, na maioria das vezes vermelho-escuro, bruno-avermelhado, bruno-avermelhado-escuro, vermelho e, muito raramente, vermelho-amarelado. Na área de estudo ocorrem, em sua quase totalidade, solos com argila de atividade baixa, com exceção apenas de pequena área no município norte-fluminense de Itaperuna. São predominantemente eutróficos, ocorrendo também solos distróficos e esporadicamente álicos. O horizonte A moderado figura em primeiro lugar pela extensão em que ocorre, seguindo do chernozêmico (para os solos que apresentam argila de atividade baixa) e proeminente. São solos bem a moderadamente drenados, variando de rasos a muito profundos. A textura varia de arenosa a argilosa na parte superficial e franco-arenosa ou mais fina no horizonte B, chegando até a muito argilosa. A relação textural é variável, ocorrendo solos com mudança textural abrupta, até solos com pequena variação do teor de argila ao longo do perfil para certos tipos de material originário (argilitos, folhelhos). São desenvolvidos em materiais de origens as mais diversas, excluídos apenas materiais oriundos total ou predominantemente de rochas básicas e ultrabásicas. O relevo predominante desses solos é o forte ondulado, ocorrendo também o ondulado e até o montanhoso, e são, via de regra, utilizados com pastagem. As suas principais áreas de ocorrência são: Alinhamentos de Cristais do Rio Paraíba, Depressão Escalonada dos Rios Pomba e Muriaé, Depressão Interplanáltica do Rio Doce e Sul do Espírito Santo (MME, 1983, p. 449-450).

Além do latossolo, tipo de solo predominante na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba em Juiz de Fora, também podem ser encontrados nessa região os solos podzólicos, fundamentalmente a variedade Podzólico Vermelho-Amarelado, que “apresenta espessura considerável, porém com horizontes melhor diferenciáveis, especialmente os horizontes A e B, geralmente, de cor cinza” (STAICO, 1977, p. 197).

b) Cambissolo:

Compreende solos minerais com horizonte B câmbico ou incipiente, não hidromórficos e com pouca diferenciação de textura do horizonte A para o B. São solos com certo grau de evolução, porém não suficiente para meteorizar completamente minerais primários de fácil intemperização como feldspatos, micas e outros, não possuem acumulação

significativa de óxidos de ferro, húmus e argilas, que permitam identificá-los como B textural ou B podzol. Muitas vezes apresentam características similares aos solos com horizonte B latossólico, mas diferenciam-se por serem menos evoluídos, menos profundos, ainda com minerais primários de fácil intemperização, ou pela atividade de argila, que apesar de variar de alta a baixa é normalmente superior à dos Latossolos, ou pela presença de minerais amorfos na fração argila, ou pelos teores de silte mais elevados, relação silte/argila mais elevada. Na área de estudo, apresentam atividade de argila sempre baixa. Apresentam sequência de horizontes A, (B) e C, ocorrendo com mais frequência o tipo de horizonte A moderado seguido pelo A proeminente e húmico. Possuem textura média ou argilosa, com ocorrência de textura muito argilosa, são bem a moderadamente drenados e rasos a profundos. São álicos na grande maioria, com saturação com alumínio maior que 50%, seguido pelos distróficos e com uma pequena ocorrência de solos eutróficos na região sul de Minas Gerais próximo a Alpinópolis. Ocorrem nas regiões serranas em relevo montanhoso e escarpado com vegetação de Floresta Perenifólia ou Subperenifólia (Floresta Ombrófila ou Estacional Semidecidual) e nos planaltos em relevo menos movimentado, forte ondulado e ondulado com vegetação de Cerrado ou Campo Cerrado ou Savana. De um modo geral, esses solos não são utilizados agricolamente, apresentando como fatores limitantes ora o relevo acentuado, ora o excesso de alumínio. Como usos mais adequados recomendam-se pecuária extensiva e reflorestamento ou ainda como áreas para preservação de ambientes ecológicos (MME, 1983, p. 492).

c) Latossolo Vermelho-Amarelo:

Compreende solos minerais, não hidromórficos com horizonte B latossólico, apresentando relação molecular Ki baixa, inferior a 1,9, de coloração variando do vermelho ao amarelo e gamas intermediárias. Os solos, de textura argilosa, apresentam teores de Fe_2O_3 no horizonte B inferiores a 9,0%, exceto para alguns casos de textura mais fina (muito argilosa), com até 10,2% de Fe_2O_3 , enquanto que para solos de textura média esses valores são inferiores a 5,3%. São normalmente muito profundos ou profundos, com sequência de horizontes A, B e C com transições entre os subhorizontes difusas e graduais, acentuadamente a bem drenados. O tipo de horizonte A predominante é o moderado, com teores de carbono orgânico entre 0,55 e 2,15%, ocorrendo também o húmico e o proeminente com carbono

variando de 1,67 a 3,82%. Em sua maior parte são solos álicos, ou seja, com percentagem de saturação com alumínio superior a 50%, atingindo até valores próximos a 95%. Os solos distróficos, com saturação de bases inferior a 50%, ocupam também posição de importância, enquanto os eutróficos não foram identificados. Apresentam avançado estágio de intemperismo, com predominância de minerais de argila do tipo 1:1, baixa quantidade de minerais primários e baixa reserva de elementos nutritivos para as plantas. A relação silte/argila é menor que 0,70, o grau de floculação é normalmente igual ou próximo a 100%, refletindo o alto grau de agregação dos coloides, o que torna o solo muito poroso, propiciando maior resistência à erosão. De um modo geral, distribuem-se por toda a área, ocorrendo em relevo forte ondulado e montanhoso, ocasionalmente em relevo ondulado e até suave ondulado para os de textura média do Planalto do Alto Rio Paraná. Esses solos, apesar do relevo bem movimentado que possuem, são bastante utilizados com pastagens e culturas de café e de milho (MME, 1983, p. 426-427).

Referindo-se especificamente aos Latossolos Vermelho-Amarelos que predominam na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna em Juiz de Fora, Staico (1977, p. 195) ressalta que, “nos cortes, esses solos se apresentam com perfis muito profundos e pouco diferenciados”, com uma espessura média próxima dos 40 m.

O horizonte A dos latossolos solo na região é “reduzido a uma camada de menos de 3 metros, cor escura” (STAICO, 1977, p. 195). Essa camada possuía grande destaque no período em que a região estava coberta por matas e ainda imediatamente após a devastação das mesmas. A bibliografia da época refere-se aos solos de então como possuidores de grande fertilidade, fato comprovado pelo êxito da cultura cafeeira durante o século XIX no vale do Rio Paraíba do Sul, abrangendo a Zona da Mata mineira e, mais especificamente, o vale do Rio Paraibuna. Sendo assim, verifica-se ainda que “em vários trechos é totalmente inexistente, como decorrência da ação incontrolável das águas de escoamento superficial difuso” (STAICO, 1977, p. 195).

Em relação ao horizonte B desses solos, Staico (1977, p. 196) destaca uma série de características, entre as quais se destacam: a cor vermelho-pálido, tornando-se vermelho escuro quando hidratado; ocorrência de concreções ferríferas, numa clara demonstração do processo laterítico em evolução; espessura variável, porosidade significativa e alta presença de sílica em sua composição, ocorrendo, algumas vezes, matacões gnáissicos ou graníticos; elevado grau de acidez em função da presença de sílica.

Além desses três tipos de solo que predominam na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, existem outros tipos que ocorrem em áreas reduzidas e específicas. Os solos aluviais, por exemplo, são encontrados na região “em áreas mais restritas, como as várzeas e terraços fluviais, onde os cursos d’água exercem importante ação pedogenética” (STAICO, 1977, p. 197). Esses solos apresentam o horizonte A bem marcado, de cor cinza a preta, e possuem boas qualidades para a prática da agricultura.

Observa-se ainda que “nas regiões de drenagem difícil, bacias fechadas entre colinas, ocorre ainda um tipo de solo de cor escura, muito argiloso, pobre em substâncias orgânicas, que se fendilha facilmente quando ressecado e se apresenta muito pegajoso quando encharcado” (STAICO, 1977, p. 197). Edafologicamente denominado grumossolo, esse tipo de solo possui grande teor de ferro tostado, o que desfavorece a prática da agricultura.

Finalmente, registra-se ainda na região a predominância de argilas lateríticas, que possuem elevado teor de ferro e, conseqüentemente, uma coloração vermelha viva. Observa-se que “a formação dessas argilas liga-se às características climáticas da região” (STAICO, 1977, p. 182), na qual predomina um clima tropical úmido. A geomorfologia local também guarda direta e estreita relação com a ocorrência dessas argilas, pois “sua presença em abundância na Bacia do Rio Paraibuna explica a topografia suave e representada pelos mares-de-morros, formados por colinas de vertentes convexas, como também motiva a rede hidrográfica ramificada e confusa (rede dendrítica) com uma infinidade de afluentes e subafluentes” (STAICO, 1977, p. 182).

Carvalho, Rocha e Zaidan (2010, p. 10) apresentam, de forma sintética, a caracterização da pedologia da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, ressaltando os seguintes itens:

- A classe de solo predominante é a dos Latossolos, ocupando mais de 72% de sua área total;
- Em relação às cores, predominam os solos vermelho-amarelos;
- Em relação à fertilidade química, predominam os solos pobres, sejam eles álicos ou distróficos. Deve-se ressaltar aqui o papel desempenhado pela devastação generalizada da cobertura vegetal original da Zona da Mata mineira com o intuito de ceder lugar à cultura cafeeira, pois, “do ponto de vista da fertilidade, pode-se considerar que, ao iniciar-se a exploração, os solos da Zona da Mata, de modo geral, apresentavam-se moderadamente

férteis. Muito provavelmente seriam ácidos, mas possuíam bom teor de húmus, proporcionado pela floresta” (VALVERDE, 1958, p. 09-10);

- Predominam os solos com horizonte diagnóstico superficial do tipo moderado, o que indica significativo potencial erosivo;

Predominam os solos com textura variando entre argilosa e muito argilosa, principalmente nas porções norte, leste e sudoeste;

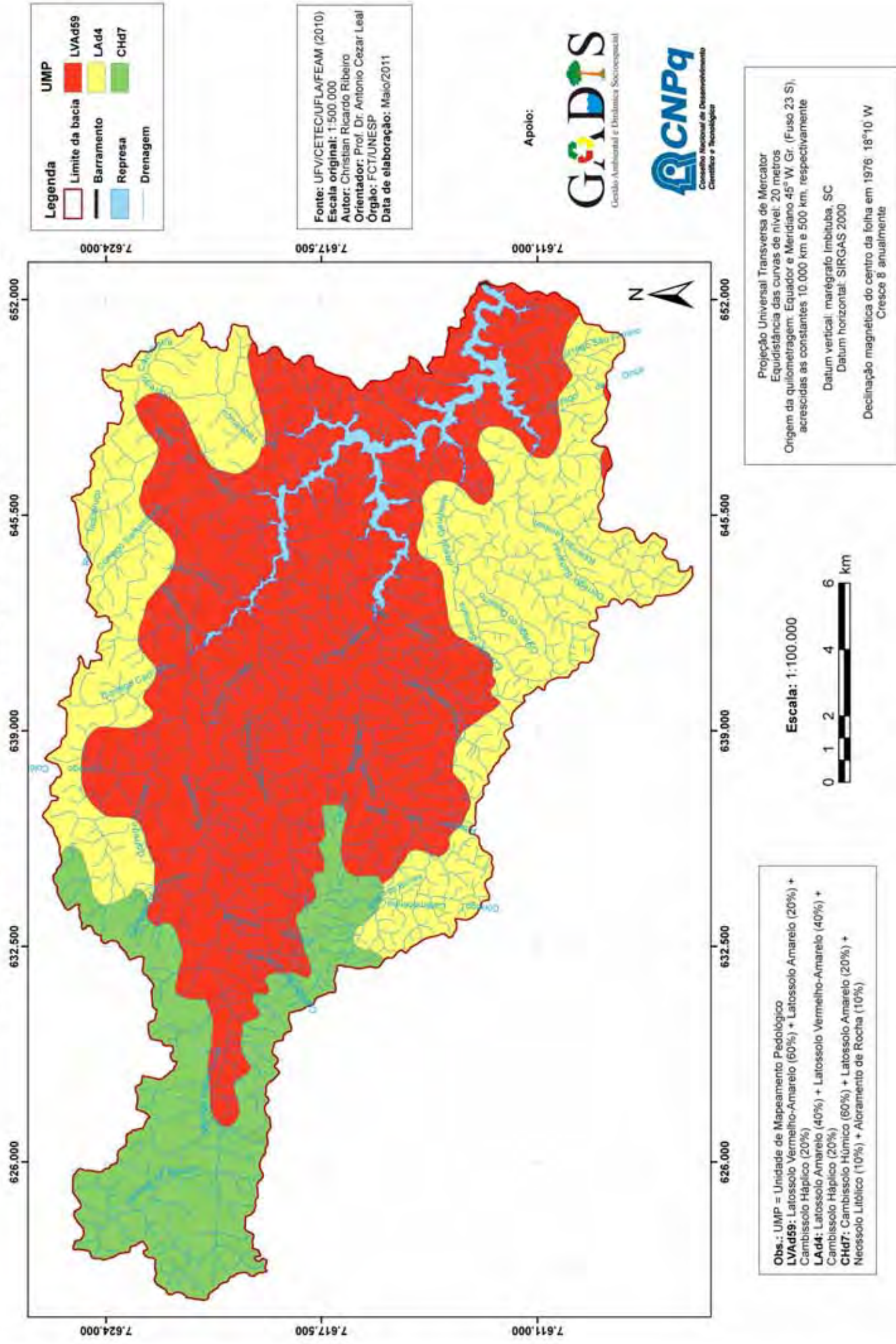
- O relevo é, predominantemente, montanhoso e forte ondulado, sobretudo nas porções norte, sul, sudoeste e leste. Assim, grande parte da bacia apresenta formas acidentadas de relevo, com significativos desníveis e declives fortes ou muito fortes que variam entre 20 e 75%.

De maneira geral, as características pedológicas encontradas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna podem ser transpostas para a BHRCDU. Porém, como se sabe, a escala de 1:1.000.000 não apresenta o grau de detalhamento necessário para o estudo da pedologia no contexto do planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica com a ordem de grandeza daquela aqui estudada.

Recentemente, em 2010, quatro órgãos em conjunto – Universidade Federal de Viçosa, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Universidade Federal de Lavras e Fundação Estadual do Meio Ambiente – publicaram o *Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais*, com sua respectiva legenda expandida, na escala de 1:500.000. Ainda que o mesmo não atenda às exigências de detalhamento para o estudo da pedologia em bacias hidrográficas com ordem de grandeza similar à da BHRCDU, representa, contudo, um incremento no grau de detalhamento dos mapeamentos realizados no Projeto RADAMBRASIL e pode se constituir, certamente, no primeiro passo para o conhecimento mais pormenorizado da pedologia do Estado de Minas Gerais como um todo.

Segundo a publicação citada acima, ocorrem na BHRCDU três unidades de mapeamento com diferentes associações de tipos de solo, sempre com a predominância de um deles: LVAd59, onde predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo; LAd4, com predominância do Latossolo Amarelo; e CHd7, na qual predomina o Cambissolo Húmico. O Mapa 7 apresenta a distribuição dessas unidades de mapeamento de solo na bacia. A seguir, tem-se a sua descrição.

Mapa 7 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Pedologia



a) Unidade de Mapeamento Pedológico LVAd59

A unidade mapeamento **LVAd59** apresenta a seguinte associação de tipos de solo: **LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO** Distrófico típico A moderado e proeminente textura argilosa relevo forte ondulado (60 %) + **LATOSSOLO AMARELO** Distrófico húmico textura muito argilosa relevo ondulado e forte ondulado (20 %) + **CAMBISSOLO HÁPLICO** Tb Distrófico típico A moderado textura média e argilosa relevo forte ondulado e montanhoso (20 %) (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010, p. 17).

Essa é a unidade de maior abrangência na bacia estudada, ocupando 172,07 km² de sua área total. Essa unidade se distribui, principalmente, ao longo do baixo e médio cursos da bacia, incluindo todo o entorno da Represa de Chapéu D'Uvas, de seu barramento até o prolongamento final de seus dois principais braços. A unidade prossegue acompanhando o vale do Rio Paraibuna através de uma faixa, que estreita-se progressivamente até atingir metade do curso do Córrego Ponte Funda, já no alto curso. Estão inclusas nessa unidade boa parte da área de importantes sub-bacias hidrográficas da bacia do manancial, como as dos córregos São Firmino, Caxambu, Estiva, da Roda, Zíper, Estiva, São Bento, Sossego, Três Pontes, Cachoeira, da Onça, Jacutinga e da Cachoeira.

b) Unidade de Mapeamento Pedológico LAd4

A segunda unidade de mapeamento é a **LAd4**, que apresenta a seguinte associação de tipos de solo: **LATOSSOLO AMARELO** Distrófico húmico textura muito argilosa relevo ondulado e forte ondulado (40 %) + **LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO** Distrófico húmico textura argilosa relevo forte ondulado (40%) + **CAMBISSOLO HÁPLICO** Tb Distrófico típico A moderado textura média e argilosa relevo forte ondulado e montanhoso fase pedregosa e não pedregosa (20 %) (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010, p. 08).

Essa unidade ocupa 91,55 km² da área total da bacia, dividindo-se em duas áreas. A primeira corresponde a uma faixa localizada ao sul da bacia, que se estende ao longo de seus limites, iniciando-se aproximadamente na altura do barramento e estendendo-se até o divisor que separa as águas do Córrego Balisa e do Ribeirão São Bento das águas dos córregos da Cachoeira e Jacutinga. Inclui boa parte da área das sub-bacias hidrográficas dos córregos São Firmino, da Onça, Goiabeira, do Deserto, Sesmária, Carambolinha e Balisa e do Ribeirão Lambari. A segunda área localiza-se ao norte da bacia, também numa faixa que se estende junto aos seus limites, estendendo-se desde aproximadamente a altura do primeiro terço do lago da represa até aproximadamente a altura da confluência entre os córregos Ponte Funda e

da Cachoeira. Inclui boa parte da área das sub-bacias hidrográficas dos córregos Cachoeira, Samambaia, Colônia e da Bocaina e do Rio Taquaruçu.

c) Unidade de Mapeamento Pedológico CHd7

A última unidade de mapeamento da bacia estudada é a **CHd7**, apresentando a seguinte associação de tipos de solo: **CAMBISSOLO HÚMICO** Distrófico típico textura média e argilosa fase pedregosa e não pedregosa (60 %) + **LATOSSOLO AMARELO** Distrofio húmico textura muito argilosa (20 %), ambos relevo forte ondulado e montanhoso + **NEOSSOLO LITÓLICO** Distrófico típico A moderado textura argilosa relevo montanhoso e escarpado (10 %) + **AFLORAMENTO DE ROCHA** (10 %) (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010, p. 26).

Essa unidade, que ocupa 48,21 km² da área total da bacia estudada, abrange basicamente o seu alto curso, estendendo-se desde suas cabeceiras até a metade do curso do Córrego Ponte Funda, a partir de onde divide-se em duas faixas que acompanham os seus limites: uma ao norte, que estende-se até as cabeceiras do Córrego da Bocaina; outra ao sul, que estende-se ao longo do divisor que separa as águas do Córrego Balisa e do Ribeirão São Bento das águas dos córregos da Cachoeira e Jacutinga.

As principais características das ordens de solo que ocorrem nas Unidades de Mapeamento Pedológico da BHRCDU são:

a) Latossolos:

São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura (EMBRAPA, 2006, p. 185). Ocorrem na BHRCDU as seguintes subordens:

a.1) Latossolos Amarelos: são solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2006, p. 185).

a.2) Latossolos Vermelho-Amarelos: são solos de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas que não se enquadram nas classes anteriores (latossolos brunos, vermelhos e amarelos) (EMBRAPA, 2006, p. 185).

b) Cambissolos:

São solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Plintita e petroplintita, horizonte glei e horizonte vértico, se presentes, não satisfazem os requisitos para Plintossolos, Gleissolos e Vertissolos, respectivamente (EMBRAPA, 2006, p. 133). Ocorrem na BHRCDU as seguintes subordens:

b.1) Cambissolos húmicos: são solos com A húmico ou horizonte hístico (EMBRAPA, 2006, p. 133).

b.2) Cambissolos háplicos: são solos que não se enquadram nas classes anteriores (cambissolos húmicos e flúvicos) (EMBRAPA, 2006, p. 133).

c) Neossolos:

São solos pouco evoluídos constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Horizonte glei, plíntico, vértico e A chernozêmico, quando estão presentes, não ocorrem em condição diagnóstica para as classes Gleissolos, Plintossolos, Vertissolos e Chernossolos, respectivamente (EMBRAPA, 2006, p. 211). Ocorre na BHRCDU a seguinte subordem:

c.1) Neossolos litólicos: são solos com horizonte A ou hístico, assentes diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Admite um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2006, p. 211).



Foto 3: Processo erosivo nas margens da Represa de Chapéu D'Uvas (06/02/2011).

4.1.6.1.4 – Geomorfologia, hipsometria e clinografia

O estudo da geomorfologia apresenta importância fundamental no processo de planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas desenvolvido segundo a perspectiva da análise integrada da paisagem:

Para estudos integrados da paisagem, os dados de geomorfologia são considerados imprescindíveis. A análise do relevo permite sintetizar a história das interações dinâmicas que ocorreram entre o substrato litológico, a tectônica e as variações climáticas. O estudo da conformação atual do terreno permite deduzir a tipologia e intensidade dos processos erosivos e deposicionais, a distribuição, textura e composição dos solos, bem como a capacidade potencial de uso. Associados a outros elementos do meio, os dados de geomorfologia podem auxiliar na interpretação de fenômenos como inundações e variações climáticas locais. São informações vitais para avaliar movimentos de massa e instabilidades dos terrenos (SANTOS, 2004, p. 78).

A Zona da Mata mineira, mesorregião geográfica na qual se localiza a maior parte da BHRCUDU, está integralmente inserida no Escudo Atlântico, que integra atualmente o que se denomina de Plataforma Sul-Americana. Apresenta um relevo constituído por morros e colinas, com altitudes que variam, em média, entre 500 e 900 metros, e cuja morfologia evoluiu segundo processos de dissecação fluvial ocorridos sobre um embasamento granítico-gnássico. Trata-se de uma série de elevações de topos arredondados com vertentes convexas que terminam em vales planos, formando um conjunto que se denomina de mares de morros (ARAÚJO, 2009, p. 66).

O Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros adota uma “denominação criada pelo geógrafo francês Pierre Deffontaines para as colinas dissecadas que formam verdadeiros níveis, nas zonas da Serra do Mar e da Mantiqueira” (GUERRA e GUERRA, 2005, p. 413). O domínio “corresponde à área de mais profunda decomposição das rochas e de máxima presença de mamelonização topográfica em caráter regional de todo o país” (AB’ SÁBER, 2005, p. 57).

O Projeto RADAMBRASIL trata essa porção do Estado de Minas Gerais como uma unidade denominada Serranias da Zona da Mata mineira, que podem ser “identificadas como relevos de formas alongadas, tipo cristas e linhas de cumeada, que ocorrem principalmente na parte leste do Estado de Minas Gerais” (MME, 1983, p. 346). O relevo regional da Zona da Mata mineira, inserido neste domínio, “varia de ondulado a montanhoso, geralmente mostrando elevações com topos arredondados, com vertentes convexas e côncavo-convexas, terminando em vales planos de larguras variáveis” (FEAM, 1996, p. 12).

Ao discorrer sobre a megageomorfologia do território brasileiro, Ab' Sáber (2009, p. 79) ressalta que a maior e mais persistente deformação em abóbada do Escudo Brasileiro é certamente aquela que ocorre nos terrenos cristalinos do Brasil de Sudeste, que “trata-se de um megadomo cristalino, de presença muito antiga, sujeito a diferentes fases de reativação, a par com complicações paleo-hidrográficas, devido às interferências da tectônica quebrável, a partir dos meados do Terciário”.

Foi justamente a exagerada exaltação dessa paleo-abóbada, de onde nascem drenagens para todos os quadrantes (cabeceias do Rio São Francisco, drenagem da Mantiqueira Ocidental, Alto Paraíba, Alto Tietê, Alto Rio Grande, drenagens do Paraíba mineiro-fluminense e Alto Vale do Rio Doce), que redundou, segundo Ab' Sáber (2009, p. 79), na atuação de uma tectônica quebrável radical, responsável pelo *rift-valley* do médio Paraíba e suas projeções tectônicas na Bacia de São Paulo.

Esse processo ocorreu, inclusive, ao longo do contato com a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. Staico (1977, p.184) afirma que “o vale do Paraíba originou-se de fraturamento transversal ao vale do Paraíba do Sul, onde o Rio Paraíba se encaixou”. Assim, dentro o contexto de formação do vale do Paraíba do Sul, verifica-se que “os níveis de base de erosão do Rio Paraíba e seus afluentes baixaram em consequência dos movimentos epirogênicos modelando, por conseguinte, com forte erosão, como elementos de forma principal, o vale principal numa linha tectônica” (STAICO, 1977, p. 185).

O meio físico da Zona da Mata mineira “pode ser descrito no seu aspecto morfológico como uma área de relevo movimentado, com altitudes entre 300 e 1.000 metros, em sua maior parte coexistindo cursos d'água que apresentam trechos encachoeirados e trechos de águas calmas” (ORLANDO, 2006, p. 79). Valverde (1958, p. 10) destaca que “logo à primeira vista chamam aí a atenção do visitante dois aspectos característicos do relevo: os alinhamentos de cristas e a superfície deprimida no interior da região”. Entretanto, a complexidade morfológica desse meio faz surgir a cada novo ponto de observação uma paisagem diferente, notadamente em seu aspecto morfológico. A complexidade da geomorfologia do leste da Mantiqueira pode ser assim sintetizada:

O planalto da Mantiqueira forma estruturalmente um *anticlinorium*, isto é, uma vasta superfície em que as camadas podem tomar mergulhos e direções diversas, mas no conjunto formam um arqueamento convexo para o alto. Na extremidade voltada para sudeste suas camadas se continuam formando um sinclinal muito fechado no vale do Paraíba. Isto é observável no leito do Paraíba do Sul, onde as camadas e gnaisses se estendem longitudinalmente ao rio, com mergulhos quase verticais, fato que A. R. Lamago comparou a um livro entreaberto virado para cima.

Segue-se um novo *anticlinorium*, que constitui a Serra do Mar. O gnaíse que forma esta serra, considerado e idade arqueana, mantém no estado do Rio uma direção constante SW-NE e, perdendo altitude bruscamente, vai desaparecer sob o mar, cortado pela linha da costa, entre Cabo Frio e Campos (VALVERDE, 1958, p. 10).

A síntese apresentada acima demonstra com clareza a geomorfologia onde se encontra a Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna. O relevo, as falhas, as cachoeiras, os trechos de águas calmas com suas planícies alveolares são uma realidade na bacia desse rio, o mais importante afluente da margem esquerda do Rio Paraíba do Sul.

Valverde (1958, p. 10-12), ao descrever o relevo regional da Zona da Mata mineira, resalta alguns aspectos importantes relativos à sua gênese e desenvolvimento:

- O traço distintivo da orogenia presumivelmente mais nova da Zona da Mata mineira é a virgação da direção das camadas de gnaíse, que se manifesta em toda a região;
- Na parte sul da região, observa-se que as direções das cristas são francamente WSW-ENE, e à medida que se vai para o norte, vão passando gradualmente para o azimuth SSW-NNE, que corresponde à direção geral da Serra do Espinhaço. Essa inflexão nas direções estruturais faz com que os alinhamentos montanhosos se abram na Zona da Mata em forma de leque, concorrendo para dar à região a forma afunilada que ela possui.
- A parte oriental da Serra da Mantiqueira sofreu, entre os maciços de Itatiaia e Caparaó, um afundamento em forma de sela, que tem feição de uma dobra de fundo, de grande raio de curvatura. Tal afundamento provocou fraturas radiais nem sempre paralelas, mas com predominância da direção NW-SE, que foram aproveitadas pelos afluentes da margem esquerda do Rio Paraíba do Sul e do Rio Paraibuna para jusante.
- Os rios Pomba e Muriaé, por exemplo, trespassaram os alinhamentos de cristas por meio de gargantas, e foram regularizar os seus perfis e ampliar as suas bacias de drenagem muito para o interior, fazendo regredir muito a escarpa da Mantiqueira, que se inflete para nordeste, em direção ao centro do Estado de Minas Gerais.

Os limites sul e sudeste da Zona da Mata “são formados por uma franja em que o relevo e a drenagem tomam caráter nitidamente apalacheano” (VALVERDE, 1958, p. 12). Verifica-se, assim, que as fraturas que franquearam a passagem aos grandes rios, como o Paraibuna, o Pomba e o Muriaé, não são mais observáveis, porque a erosão já alargou muito os vales respectivos, fazendo com que somente a direção dos cursos desses rios indique a direção geral das fraturas.

Valverde (1958, p. 12) afirma que a evolução do relevo na Zona da Mata permitiu que nela se desenvolvessem três superfícies de erosão bem regulares. O terceiro nível de erosão,

onde se encontra a BHRCDU, é encontrado em grandes áreas da periferia da Zona da Mata, entre 800 e 900 metros de altitude. Denominado de “Superfície de Ervália”, nesse terceiro nível “o relevo é fortemente dissecado ou mesmo montanhoso” (VALVERDE, 1958, p. 14).

Os padrões do relevo regional mostram uma forte tendência à orientação estrutural e apresentam litologias que caracterizam-se pela ocorrência de coberturas de solos espessos e por exposições rochosas. Verifica-se que, “em geral, as feições geomorfológicas tendem a uma convexidade das vertentes a partir do topo, aliada à formação de grande número de anfiteatros e planícies intermontanas” (PJF, 2004, p. 212).

Uma última característica digna de nota na geomorfologia da Zona da Mata mineira é a intensa dinâmica superficial que a caracteriza, responsável pela ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa (desmoronamentos e deslizamentos). Bastante frequentes em toda a região, esses processos podem ser explicados pela conjugação de três fatores: a presença de um relevo fundamentalmente constituído por morros e morrotes, com vales profundos de encostas íngremes, sujeitos a um alto índice pluviométrico anual; a precária presença da cobertura vegetal, caracterizada principalmente pela ocorrência de pastagens, de capoeiras e de pequenos redutos de florestas secundárias como elementos protetores de blocos de rochas em encostas abruptas, solos residuais espessos e formações superficiais profundas; e a ocupação intensa e desordenada do espaço urbano, principalmente das encostas de maior declividade. Sobre a ocorrência desses processos no domínio dos mares de morros, verifica-se que:

O domínio dos mares de morros tem mostrado ser o meio físico, ecológico e paisagístico mais complexo e difícil do país em relação às ações antrópicas. No seu interior tem sido difícil encontrar sítios para centros urbanos de uma certa proporção, locais para parques industriais avantajados – salvo no caso das zonas colinosas das bacias de Taubaté e São Paulo – como, igualmente, tem sido difícil e muito custosa a abertura, o desdobramento e a conservação de novas estradas no meio dos morros. Trata-se, ainda, da região sujeita aos mais fortes processos de erosão e de *movimentos coletivos* de solos em todo o território brasileiro (faixa Serra do Mar e bacia do Paraíba do Sul) (AB’ SÁBER, 2005, p.17, grifo dou autor).

Deve-se ressaltar que “os movimentos de massa encontrados na região são de vários tipos, desde escorregamentos em solos residuais, corridas de terra, queda de blocos rochosos, deslocamentos de depósitos de talus (avalanche de detritos), queda de matacões e escorregamentos a partir da superfície de contato solo/rocha” (PJF, 2004, p. 213). Além disso, a forte erosão contribui para acelerar a instabilidade do relevo, sendo mais intensa a atuação da erosão laminar, presente extensivamente nas áreas não urbanizadas, ocupadas

principalmente por pastagens. Nas áreas de solos arenosos registra-se ainda a ocorrência de sulcos e voçorocas, causados por escoamento concentrado. Sendo assim, pode-se concluir que:

A Zona da Mata é uma região cuja associação de um relevo ondulado e clima predominantemente chuvoso favorecem os processos de erosão e de movimentos de massa. Estas condições de instabilidade superficiais e sub-superficiais definem um quadro favorável ao desencadeamento de eventos, tais como, deslizamento, desmoronamentos e corridas de massa, que geram prejuízos materiais e humanos quando em áreas de ocupação populacional. Trata-se, portanto, um sistema extremamente frágil às tensões provocadas por elementos exógenos (ARAÚJO, 2009, p. 68).

O desequilíbrio das vertentes pode ser identificado através dos elevados índices de movimentos de massa, principalmente em solos, além de processos erosivos tanto laminares como de escoamento concentrado. Os desmatamentos e os movimentos de terra são responsáveis pela reativação dos processos morfodinâmicos naturais. Por tudo isso, a ocorrência dos movimentos de massa é um fator relevante a ser considerado nas ações de gestão e planejamento do espaço urbano dos municípios da região, pois não raramente os mesmos têm sido responsáveis por perdas materiais e de vidas humanas, principalmente nos meses que registram os maiores índices pluviométricos, ou seja, no verão.

De acordo com os levantamentos realizados pelo Projeto RADAMBRASIL, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna distribui-se por sete unidades geomorfológicas, destacando-se duas delas (ARAÚJO, 2009, p. 76):

a) Unidade Geomorfológica Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul: representa 35,32% (3.035 km²) da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, pertencendo à Região Geomorfológica Vale do Paraíba do Sul do Domínio Morfoestrutural de Faixas de Dobramentos Remobilizados. Essa unidade é composta principalmente por colinas convexo-côncavas, com notável paralelismo entre cristas e vales em função dos rios e falhamentos. Cristas e escarpas erosivas também são comuns.

b) Unidade Geomorfológica Planalto dos Campos das Vertentes: abrange 29,50% (2.535 km²) da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, pertencendo à Região Geomorfológica do Planalto do Centro Sul de Minas do Domínio Escudo Exposto. Essa unidade apresenta-se como um elevado compartimento planáltico intensamente dissecado em formas mamelonares e cristas, resultando numa paisagem característica do tipo mares de morros. Predominam aí modelados de dissecação homogênea com colinas côncavo-convexas e eventuais feições aguçadas, denotando a presença de rochas mais resistentes ao processo

erosivo. Ocorrem também relevos tabuliformes com vales profundos, além de alvéolos ondulados com pequenos anfiteatros, e ainda grandes ravinamentos, principalmente próximos a topos onde há ruptura de declividade acentuada. Alguns topos desnudos também podem ser observados. Nessa unidade localiza-se a BHRCDU.

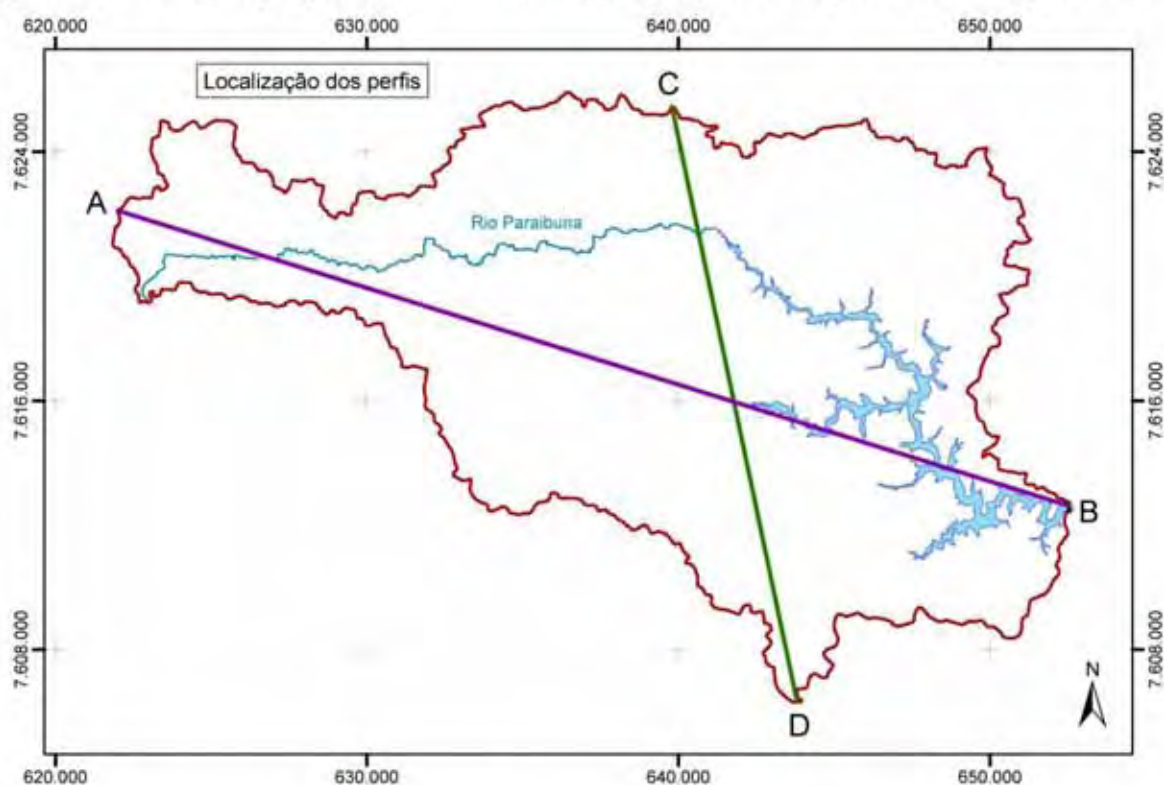
Em relação aos tipos de relevo segundo as faixas de declividade encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, tem-se a seguinte distribuição: 0,08% de relevo plano (0 a 3% de declividade), 2,36% de relevo suave ondulado (3 a 8% de declividade), 11,70% de relevo ondulado (8 a 20% de declividade), 60,64% de relevo forte ondulado (20 a 45% de declividade), 23,74% de relevo montanhoso (45 a 75% de declividade) e 1,44% de relevo escarpado (acima de 75% de declividade) (ARAÚJO, 2009, p. 80).

Já em relação às formas do terreno, verifica-se na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna uma grande frequência de formas côncavo-convexas (33,36% da área total), que se caracterizam por máxima concentração e acúmulo. Além disso, a bacia apresenta 39,50% de sua área total enquadrada na curvatura horizontal convergente e 58,76% na curvatura vertical côncava. Além disso, 28,46% da área total da bacia enquadram-se nas formas convexo-divergentes (caracterizada por máxima dispersão do escoamento), 45,36% na curvatura horizontal divergente e 37,64% na curvatura vertical convexa (ARAÚJO, 2009, p. 80-81).

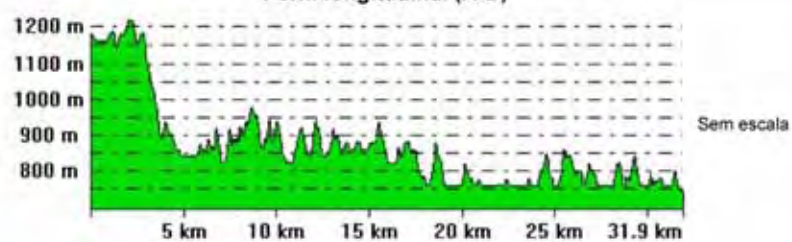
Em relação às altitudes, verifica-se uma variação entre 261 e 2.764 metros. Os valores mais elevados de altitude são encontrados na Serra do Itatiaia, junto à nascente do Rio Preto, e onde se localiza, inclusive, o Pico das Agulhas Negras, considerado o ponto culminante da bacia. Registra-se, assim, uma amplitude altimétrica da ordem de 2.503 metros (ARAÚJO, 2009, p. 82).

A BHRCDU enquadra-se no contexto geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna. Porém, é necessário realizar uma caracterização mais específica deste elemento na bacia hidrográfica estudada para que se possa contribuir de maneira significativa com subsídios ao seu planejamento ambiental. A Figura 38 apresenta alguns perfis topográficos e a Figura 39 apresenta o Modelo Digital de Elevação da BHRCDU. Os Mapas 8, 9 e 10 apresentam, respectivamente, a geomorfologia, a hipsometria e a clinografia da BHRCDU.

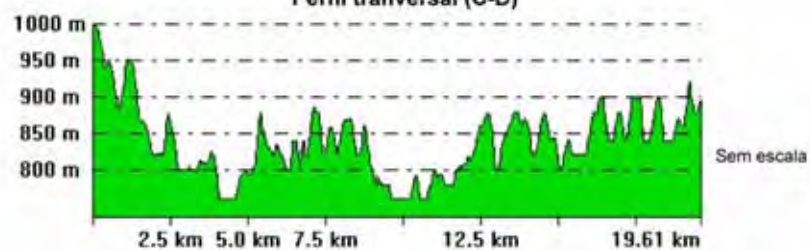
Figura 38 - Perfis topográficos da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas



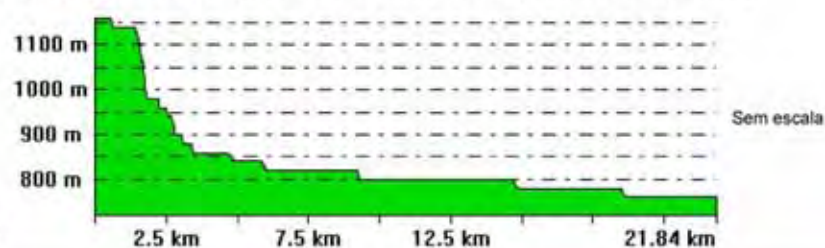
Perfil longitudinal (A-B)



Perfil transversal (C-D)



Perfil longitudinal do Rio Paraíba na BHRCDU (trecho não submerso)

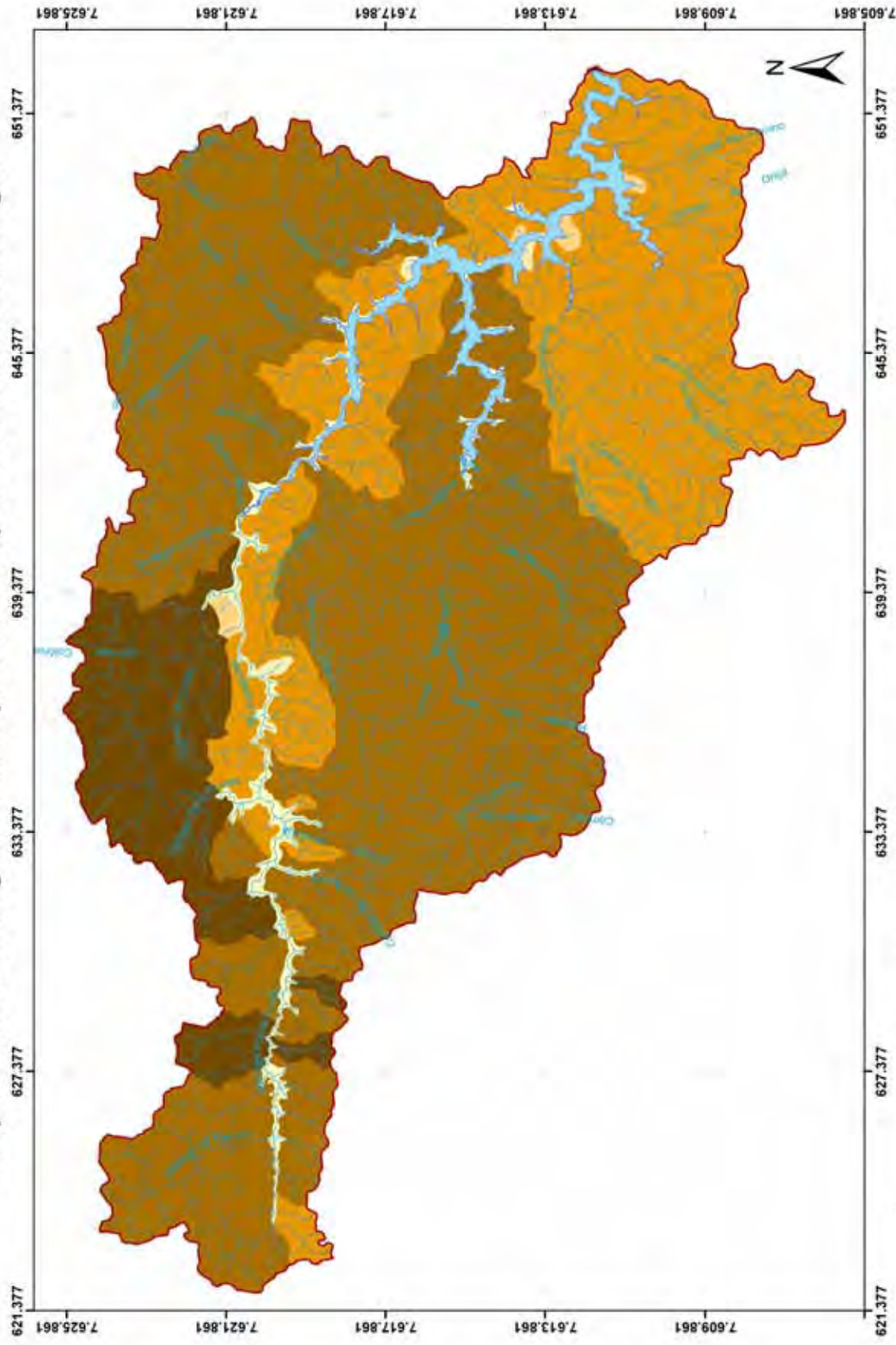


Fonte: IBGE (1976)
Escala original: 1:50.000



Figura 39: Modelo Digital de Elevação da BHRCDU.

Mapa 8 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Geomorfologia



Fonte: IBGE (1976)

Folhas:

SF-23-X-C-VI-1

SF-23-X-C-VI-2

SF-23-X-C-III-3

SF-23-X-C-III-4

Escala original: 1:50.000

Autor: Christian Ricardo Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal

Órgão: FCT/UNESP

Data de elaboração: Setembro/2011

Escala: 1:100.000



Apoio:



Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. (Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W

Cresce 8' anualmente

Legenda		Compartimentação Geomorfológica
	Limite da bacia	Planície fluvial
	Barramento	Colina suave
	Represa	Colina íngreme
	Drenagem	Morro
		Degrau reafeixado
		Degrau escarpado

Mapa 9 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Hipsometria



Mapa 10 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Clinografia



Fonte: IBGE (1976)
Folhas:
SF-23-X-C-VI-1
SF-23-X-C-VI-2
SF-23-X-C-III-3
SF-23-X-C-III-4
Escala original: 1:50.000
Autor: Christian Ricardo Ribeiro
Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal
Órgão: FCT/UNESP
Data de elaboração: Maio/2011

GADIS
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

Apoio:

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
Cresce 8' anualmente

Legenda

- Limite da bacia
- Barramento
- Represa
- Drenagem
- Pontos cotados

Clinografia (%)

- < 5
- 5 - 12
- 12 - 30
- 30 - 47
- 47 - 100
- > 100

A geomorfologia da BHRCDU, conforme mostra o Mapa 8, é constituída, predominantemente, por morros, degraus reafeiçoados e degraus escarpados. Os morros constituem feições que aparecem de forma isolada ou contínua/transicional aos compartimentos de maior índice de desnivelamento, caracterizando-se por apresentar encostas íngremes, topos íngremes e vales encaixados. Essa classe ocupa um total de 89,15 km², o que corresponde a 28,59% da área total da BHRCDU. Os morros ocorrem no baixo curso da BHRCDU, de forma transicional aos degraus reafeiçoados, e ao longo do vale do Rio Paraibuna, de forma subjacente às suas planícies fluviais.

Os degraus reafeiçoados são feições que representam zonas de transição que separam compartimentos com altitudes diferentes, onde a drenagem do compartimento mais baixo encaixa-se progressivamente, fazendo com que o degrau não apresente a fisionomia de uma escarpa bem definida e íngreme e/ou serras que se erguem no interior de um domínio colinoso. Tal classe ocupa um total de 176,67 km², o que corresponde a 56,65% da área total da BHRCDU. Aparecem no alto e médio cursos da bacia, com uma transição entre os degraus escarpados e os morros.

Os degraus escarpados são feições que correspondem às áreas mais elevadas de encostas íngremes. Tal classe ocupa um total de 31,69 km², o que corresponde a 10,16% da área total da BHRCDU. Aparecem nas áreas de contato e de transição entre o alto e o médio cursos da bacia, sempre em áreas de altitudes mais elevadas e de encostas íngremes.

A hipsometria da BHRCDU varia aproximadamente, conforme mostra o Mapa 9, entre 700 e 1.300 m. Verifica-se a ocorrência de uma faixa marginal à Represa de Chapéu D'Uvas e aos seus principais afluentes situada no intervalo de 700 a 800 m de altitude. As áreas adjacentes a essa faixa apresentam altitudes situadas entre 800 e 900 m, observando-se claramente a sua predominância em todo o baixo e médio cursos da bacia. Prosseguindo-se em direção ao alto curso da bacia, as altitudes aumentam gradativamente, até ultrapassarem os 1.200 m. As cabeceiras do Rio Paraibuna encontram-se nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, em área de altitudes relativamente elevadas. A altitude máxima é de 1.238 m, cota alcançada por dois pontos localizados no alto curso da bacia.

Já a clinografia da BHRCDU, de forma geral, apresenta declividades relativamente elevadas, conforme mostra o Mapa 10. Verifica-se que as declividades situadas no intervalo entre 0 e 5% acompanham, predominantemente, as áreas situadas às margens da Represa de Chapéu D'Uvas e de seus afluentes. Adjacentes a essas áreas,

estão aquelas cuja declividade situa-se no intervalo entre 5 e 12%. Verifica-se um forte predomínio de áreas que registram declividades entre 12 e 30%, distribuindo-se ao longo de todo o alto, médio e baixo cursos. As áreas de alta declividade, entre 30 e 47%, entre 47% e 100% e maior que 100% (Áreas de Preservação Permanente), são bem menos frequentes, aparecendo apenas ao longo do perfil longitudinal dos cursos de água, no contato da BHRCDU com as bacias limítrofes a ela, no alto curso da bacia e ao longo dos divisores de água que separam as sub-bacias em seu interior.

Com relação à intensa dinâmica superficial, verifica-se que na BHRCDU, a ausência de uma cobertura vegetal em boa parte de suas vertentes é um fator que contribui de maneira significativa para a intensificação do escoamento superficial, o que, por sua vez, pode contribuir para a formação de ravinamentos e de voçorocas. Alcântara Júnior (2007, p. 77-81) ressalta que podem ser encontrados na BHRCDU vários problemas ligados à erosão: *pipe flow* ou erosão em túneis, erosão por ravinamento, erosão por voçorocamento, alcovas de regressão, caminho de pisoteio e deslizamento e desabamento de regolito. Esse último problema é de particular importância, sobretudo porque pode ser verificado ao longo das margens da Represa de Chapéu D'Uvas, sendo responsável por desencadear o processo de assoreamento em vários pontos. O processo de assoreamento afeta diretamente os aspectos quantitativos e qualitativos da água da represa, podendo contribuir para a redução significativa de sua vida útil.



Foto 4: Aspecto geral do relevo mamelonar da BHRC DU (06/02/2010).



Foto 5: Vista geral de vertentes na BHRC DU (15/03/2012).



Foto 6: Aspecto do relevo mamelonar da BHRC DU com fragmentos florestais (06/02/2011).



Foto 7: Vista de um dos braços da BHRC DU encaixado entre as vertentes de seu relevo mamelonar (07/08/2011).



Foto 8: Vista geral de parte da Represa de Chapéu D'Uvas e suas vertentes (07/08/2011).



Foto 9: Vista geral de parte da Represa de Chapéu D'Uvas e do relevo mamelonar de sua bacia (07/08/2011).

4.1.6.1.5 – Drenagem

A rede de drenagem é um elemento fundamental a ser considerado no processo de planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, até mesmo porque este elemento constitui a referência básica para a delimitação dessa unidade físico-territorial de planejamento e gestão. A respeito desse elemento, é importante ressaltar que:

O estudo da rede de drenagem como um indicador ambiental para o planejamento em microbacias precisa ainda ser explorado. Para isso, é necessário dispor de um mapa-base detalhado da rede hidrográfica, elaborado a partir de fotos aéreas em escalas grandes, preferencialmente não inferiores a 1:25.000, e onde sejam mapeados todos os cursos de água, inclusive os de ordem zero ou efêmeros. Como se trata de áreas de pequenas dimensões, é possível que as diferenças na distribuição da drenagem sejam bastante sutis e, portanto, difíceis de serem interpretadas (BOTELHO, 2009, p. 284).

O estudo da rede de drenagem de uma determinada bacia hidrográfica requer, indispensavelmente, a compreensão de suas principais características morfológicas e de seu regime fluvial: Entre essas características, as principais são:

a) Escoamento e padrão de drenagem

A BHRCUDU constitui uma sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. O Rio Paraíba do Sul, por sua vez, é um dos principais afluentes do Rio Paraíba do Sul, em cuja foz se localiza o Município de São João da Barra (RJ), onde o rio deságua no Oceano Atlântico. Sendo assim, do ponto de vista do escoamento global, o sistema do qual faz parte a BHRCUDU, ou seja, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, pode ser classificada como uma bacia de drenagem exorreica, padrão identificado “quando o escoamento das águas se faz de modo contínuo até o mar ou oceano, isto é, quando as bacias desembocam diretamente no nível marinho” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 102).

O abaixamento da parte oriental da Serra da Mantiqueira acarretou o recuo da frente dissecada de seu bloco falhado, que tomou o rumo do centro de Minas Gerais, o que permite concluir que “a penetração dos rios através das falhas e fraturas transversais

proporcionou boa drenagem para a Zona da Mata, o desenvolvimento de grandes bacias e a conseqüente regularização dos perfis dos cursos fluviais” (VALVERDE, 1958, p. 16).

O Paraibuna constitui-se no rio principal de uma bacia hidrográfica que apresenta uma densa rede de drenagem de padrão dendrítico, embora seja formada por cursos de água de pequena extensão. Os padrões de drenagem referem-se “ao arrançamento espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 103).

A BHRCDU apresenta uma drenagem dendrítica, que “também é designada como arborescente, porque em seu desenvolvimento assemelha-se à configuração de uma árvore” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 103). Tomando-se por base essa analogia, o rio principal corresponde ao tronco da árvore, os afluentes ou tributários do rio principal aos seus ramos e os subafluentes ou tributários dos afluentes e os demais cursos de água aos pequenos ramos e folhas. Da mesma maneira como nas árvores, os ramos formados pelas correntes tributárias distribuem-se em todas as direções sobre a superfície do terreno, e se unem formando ângulos agudos de graduações variadas, mas sem nunca chegar ao ângulo reto.

Os rios, considerados individualmente, foram objeto de classificação do geomorfólogo William Morris Davis, que propôs várias designações, levando-se em conta a linha geral do escoamento dos cursos de água em relação à inclinação das camadas geológicas. Assim, em sentido puramente descritivo, os rios conseqüentes, por exemplo, “são aqueles cujo curso foi determinado pela declividade da superfície terrestre, em geral coincidindo com a direção da inclinação principal das camadas” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 102), formando cursos de lineamento reto em direção às baixadas, compondo uma drenagem paralela.

A análise da direção de seu curso em relação à estrutura das rochas da região que percorre revela “ser o Paraibuna um rio conseqüente, embora em sua rede de afluentes encontremos típicos exemplos de rios inseqüentes, pois que o Paraibuna corre na direção do mergulho geral das camadas (segundo uma linha de fratura), enquanto seus afluentes não se mostram aparentemente controlados por nenhum fator, quer topográfico, quer estrutural” (STAICO, 1977, p. 200). Portanto, os rios inseqüentes “estabelecem-se quando não há nenhuma razão aparente para seguirem uma orientação

geral preestabelecida, isto é, quando nenhum controle da estrutura geológica se torna visível na disposição espacial da drenagem” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 103). São rios que correm de acordo com as particularidades da morfologia em direções variadas, comuns em áreas onde a topografia é plana e em áreas de homogeneidade litológica, como as graníticas.

b) Perfil

Staico (1977, p. 199) ressalta que o Rio Paraibuna “segue a direção geral NW-SSE, recebendo, por ambas as margens, uma infinidade de pequenos afluentes que, apesar de seu modesto porte, se revestem de grande importância por serem formadores de vales secundários que foram eleitos como locais de fixação humana”.

O rio desce por um vale originado de fraturamento transversal ao vale do Rio Paraíba do Sul. A partir das nascentes, seu curso apresenta uma orientação W-E até as proximidades da divisa dos municípios de Antônio Carlos e de Santos Dumont. Nesse trecho de aproximadamente 30 km, as cotas altimétricas vão de 1.180 m a 750 m (COPPETEC, 2006, p. 02). A partir daí, assume a direção NW-SE, passando por Juiz de Fora (MG), principal centro urbano inserido em sua bacia hidrográfica, a 680 m de altitude. Em seguida, recebe as águas do Rio do Peixe e do Rio Preto pela margem direita e do Rio Cágado pela margem esquerda, onde assume o sentido N-S até a foz no Rio Paraíba do Sul. Em seu trecho final, numa extensão de 44 km, após receber o Rio Preto, o curso do Rio Paraibuna passa a acompanhar o leito da estrada de ferro da R.F.F.S.A, tornando-se a partir daí o limite natural entre os estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro. Lança-se à margem esquerda do Rio Paraíba do Sul a 250 m de altitude, com uma vazão média de aproximadamente 200 m³/s (FEAM, 1996, p. 13).

A declividade média do Rio Paraibuna é bastante variável, chegando a atingir valores máximos da ordem de 70 m/km nos 4 km iniciais, ou seja, em seu alto curso (FEAM, 1996, p. 13). Portanto, “o Rio Paraibuna apresenta-se com considerável declividade inicial em seu alto curso, descendo a escarpa da Mantiqueira” (STAICO, 1977, p. 200).

Já nas proximidades de Juiz de Fora (médio curso), a declividade é de aproximadamente 1 m/km. Staico (1997, p. 200) destaca que “a declividade média do rio dentro dos limites do município, numa extensão retilínea de, aproximadamente, 32 km, é de 4 metros de desnível por quilômetro percorrido”. Na área centro-urbana de Juiz

de Fora, “tomando-se como limites o trecho que vai de Benfica até a Vila Ideal, constata-se que o Paraibuna não chega a cair sequer 1 metro por km, nos 20 km desde a ponte Rocha Lagoa” (STAICO, 1977, p. 200).

Staico (1977, p. 200) observa que o rio “remansa-se em grandes extensões, entre Chapéu D’Uvas e a zona central de Juiz de Fora, constituindo o médio curso. Nesse patamar, o rio corre com pequena declividade, salvo, é claro, pontos excepcionais, onde a estrutura das rochas muda essa característica”. Um exemplo dessa excepcionalidade ocorre após a Ponte Getúlio Vargas, junto ao Abrigo Santa Helena, a partir de onde “seu regime se torna novamente torrencial, serpenteando através de um vale estreito e muito profundo, de base rochosa, sendo entrecortado, a curtos intervalos, por sucessivas corredeiras” (STAICO, 1977, p. 200).

Porém, após esse trecho, onde foi construída a primeira usina hidrelétrica da América do Sul (Usina Hidrelétrica de Marmelos Zero), “o rio retoma declividade moderada até as proximidades de Sobragy” (STAICO, 1977, p. 200), iniciando o seu baixo curso propriamente dito. No baixo curso, no trecho compreendido à jusante do Município de Matias Barbosa até o encontro com o Rio Paraíba do Sul, a declividade é de aproximadamente 5 m/km (COPPETEC, 2006, p. 02).

Em resumo, pode-se afirmar que os valores de declividade apresentados “evidenciam o duplo comportamento do rio: trechos de corredeiras e trechos de remanso com meandros. O primeiro realça suas possibilidades hidroenergéticas e o segundo impõe os permanentes cuidados de conservação pra evitar transbordamentos, após racional canalização” (STAICO, 1977, p. 201). A Figura 40 apresenta o perfil altimétrico do curso Rio Paraibuna.

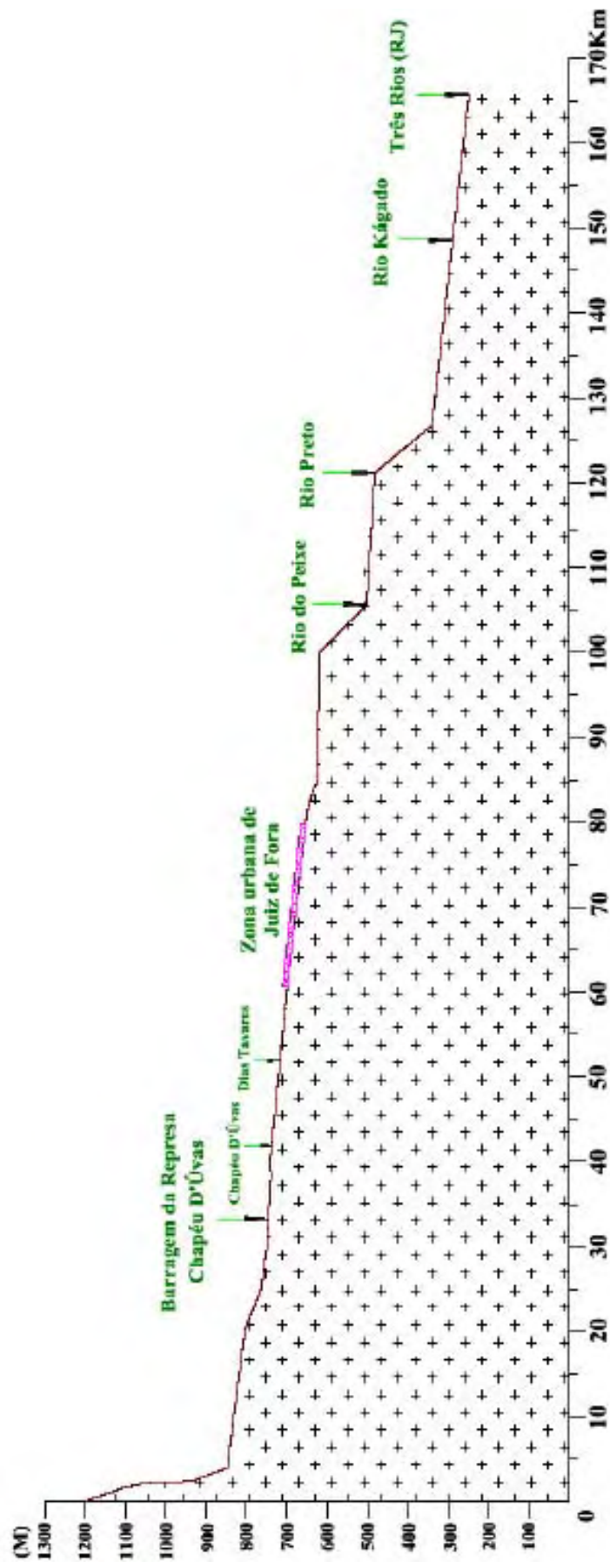


Figura 40: Perfil altimétrico do curso do Rio Paraíba.

Fonte: Alcântara Júnior (2007, p. 40). Adaptado de Staico (1977, p. 207).

Escala: 1:550.000.

O perfil longitudinal de um rio mostra a sua declividade ou gradiente, sendo a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso de água, para as diversas localidades situadas entre a nascente e a foz. Christofolletti (1981, p. 93) ressalta que, “para muitos rios, a curva representativa dessa relação tem a forma parabólica e o perfil típico é côncavo para o céu, com declividades maiores em direção da nascente e com valores cada vez mais suaves em direção de jusante”. A declividade do canal, em qualquer ponto, é a tangente do perfil no referido ponto.

O perfil do Rio Paraibuna na BHRCDU, de uma forma geral, enquadra-se no padrão descrito acima. O perfil apresenta-se com concavidade voltada para o céu, registrando declividades progressivamente maiores em direção à nascente e valores progressivamente menores em direção à desembocadura no manancial. Contando com um comprimento igual a 25,65 km no trecho em que drena a BHRCDU (descontado o trecho submerso após o enchimento do lago da represa), o Rio Paraibuna nasce em uma região com altitudes próximas dos 1.200 m, nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, percorrendo áreas de altitudes progressivamente menores, até alcançar a Represa de Chapéu D’Uvas, numa área de altitudes em torno de 700 m. Essa conformação faz com que o Paraibuna, não somente no trecho em que percorre a BHRCDU, mas em toda a sua extensão, apresente um perfil que enquadra-se de maneira bastante significativa no padrão descrito. Esse padrão é observado também nos principais cursos de água da bacia. O comprimento total do Rio Paraibuna na BHRCDU (somatório entre o trecho submerso pelas águas da represa e o trecho não submerso) é de 50,41 km.

Ainda que não se conte aqui com o perfil do Rio Paraibuna como um todo, das nascentes até a sua desembocadura no Rio Paraíba do Sul, verifica-se, inclusive através de observações em campo, que o mesmo enquadra-se no padrão descrito por Christofolletti (1981, p. 97), segundo o qual o canal fluvial, de montante para jusante, apresenta:

a) Aumento do débito, da largura e da profundidade do canal, da velocidade média das águas e do raio hidráulico;

b) Diminuição do tamanho dos sedimentos, da competência do rio, da resistência ao fluxo e da declividade.

A curvatura do perfil permite inferir o seu equilíbrio. Os cursos de água que apresentam o perfil característico descrito acima são considerados como equilibrados. Christofolletti (1980, p. 97) explica que, na concepção de equilíbrio fluvial proposta por W. M. Davis, como também na de J. H. Mackin, a declividade do canal é o elemento básico que regula os demais. Assim, a concavidade do perfil resultaria de um conjunto de

variáveis, tais como o débito, a carga detrítica fornecida ao rio, a granulometria dos detritos, a resistência ao fluxo, a velocidade da água, a largura, a profundidade e a declividade do canal. O perfil longitudinal resulta, pois, do trabalho que o rio executa para manter o equilíbrio entre a capacidade e a competência, de um lado, com a quantidade e o calibre da carga detrítica, de outro lado, através de toda a sua extensão.

c) Padrão de canal e calha fluvial

O Rio Paraibuna constitui um curso de água com canal único, cuja condição para a sua ocorrência é a de que “o fluxo se efetue ao longo de um único canal” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 147). Podem ser distinguidas aí quatro categorias de rios: retos, sinuosos, meandantes e tortuosos, conforme o grau crescente de sinuosidade. Para se enquadrar um determinado curso de água em uma dessas categorias, utiliza-se comumente o índice de sinuosidade.

O índice de sinuosidade pode ser definido como “a relação entre o comprimento do canal e a distância vetorial entre os extremos do canal” (TEODORO et al., 2007, p. 150). Pode ser calculado através da expressão $Is = L/Dv$ (TEODORO et al., 2007, p. 150), na qual Is = índice de sinuosidade, L = comprimento do canal principal e Dv = distância vetorial do canal principal. Pode ser também expressa da seguinte maneira: $Is = Lv/Lr$ (ANTONELI e THOMAZ, p. 50), na qual Lv = comprimento verdadeiro do canal principal e Lr = comprimento em linha reta do canal principal.

No caso da BHRCDU, tomando-se o comprimento do rio principal desde sua nascente até a desembocadura no manancial, tem-se que:

$$Is = 25,65 \text{ km} / 18,16 \text{ km} = 1,41$$

Levando-se em consideração o comprimento total do Rio Paraibuna na BHRCDU (incluindo o trecho não submerso), igual a 50,41 km, tem-se um $Is = 50,41 \text{ km} / 30,32 \text{ km} = 1,66$.

Lana, Alves e Castro (2001, p. 125) ressaltam que os valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser reto, ao passo que os valores superiores a 2,0 indicam que o canal tende a ser tortuoso. Os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Com um índice de sinuosidade igual a 1,41, o Rio Paraibuna na

BHRCDU, que corresponde ao seu alto curso, apresenta forma transicional entre sinuosa e reta.

A sinuosidade dos canais, segundo Antoneli e Thomaz (2007, p. 56), é influenciada pela carga de sedimentos, pelas características litológicas, pela estrutura geológica e pela declividade. No caso do Rio Paraibuna, o valor do índice de sinuosidade calculado para o trecho em estudo, indicando uma forma transicional do canal, deve-se à ocorrência de planícies de inundação, caracterizando áreas nas quais os canais apresentam uma sinuosidade maior. O valor do índice de sinuosidade, igual a 1,41, indica também que ocorre um fluxo significativo de transporte de sedimentos ao longo dos canais (ANTONELI e THOMAZ, 2007, p. 57).

Uma característica marcante do vale do Rio Paraibuna é a ocorrência de terraços alveolares, cuja formação foi bastante favorecida pela deposição de sedimentos realizada pelos rios. Em relação à formação desses terraços na região, observa-se que ela é, “em parte, explicada pelo dissecamento das vertentes das colinas, fazendo-as recuar paralelamente às suas encostas” (STAICO, 1977, p. 184). Como são bastante comuns na região, Staico (1977, p. 184) destaca que, “caminhando em direção a Chapéu D’Uvas, é possível observar uma série de terraços fluviais de destaque, alguns utilizados pelo homem para sua fixação, outros para atividades agropastoris”.

Em tais superfícies alveolares os rios muitas vezes descrevem sinuosos e contínuos meandros, parecendo muito mais rios de planície do que propriamente de planalto. Christofolletti (1981, p. 163) ressalta que “meandro” é um termo “utilizado para designar o tipo de canal fluvial em que os rios descrevem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si, através de um trabalho contínuo de escavação na margem côncava (local de maior velocidade da corrente) e de deposição na margem convexa (local de menor velocidade)”.

A origem desses meandros, situados no baixo curso do Rio Paraibuna (portanto, fora dos limites da BHRCDU), pode ser compreendida ao atentar-se para o fato de que, “com as quantidades de água de escoamento em questão, numa região de 1.400 a 2.000 milímetros anuais de precipitação, e tendo-se em vista o pequeno declive dos cursos d’água, o Rio Paraibuna é forçado a formar as curvas de meandros nos próprios depósitos fluviais” (STAICO, 1977, p. 185). Além disso, verifica-se que a formação dos meandros “é favorecida pela massa de areia fina de erosão dos arenitos e do quartzo das rochas cristalinas da região” (STAICO, 1977, p. 185).

Outra característica marcante na paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna são os largos e rasos campos de inundação ou várzeas, que ocorrem até mesmo ao longo dos pequenos afluentes. Em relação à sua origem, verifica-se que “a formação das largas várzeas e dos rasos vales em V ou dos vales de base larga de aluvião com declives laterais, principalmente dos atuais pequenos riachos e córregos, indica um maior volume de água nos tempos passados relacionado com a mudança de um clima úmido do Quaternário antigo para um clima excessivamente pluvial na passagem para o Quaternário recente” (STAICO, 1977, p. 187). Soma-se à antiga elevação em relação ao nível normal das águas correntes, quando vastas áreas ainda podiam ser inundadas lateralmente, o fato de que, “no ritmo dos levantamentos epirogênicos, durante o Terciário, os extensos campos de inundação e as rasas gamelas de vales de várzeas foram modeladas, através da água periodicamente estagnada e periodicamente escoando” (STAICO, 1977, p. 186).

Atualmente, com o predomínio da erosão linear e com as áreas de inundação mais elevadas do Pleistoceno e do Holoceno já secas, verifica-se que “apenas as várzeas ao longo do principal rio a montante da zona urbana ainda sofrem consideráveis enchentes em cada período de chuvas” (STAICO, 1977, p. 187).

Em relação ao canal, uma característica marcante refere-se ao fato de que “as ribas do Paraibuna são levemente inclinadas, baixas, argilosas e cobertas de vegetação” (STAICO, 1977, p. 201). Com relação ao seu leito, observa-se que sua constituição “é de pedra, areia, saibro e, por vezes, de material sílico-argiloso” (STAICO, 1977, p. 201).

A calha do Rio Paraibuna apresenta significativa variação de sua largura ao longo de seu perfil longitudinal. Staico (1977, p. 201) ressalta que na zona central de Juiz de Fora a calha do rio pode atingir até 52 m de largura por 6 m de altura, apresentando-se assim em forma trapezoidal. A partir do Bairro Barbosa Lage, em direção à montante, ocorre uma gradual redução na largura da seção do canal, que atinge 40 m após ultrapassar o afluente Três Pontes, já em Benfica. A montante de Benfica, a calha apresenta largura média de 25 m até Dias Tavares. A partir daí, uma redução sensível ocorre somente a partir de Chapéu D’Uvas, quando a calha passa a apresentar uma largura de cerca de 15 m.

Um aspecto importante é que o Rio Paraibuna passou por diversas retificações ao longo das últimas décadas. Alcântara Júnior (2007, p. 41) destaca que “a calha do Rio Paraibuna passou por alterações (retificação do curso do rio e dragagem) devido ao desenvolvimento urbano, possibilitando então uma calha que conseguisse suportar a carga de material orgânico doméstico vindo através das redes de esgotos das habitações,

juntamente com a vazão normal do rio acrescido das águas pluviais nos períodos das cheias”.

d) Regime fluvial

O Rio Paraibuna pode ser enquadrado no regime fluvial do tipo Tropical Austral, “isto é, caracteriza-se por uma época de águas altas e uma época de águas baixas” (STAICO, 1977, p. 201). O deflúvio total transportado pelos cursos de água da região é proveniente das chuvas. Logo, conclui-se que “não só a variabilidade que estas apresentam, mas também suas flutuações se refletem no escoamento fluvial” (STAICO, 1977, p. 123).

Ao se traçar as curvas diferenciais acumulativas correspondentes às chuvas mensais observadas em Juiz de Fora, por exemplo, no período em que se dispõe de dados de observação direta do Rio Paraibuna, e também o fluviograma correspondente ao mesmo período, apresentando, por meio de curva diferencial, as variações e as flutuações do deflúvio mensal observado, conclui-se que “é notável a concordância que se evidencia entre as principais flutuações das chuvas e as do deflúvio do rio” (STAICO, 1977, p. 123).

Utilizando-se de dados gerados a partir de observações realizadas no período 1960-1970, Staico (1977, p. 202) afirma que a descarga média mais alta registra-se no mês de janeiro, com $124,111 \text{ m}^3/\text{s}$. Também no mês de janeiro verifica-se a máxima absoluta, tendo sido registrada uma vazão de $322,857 \text{ m}^3/\text{s}$, a maior medida até então. Porém, a média mais baixa ocorre em setembro, com $9,876 \text{ m}^3/\text{s}$. Já a mínima absoluta também se verificou em setembro, com $6,603 \text{ m}^3/\text{s}$. A Figura 41 apresenta a distribuição regional das características do balanço hídrico em algumas sub-bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul e a Figura 42 apresenta a variação da vazão do Rio Paraibuna nos anos de 2006 e 2007.

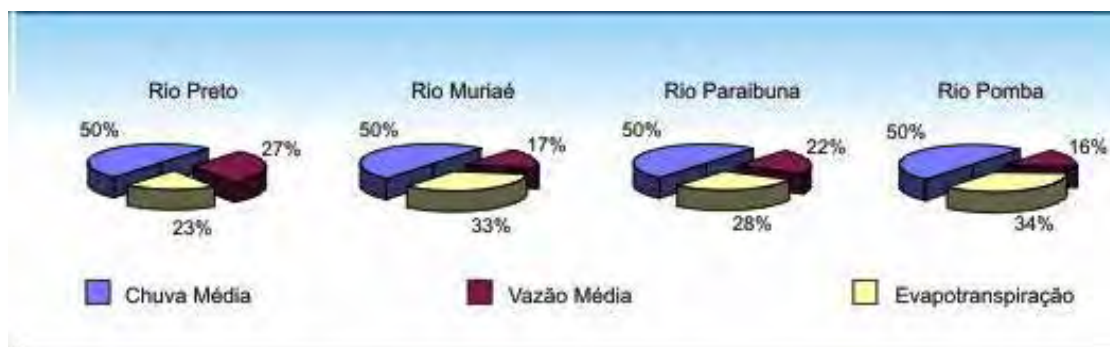


Figura 41: Distribuição regional das características do balanço hídrico em algumas sub-bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul.

Fonte: Atlas Digital das Águas de Minas. Disponível em: <http://www.atlasdasaguas.fv.br/parai/ba/balanco_hidrico_simplificado_nas_sub_bacias_do_rio_paraiba_do_sul_e_itabapoana_em_minas_gerais.html>. Acesso em: 15 out. 2011.

A análise da Figura 41 apresenta a participação das três componentes principais do balanço hídrico simplificado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (até Sobraji). Nesse caso, tem-se uma contribuição de 50% da chuva média, de 28% da evapotranspiração e de 22% da vazão média. O *Atlas Digital das Águas de Minas*, na mesma página de seu sítio eletrônico, fornece ainda os seguintes dados do balanço hídrico simplificado da Bacia do Paraibuna (até Sobraji):

- Área: 3.615 km²;
- Chuva média: 171,33 m³/s;
- Vazão média: 75,30 m³/s;
- Evapotranspiração: 96,03 m³/s;
- Vazão/Chuva: 43,95%.

Verifica-se, assim, em termos de valores médios diários anuais de precipitação e de vazão, uma capacidade relativamente alta de recarga dos aquíferos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, igual a 43,95%.

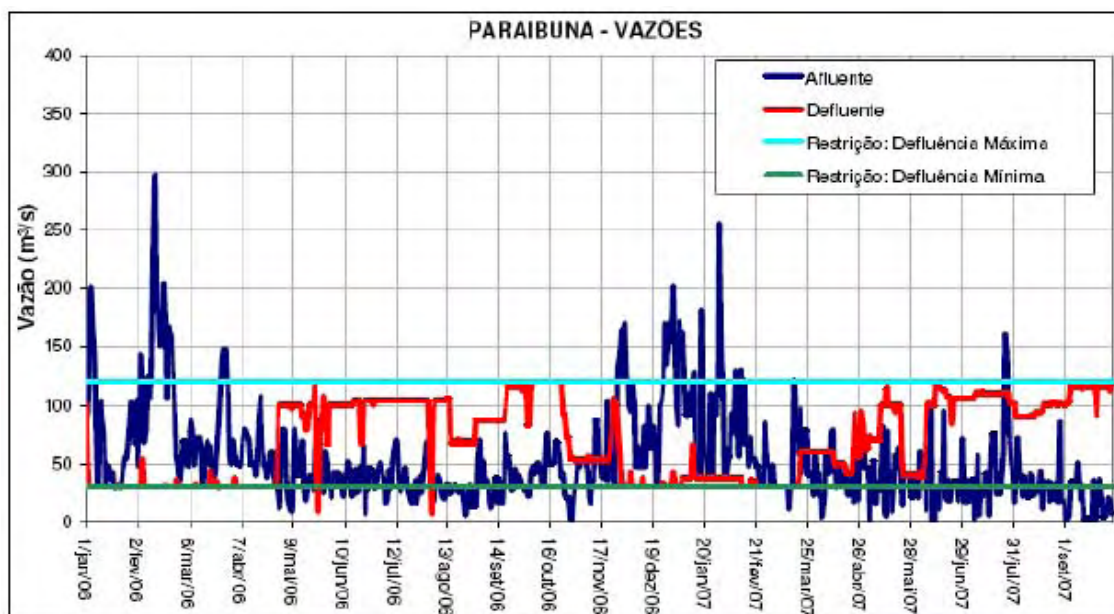


Figura 42: Variação da vazão do Rio Paraibuna (01/01/2006 a 01/09/2007).

Fonte: Alcântara Júnior (2007, p. 43) apud ANA (2007).

A análise da Figura 42 demonstra a concordância entre o regime fluvial do Rio Paraibuna e as características climáticas da região na qual se insere. O clima regional de boa parte da Zona da Mata é definido como Cwa segundo a classificação de Köppen. Esse tipo climático é mesotérmico, apresentando duas estações bem definidas, caracterizando-se como um clima tropical de altitude com verões quentes e chuvosos.

No período abrangido pela figura, verifica-se que a vazão atinge seus valores máximos na estação chuvosa, que estende-se entre os meses de outubro e março. Em fevereiro de 2006, verifica-se a ocorrência dos maiores valores no período abrangido, registrando-se um pico de $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Em janeiro de 2007, registra-se uma vazão superior a $250 \text{ m}^3/\text{s}$. Na estação seca, que estende-se entre os meses de abril e setembro, a vazão não ultrapassa os $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Verifica-se uma amplitude de oscilação da vazão maior na estação chuvosa em relação à estação seca.

4.1.6.1.5.1 - Análise morfométrica

Um método largamente empregado para o estudo da rede de drenagem de bacias hidrográficas é a análise morfométrica. Christofolletti (1980, p. 106) explica que a análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir de 1945, com a publicação do notável trabalho do engenheiro hidráulico Robert E. Horton, que procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias hidrográficas. Horton foi o responsável por introduzir a abordagem quantitativa nos estudos de bacias hidrográficas, elaborando estudos que serviram de base para o desenvolvimento de nova concepção metodológica e de inúmeras pesquisas por parte de vários seguidores.

Horton propôs uma série de índices e de parâmetros para o estudo analítico de bacias hidrográficas, que podem ser agrupados em cinco itens: hierarquia fluvial, análise areal, análise linear, análise hipsométrica e análise topológica. Serão demonstrados aqui apenas alguns desses índices e parâmetros para a análise da rede de drenagem da BHRCDU.

a) Hierarquia fluvial

A hierarquia fluvial “consiste no processo de estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 106), o que facilita e torna mais objetivos os estudos morfométricos (análises linear, areal e hipsométrica) de bacias hidrográficas. O Mapa 11 apresenta a hierarquia fluvial da BHRCDU segundo o Método de Strahler.

A análise do Mapa 11 demonstra que a BHRCDU é uma bacia de sexta ordem. Apesar de o mapa não apresentar nenhum canal enquadrado nessa ordem, verifica-se que, antes do enchimento do lago da Represa de Chapéu D’Uvas, o Rio Paraibuna (quinta ordem), a partir de sua confluência com o Ribeirão São Bento (quinta ordem), passava a ser enquadrado como um canal de sexta ordem. Apenas dois segmentos de canal são classificados como de quinta ordem. O primeiro é o seu rio principal, ou seja, o Rio Paraibuna, que recebe essa denominação a partir da confluência entre o Córrego Ponte Funda e o Córrego da Cachoeira. Porém, para efeito de determinação do rio principal da bacia hidrográfica, considera-se que sua nascente mais distante é aquela localizada próxima ao limite entre os municípios de Antônio Carlos e Santos Dumont, a 1.180 m de altitude,

quando ainda recebe a denominação de Córrego Ponte Funda. É justamente a partir da confluência entre os dois córregos, quando passa a receber a denominação de Paraibuna, que o rio assume a condição de canal de quinta ordem. Até esse ponto, constitui um canal de quarta ordem.

O Rio Paraibuna, quando considerado em toda a sua extensão, constitui um segmento de canal de sétima ordem, tal como demonstrado por Araújo et al. (2009, p. 11). O segundo segmento de canal de quarta ordem é o Ribeirão São Bento. Antes da construção da Represa de Chapéu D'Uvas, o Ribeirão São Bento era um afluente do Rio Paraibuna. Após o enchimento do lado, o ribeirão passou a ser um tributário direto do manancial. A partir da confluência com o Ribeirão São Bento, o Rio Paraibuna passava à condição de canal de sexta ordem.

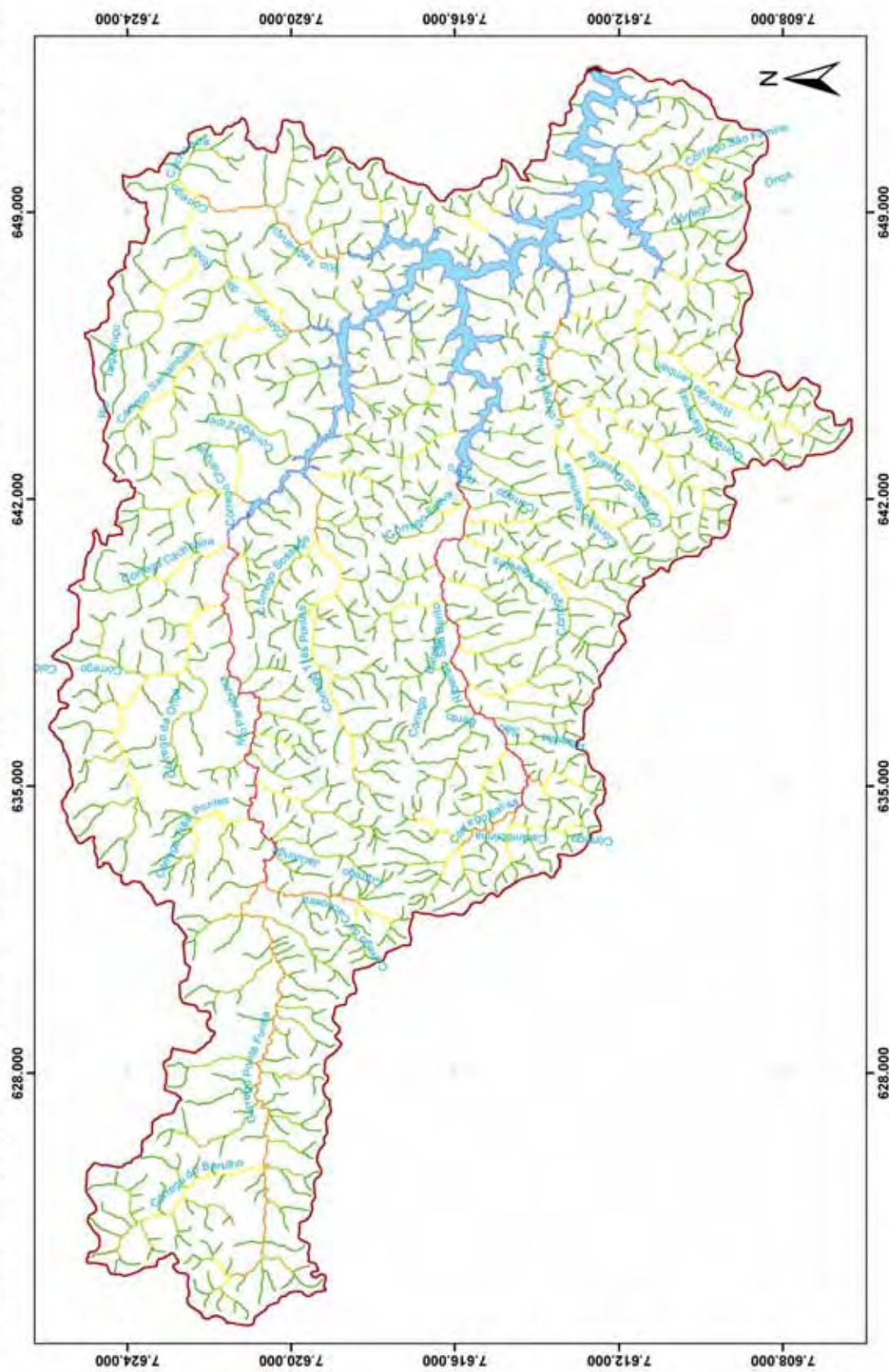
Entre os canais que possuem segmentos classificados como de quarta ordem, estão o Córrego da Cachoeira, o Rio Taquaruçu, o Córrego Três Pontes, o Ribeirão São Bento, o Córrego Goiabeira e o Córrego São Firmino. Estes são os afluentes mais importantes do Rio Paraibuna nos limites da BHRCDU.

Além dos canais de quarta ordem, existe ainda um grande número de canais de primeira, segunda e terceira ordens, o que demonstra o desenvolvimento significativo da rede de drenagem da bacia hidrográfica estudada, pois, conforme apontam Araújo et al. (2009, p. 09), “em geral, tenderão a ser mais bem drenadas aquelas bacias que tiverem ordem maior”. A terceira, a quarta e a quinta ordens incluem os canais de maior extensão, ao passo que nas demais ordens estão incluídos os canais de menor extensão, que geralmente não recebem denominação específica. Foram identificados, em toda a bacia hidrográfica, 1.292 segmentos de canal, que totalizam um comprimento igual a 801,79 km. A Tabela 13 apresenta a distribuição do número e do comprimento dos segmentos de canal por ordens da hierarquia fluvial.

Tabela 13 – Número e comprimento total dos segmentos de canal da BHRCDU por ordem da hierarquia fluvial						
Ordens	1.^a	2.^a	3.^a	4.^a	5.^a	6.^a (*)
Número de segmentos de canal	991	236	52	11	02	01
Comprimento total de segmentos de canal (km)	483,92	173,99	89,86	32,20	21,82	Canal submerso pelo lago da represa

(*) Rio Paraibuna a partir de sua confluência com o Ribeirão São Bento, visível antes do enchimento do lago da Represa de Chapéu D'Uvas.

Mapa 11 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Hierarquia fluvial segundo o Método de Strahler



Fonte: IBGE (1976)

Folhas:

SF-23-X-C-VI-1

SF-23-X-C-VI-2

SF-23-X-C-III-3

SF-23-X-C-III-4

Escala original: 1:50.000

Autor: Christian Ricardo Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal

Órgão: FCT/UNESP

Data de elaboração: Abril/2011

Escala: 1:100.000



Apoio:



Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W Gr. (Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
Cresce 8' anualmente

Legenda

- Limite da bacia
- Barramento
- Represa
- Primeira ordem
- Segunda ordem
- Terceira ordem
- Quarta ordem
- Quinta ordem

b) Relação de bifurcação

A relação de bifurcação foi definida por Horton em 1945 como sendo “a relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 109).

Adotando-se o sistema de ordenação de Strahler, verifica-se que o resultado nunca pode ser inferior a 2. A relação de bifurcação pode ser calculada através da expressão $R_b = N_u / N_{u+1} + 1$, na qual R_b é a relação de bifurcação, N_u é o número de segmentos de determinada ordem e $N_{u+1} + 1$ é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Christofolletti (1980, p. 110) ressalta que, baseando-se na análise da relação de bifurcação, Horton propôs, em 1945, uma das leis da composição da drenagem, enunciada da seguinte maneira: “Em uma bacia hidrográfica determinada, a soma dos números de canais de cada ordem forma uma série geométrica inversa, cujo primeiro termo é a unidade de primeira ordem e a razão é a relação de bifurcação”. A Tabela 14 apresenta a relação de bifurcação para as ordens da hierarquia fluvial da BHRCDU.

Tabela 14 – Relação de bifurcação para as ordens da hierarquia fluvial na BHRCDU		
Ordem	Número de segmentos	Relação de bifurcação
1. ^a	991	---
2. ^a	236	4,20
3. ^a	52	4,54
4. ^a	11	4,73
5. ^a	02	5,50

Castro e Carvalho (2009, p. 04) ressaltam que a relação de bifurcação indica “o grau de dissecação da bacia hidrográfica; quanto maior for o valor do índice de bifurcação, maior será o grau de dissecação; valores geralmente abaixo de 2 indicam relevo colinoso”. Barbosa e Carvalho (2009, p. 168) destacam que, “quanto mais a relação de bifurcação estiver próxima do valor quatro, mais a bacia está em equilíbrio, ou seja, há compensação entre a importação e exportação de energia e matéria do sistema de drenagem”.

No caso da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu ‘Uvas, foi encontrada uma relação de bifurcação superior a quatro para todas as ordens da hierarquia fluvial, o que demonstra o elevado grau de dissecação da região onde se encontra localizada.

Configura-se, portanto, como uma bacia amorreada e alongada, o que favorece uma maior velocidade na dispersão de poluentes e uma baixa propensão a enchentes (RODRIGUES, NOLASCO e JESUS, 2011, p. 3.954).

c) Comprimento do rio principal

O comprimento do rio principal “é a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 111). Existem vários critérios para a determinação do rio principal, conforme aponta Christofolletti (1980, p. 111), cujos resultados apresentam diferenças, que são significativas apenas no caso de pequenas bacias hidrográficas.

Um dos critérios que podem ser adotados na determinação do comprimento do rio principal é aquele que considera o curso de água mais longo, da desembocadura da bacia hidrográfica até determinada nascente, medida como a soma dos comprimentos dos seus segmentos.

No caso da BHRCDU, levando-se em consideração sua nascente mais distante, localizada próxima ao limite entre os municípios de Antônio Carlos e Santos Dumont, a 1.180 m de altitude, quando ainda recebe a denominação de Córrego Ponte Funda, tem-se um comprimento do rio principal igual a 25,65 km (descontado o trecho submerso pelo lago da represa). É importante ressaltar que este valor não leva em consideração o trecho do Rio Paraibuna que ficou submerso após o enchimento do lago da Represa de Chapéu D’Uvas. O comprimento total do Rio Paraibuna na BHRCDU é igual a 50,41 km.

O comprimento do Rio Paraibuna, tomado em sua extensão total, apresenta diferentes valores, de acordo com alguns trabalhos já publicados. Os principais são:

- Araújo et al. (2009, p. 12): comprimento = 170, 2 km;
- FEAM (1996, p. 13): comprimento = 166 km;
- COPPETEC (2006, p. 02): comprimento = 170 km;
- MKM (2002, p. 16, vol. 1): comprimento = 185 km.

d) Gradiente dos canais

O gradiente de canais pode ser definido como “a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 112). O gradiente indica a declividade dos cursos de água, podendo ser medido para o rio principal e para todos os segmentos de qualquer ordem.

Milani e Canali (2000, p. 149) ressaltam que o gradiente do canal pode ser obtido através da expressão $G_c = (A_c/C_c) * 1.000$, na qual G_c = gradiente do canal, A_c = amplitude altimétrica e C_c = comprimento do canal. Foi calculado o gradiente do Rio Paraibuna e dos principais canais da BHRCDU, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – Gradiente dos principais cursos de água da BHRCDU			
Curso de água	Amplitude altimétrica	Comprimento	Gradiente
Rio Paraibuna ^(*)	1.180 m – 760 m = 420 m	25,65 km = 25.650 m	16,37 m/km
Córrego Goiabeira	940 m – 760 m = 180 m	9,01 km = 9.010 m	19,98 m/km
Córrego Samambaia	1.020 m – 760 m = 260 m	7,25 km = 7.250 m	35,86 m/km
Córrego Três Pontes	960 m – 760 m = 200 m	10,05 km = 10.050 m	19,90 m/km
Ribeirão Lambari	880 m – 760 m = 120 m	8,30 km = 8.300 m	14,46 m/km
Ribeirão São Bento	880 m – 760 m = 120 m	9,78 km = 9.780 m	12,27 m/km
Rio Taquaruçu	980 m – 760 m = 220 m	11,67 km = 11.670 m	18,85 m/km

^(*) Leva em consideração apenas o trecho do Rio Paraibuna na BHRCDU não submerso pelas águas da represa.

Machado e Souza (2005, p. 8375) ressaltam que “o gradiente médio dos canais fluviais é um índice que reflete o comportamento do potencial erosivo e de transporte de sedimentos de uma bacia hidrográfica”. Já Milani e Canali (2007, p. 149) destacam que “este parâmetro reflete o potencial de energia no canal fluvial”.

O Rio Paraibuna e os demais canais analisados apresentaram gradientes bastante significativos. É importante ressaltar que a BHRCDU está localizada no alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, em área caracterizada pela ocorrência de mamelonização, pela forte dissecação do relevo e por elevadas declividades. Verifica-se, assim, o significativo potencial erosivo e de transporte de sedimentos desses cursos de água, o que é indicado pelo acentuado desnível altimétrico apresentado pelos mesmos por unidade de comprimento.

e) Área, comprimento e forma da bacia hidrográfica

A área da bacia hidrográfica “é toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 113). Sendo assim, a área da BHRCDU, delimitada a partir do traçado de todos os afluentes e subafluentes do manancial até os seus respectivos divisores de águas, através das cartas topográficas do IBGE, é igual a 311,83 km². Já a área da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna é igual a 8.593 km² (CASTRO, 2009, p. 37) ou, mais precisamente, 8.592,65 km² (ARAÚJO et al., 2009, p. 14).

O comprimento da bacia hidrográfica apresenta várias possibilidades de definição, o que acarreta diversidade nos valores obtidos. Entre as várias definições possíveis, está aquela que considera a maior distância medida, em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 113). Adotando-se esse critério, chega-se a um comprimento igual a 31,91 km, que corresponde à distância medida em linha reta entre a desembocadura (ponto situado no centro do barramento) e um ponto situado no extremo oeste da bacia hidrográfica estudada, situado em suas cabeceiras, próximo ao limite entre os municípios de Antônio Carlos e Santos Dumont e à nascente do Córrego Campinho.

Quanto à forma da bacia, Christofolletti (1980, p. 114) ressalta que, após terem sido desenvolvidos vários processos, V. C. Miller propôs, em 1953, o índice de circularidade, que corresponde à relação entre a área da bacia hidrográfica e a área do círculo de mesmo perímetro. Conforme o enunciado, a fórmula empregada é $I_c = A/A_c$, na qual I_c é o índice de circularidade, A é a área da bacia hidrográfica e A_c é a área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada. O valor máximo a ser obtido é igual a 1,0. Quanto maior for o valor do índice de circularidade, mais próxima da forma circular é a bacia estudada. Assim, para a BHRCDU, cujo perímetro é igual a 116,76 km, e sabendo-se que perímetro = 2 x raio x π e que área do círculo = π x raio², tem-se que:

$$I_c = 311,83 \text{ km}^2 / 1.084,87 \text{ km}^2 = 0,29$$

A BHRCDU apresenta um índice de circularidade relativamente baixo, igual a 0,29, demonstrando sua forma alongada, o que favorece maior velocidade do escoamento da água, maior energia erosiva e baixa propensão à ocorrência de

inundações (BARBOSA e CARVALHO, 2009, p. 169; ANTONELI e THOMAZ, 2007, p. 56).

f) Densidade de rios ou densidade hidrográfica

A densidade de rios “é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 115). Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão como, por exemplo, o quilômetro quadrado.

Esse índice foi proposto inicialmente por Horton, em 1945, sendo calculado pela fórmula $Dr = N/A$, na qual Dr é a densidade de rios, N é o número total de cursos de água e A é a área da bacia hidrográfica. Caso se leve em conta a ordenação de Horton, o número de canais corresponde à soma de todos os segmentos de cada ordem. Caso se utilize a ordenação de Strahler, o número de canais corresponde à quantidade de rios de primeira ordem, pois implica que todo e qualquer rio surge em uma nascente. O cálculo da densidade de rios é importante porque representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água. No caso da BHRCUDU, com um total de 991 segmentos de canal de primeira ordem, tem-se que:

$$Dr = 991 \text{ segmentos} / 311,83 \text{ km}^2 = 3,18 \text{ canais/km}^2$$

Milani e Canali (2007, p. 139) afirmam que tal índice “dá uma ideia mais clara sobre os processos de controle no desenvolvimento da rede hidrográfica, quer sejam naturais, quer sejam artificiais”. Machado e Souza (2005, p.8.375) ressaltam que a densidade de rios auxilia a identificação das propriedades do substrato rochoso e das formações superficiais no que se refere à permeabilidade do terreno. Assim, uma baixa densidade de rios indica que o substrato é rochoso, ao passo que uma alta densidade de rios indica a ocorrência de um substrato mais permeável. Uma densidade de rios elevada pode estar associada ao comportamento de formações superficiais que apresentam uma maior participação de elementos de natureza siltico-argilosa em sua composição.

Oka-Fiori e Canali (1987), ao estudarem a rede de drenagem do Parque Marumbi (PR), estabeleceram alguns valores de referência para a avaliação da densidade hidrográfica: 3,50 a 6,50 (baixa), 6,60 a 9,50 (média) e 9,60 a 12,50 (alta).

Sendo assim, a BHRCDU apresenta uma densidade de rios bastante baixa, igual a 3,18 canais/km², o que demonstra a natureza rochosa de seu substrato geológico e uma baixa capacidade para gerar novos cursos de água.

g) Densidade de drenagem

A densidade de drenagem “correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 115). Inicialmente definida por Horton, em 1945, a densidade de drenagem pode ser calculada pela equação $Dd = L_t/A$, na qual Dd é a densidade de drenagem, L_t é o comprimento total dos canais e A é a área da bacia hidrográfica.

Christofoletti (1980, p. 116) esclarece que, em um mesmo ambiente climático, o comportamento hidrológico das rochas repercute na densidade de drenagem. Nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade há condições melhores para o escoamento superficial, gerando possibilidades para a esculturação de canais, como entre as rochas clásticas de granulação fina e, como consequência, densidade de drenagem mais elevada. O contrário ocorre com as rochas de granulometria grossa. O cálculo da densidade de drenagem é importante porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor da densidade de drenagem, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem. No caso da BHRCDU, com um comprimento total dos segmentos de canal igual a 802,12 km, tem-se que:

$$Dd = 801,79 \text{ km} / 311,83 \text{ km}^2 = 2,57 \text{ km/km}^2$$

Barbosa e Carvalho (2009, p. 167) ressaltam que, “onde a densidade de drenagem é baixa, a presença de rios é pequena, pois os solos são mais permeáveis, ocorrendo o predomínio da infiltração sobre o escoamento superficial; onde a densidade de drenagem é mais alta, há maior número de rios, pois os solos são mais impermeáveis, ocorrendo o predomínio do escoamento superficial sobre a infiltração”. Assim, a densidade de drenagem relaciona-se diretamente com o grau de dissecação. Teodoro et al. (2007, p. 150) destacam que “o comportamento hidrológico das rochas, em um mesmo ambiente climático, vai repercutir a densidade de drenagem, ou seja, onde a infiltração é mais dificultada há maior escoamento superficial, gerando possibilidades

maiores para esculturação de canais permanentes e consequentemente densidade de drenagem mais elevada”.

Villela e Matos (1975, p.16) destacam que a densidade de drenagem “varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia”. Milani e Canali (2007, p. 146) ressaltam que “a densidade de drenagem reflete a propriedade de transmissibilidade do terreno e, consequentemente, a suscetibilidade à erosão”. Assim, uma densidade de drenagem elevada é resultante da baixa transmissibilidade do terreno, estando mais sujeita à erosão. Barbosa e Carvalho (2009, p. 170) destacam ainda que a densidade de drenagem tende a zero nas áreas áridas, de topografia plana e com ocorrência de solos arenosos. Porém, nas áreas úmidas, montanhosas e com ocorrência de terrenos impermeáveis, a densidade de drenagem tende ao máximo.

Christofoletti (1969, p. 41) estabeleceu valores de referência para a avaliação da densidade de drenagem: menor que $7,5 \text{ km/km}^2$ (baixa), entre $7,5$ e $10,0 \text{ km/km}^2$ (média), maior que $10,0 \text{ km/km}^2$ (alta). Villela e Matos (1975, p. 16) consideram que, “embora existam poucas informações sobre a densidade de drenagem de bacias hidrográficas, pode-se afirmar que este índice varia de $0,5/\text{km}^2$, para bacias com drenagem pobre, a $3,5$ ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas”.

Assim, a BHRCUDU, cujo índice é igual a $2,57 \text{ km/km}^2$, apresenta uma densidade de drenagem bastante baixa. Indica, portanto, um baixo grau de desenvolvimento da rede de drenagem da bacia hidrográfica estudada. Como a bacia apresenta baixa densidade de drenagem, conclui-se pela sua elevada transmissibilidade, o que significa que o terreno onde se encontra possui uma boa capacidade de infiltração. Verifica-se, assim um predomínio da infiltração sobre o escoamento superficial, com menores possibilidades de esculturação de novos canais permanentes e menor suscetibilidade à erosão.

h) Coeficiente de manutenção

O coeficiente de manutenção foi proposto por Schumm em 1956 e, segundo Christofoletti (1980, p. 117), “esse índice tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento”. Considerado como um dos valores numéricos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem, pode ser calculado através da expressão $C_m = (1/D_d) * 1.000$, na qual C_m é

o coeficiente de manutenção e D_d é o valor da densidade de drenagem, expresso em metros. No caso da BHRCDU, com uma densidade de drenagem igual a $2,57 \text{ km/km}^2$, tem-se que:

$$C_m = (1/2,57 \text{ km/km}^2) * 1.000 = 389,11 \text{ m}^2/\text{m}$$

Barbosa e Carvalho (2009, p. 171) ressaltam que o coeficiente de manutenção indica o grau de desenvolvimento da rede de drenagem, ampliando a densidade de drenagem e a densidade hidrográfica, o que tende a provocar a redução absoluta de seu valor ou a sua redução relativa, por cada canal. Esse índice é inversamente proporcional à densidade de drenagem. No caso da BHRCDU, que possui uma densidade de drenagem relativamente baixa, verifica-se um coeficiente de manutenção relativamente alto, igual a $389,11 \text{ m}^2/\text{m}$. Sendo assim, verifica-se uma pequena capacidade da bacia estudada em gerar novos cursos de água e, conseqüentemente, um baixo grau de desenvolvimento de sua rede de drenagem.

i) Amplitude altimétrica máxima da bacia hidrográfica

A amplitude altimétrica máxima da bacia hidrográfica “corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 119).

A determinação da diferença máxima de altitude pode encontrar algumas dificuldades: muitas vezes, a cota máxima representa apenas um ponto excepcional dentro da bacia hidrográfica, ou as escarpas de uma serra ou frente montanhosa na qual nascem alguns canais integrantes da rede, permitindo que a escolha do ponto máximo forneça um resultado que mascare o real significado da movimentação topográfica da bacia de drenagem; outras vezes, a cota máxima está localizada próxima à desembocadura da bacia hidrográfica, numa faixa interfluvial, enquanto toda ela se desenvolve em uma topografia com cotas inferiores (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 119).

Uma das possibilidades de determinação da cota máxima é considerá-la como a média resultante dos pontos mais elevados entre os canais de primeira ordem do trecho superior da bacia hidrográfica. Deve-se, no mínimo, considerar dez pontos cotados. Se a

magnitude da bacia hidrográfica for pequena, todos os pontos podem ser considerados (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 119).

No caso da BHRCDU, considerando-se todos os pontos cotados com altitude superior a 1.000 m entre os canais de primeira ordem de seu trecho superior (19 pontos), tem-se que:

$$\begin{aligned} \text{Cota máxima} &= 1.010 \text{ m} + 1.014 \text{ m} + 1.018 \text{ m} + 1.032 \text{ m} + 1.115 \text{ m} + 1.119 \text{ m} + \\ &1.148 \text{ m} + 1.159 \text{ m} + 1.078 \text{ m} + 1.189 \text{ m} + 1.190 \text{ m} + 1.206 \text{ m} + 1.210 \text{ m} + 1.210 \text{ m} + \\ &1.218 \text{ m} + 1.219 \text{ m} + 1.230 \text{ m} + 1.238 \text{ m} + 1.238 \text{ m} = 21.841 \text{ m}/19 = 1.149,53 \text{ m}. \end{aligned}$$

Assim, a amplitude altimétrica máxima da BHRCDU será:

$$H_m = 1.149,53 \text{ m} - 740 \text{ m} = 409,53 \text{ m}$$

A BHRCDU apresenta, assim, uma amplitude altimétrica máxima igual a 409,53 m, resultante da diferença entre a cota máxima e a cota da desembocadura (barramento da represa). Deve-se ressaltar a significativa amplitude altimétrica máxima apresentada pela bacia, localizada no domínio morfoclimático dos mares de morros, caracterizando-se pela forte dissecação do relevo, pela ocorrência de relevo mamelonizado e por apresentar elevadas declividades.

j) Relação de relevo

A relação de relevo, inicialmente proposta Schumm, em 1956, corresponde ao “relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente à principal linha de drenagem” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 120).

A determinação da relação de relevo pode ser realizada através da expressão $R = H_m/L_h$, na qual R = relação de relevo, H_m = amplitude topográfica máxima e L_h = comprimento da bacia. Christofolletti (1980, p. 121) ressalta que, em virtude das várias sugestões propostas para se estabelecer o comprimento da bacia, as mais aconselháveis são utilizar-se o seu diâmetro geométrico ou o comprimento do principal curso de água. No caso da BHRCDU, considerando o comprimento do Rio Paraibuna igual a 25,65 km (sem o trecho submerso pelo lago da represa), tem-se que:

$$Rr = 409,53 \text{ m} / 25.650 \text{ m} * 100 = 1,60\%$$

Levando-se em consideração o comprimento total do Rio Paraibuna na BHRCDU (incluindo o trecho não submerso), igual a 50,41 km, tem-se uma $Rr = 409,53 \text{ m} / 50.410 \text{ m} * 100 = 0,81\%$.

Salgado et al. (2009, p. 4.840) ressaltam que “os estudos efetuados por Patton & Baker (1976) em bacias com altos e baixos potenciais às inundações indicaram a relação de relevo, densidade de drenagem e ordem dos canais como as três variáveis morfométricas mais influentes na indicação de bacias com alto potencial à inundação”.

Assim, a BHRCDU, caracterizada pelo relevo dissecado, formas irregulares e acidentadas e elevada amplitude altimétrica, apresenta uma relação de relevo igual a 1,60%, o que favorece o escoamento mais rápido das águas e indica uma baixa propensão à ocorrência de enchentes.

1) Índice de rugosidade

O índice de rugosidade “combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica (H) e a densidade de drenagem (Dd)” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 121). Assim, o índice é calculado através da expressão $Ir = H * Dd$.

Se a densidade de drenagem aumenta enquanto o valor da amplitude altimétrica permanece constante, a distância horizontal média entre a divisória e os canais adjacentes será reduzida, acompanhada de aumento na declividade da vertente. Se o valor da amplitude altimétrica aumenta enquanto a densidade de drenagem permanece constante, também aumentarão as diferenças altimétricas entre o interflúvio e os canais e a declividade das vertentes (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 121). Assim, para a BHRCDU, com $H = 409,53 \text{ m}$ e $Dd = 2,57 \text{ km/km}^2$, tem-se que:

$$Ir = 0,40953 \text{ km} * 2,57 \text{ km/km}^2 = 1,05$$

Christofolletti (1980, p. 121) ressalta que os valores extremamente altos do índice de rugosidade ocorrem quando ambos os valores são elevados, isto é, quando as vertentes são íngremes e longas. No tocante ao índice de rugosidade, pode acontecer

que áreas com alta densidade de drenagem e baixo valor de amplitude altimétrica sejam tão rugosas quanto áreas com baixa densidade de drenagem e elevado valor de amplitude altimétrica. Sendo assim, Barbosa e Carvalho (2009, p. 171) destacam que, “quanto maior é o valor da rugosidade, mais íngremes são as vertentes”. Lobão e Vale (2007, p. 2.772) que índices de rugosidade com valores pequenos (menores que 1,0) resultam de uma baixa capacidade de dissecação do relevo, o que se deve, dentre outros fatores, à presença de solos com maiores taxas de infiltração e de armazenamento de água, como os latossolos, por exemplo. Assim, valores elevados de índice de rugosidade indicam alta energia do relevo, o que confere forte vulnerabilidade à erosão, podendo fragilizar e comprometer os ecossistemas locais.

Assim, a BHRCUDU, com índice de rugosidade igual a 1,05, apresenta vertentes íngremes e longas, com elevadas diferenças altimétricas entre o interflúvio e os canais e a declividade, alta energia do relevo e, conseqüentemente, elevada vulnerabilidade à erosão.



Foto 10: Vista parcial do lago da Represa de Chapéu D’Uvas (07/08/2011).



Foto 11: Ponto de deságue de tributário da Represa de Chapéu D'Uvas (06/02/2010).



Foto 12: Vista geral de um dos braços da Represa de Chapéu D'Uvas (07/08/2011).

4.1.6.1.6 – Unidades do meio físico

As unidades do meio físico podem ser consideradas como uma síntese das características do meio físico da bacia hidrográfica, identificadas através dos dados coletados, dos trabalhos de campo realizados e dos mapas temáticos produzidos. Estas características e estes mapas foram analisados separadamente e posteriormente integrados, permitindo assim a obtenção das unidades do meio físico.

Porém, para a obtenção das unidades do meio físico, além da sobreposição dos mapas temáticos dos diversos elementos componentes do meio físico, foram consideradas também as características que as individualizam, ressaltando a sua expressividade para a definição das mesmas. Leal (1995, p. 58) ressalta que as unidades do meio físico “representam, portanto, mais do que áreas delimitadas por sobreposição de cartas, e sim áreas que apresentam relativa homogeneidade nos seus fatores naturais, atributos, funções, aptidão para determinada forma de uso e ocupação, e respostas semelhantes para as ações antrópicas”. Dibieso (2007, p. 63) ressalta que a “a análise das unidades do meio físico poderá servir como parâmetro para o planejamento ambiental, pois, através dos resultados obtidos, podemos estabelecer níveis de restrição ao uso e ocupação do solo e, com isso, adequar os projetos de parcelamento e de uso e ocupação do solo às características físicas da área”.

A geomorfologia apresenta um lugar de destaque na definição de unidades do meio físico. Leal (1995, p. 72) ressalta que o relevo pode ser considerado como “a mais importante variável na definição das unidades físicas”. Já há algum tempo o conhecimento geomorfológico vem sendo considerado cada vez mais relevante no que diz respeito aos aspectos relacionados à questão ambiental, principalmente em trabalhos que se relacionem à elaboração de relatórios, diagnósticos e inventários que subsidiem o planejamento das paisagens. Sobre a importância crescente da Geomorfologia nessas atividades, verifica-se que:

Ressalta-se, aqui, que o conhecimento dos aspectos teóricos que envolvem o conceito de paisagem e unidades de paisagem é fundamental para que possam ser estabelecidas propostas de trabalhos, no âmbito da Geomorfologia Ambiental, coerentes e eficazes no que diz respeito a metodologias de planejamento ambiental, em escalas local, regional ou nacional. Nesse sentido, a Geomorfologia, através de sua abordagem ambiental, pode ser privilegiada, tendo em vista possuir metodologias e ferramentas de grande importância para as pesquisas ambientais que podem definir e espacializar as interações

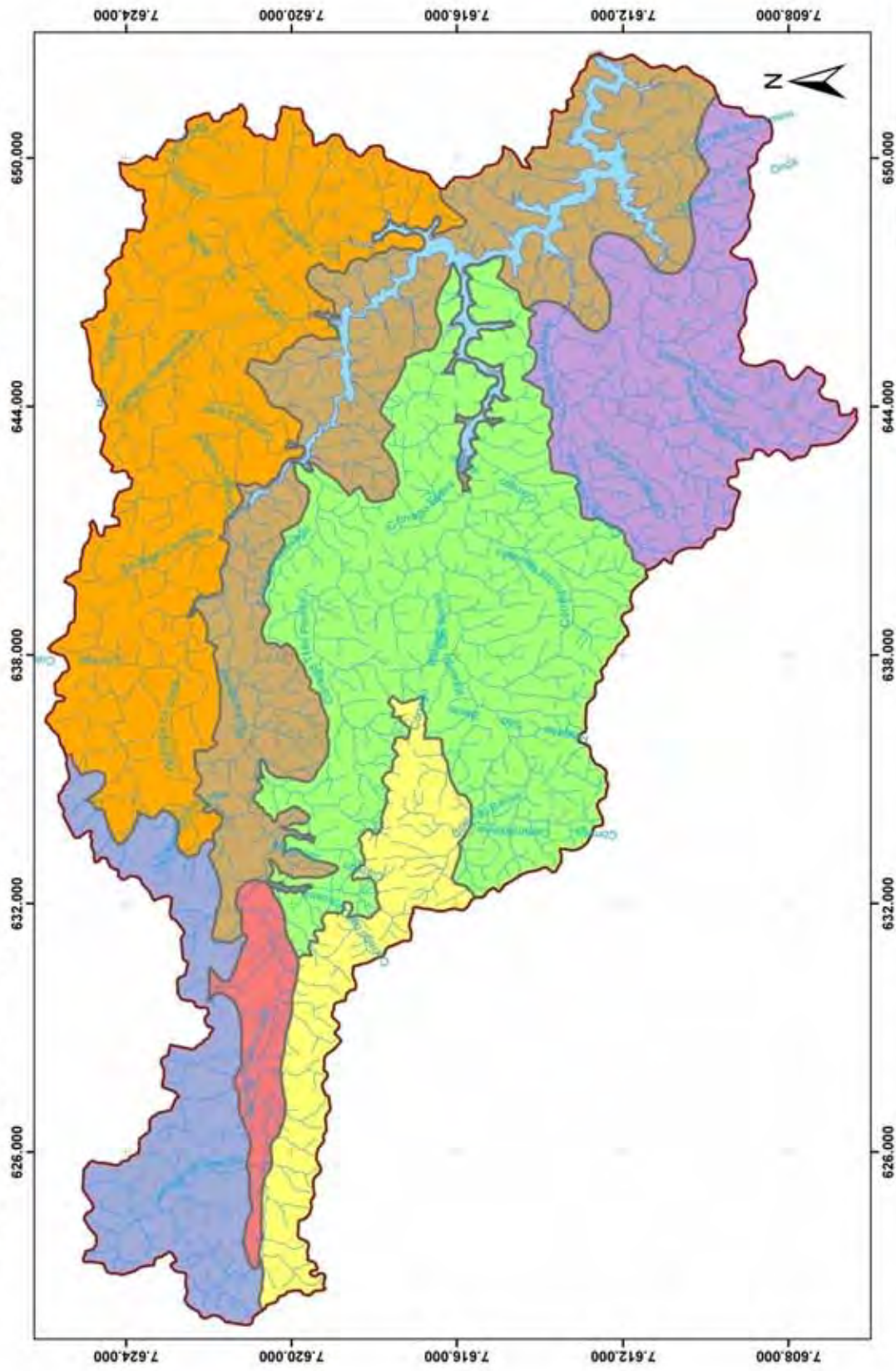
entre os diferentes componentes do meio natural. As diversas formas do relevo apresentam inter-relação direta com a geologia, solos e hidrografia da área de interesse, podendo-se expressar, através dos mapeamentos geomorfológicos, o necessário conhecimento do meio físico nos trabalhos que abordem a realização e integração com informações sociais e econômicas (GUERRA e MARÇAL, 2006, p. 15-16).

Pode-se afirmar que a adoção do conceito de paisagem para a definição de unidades do meio físico e/ou unidades geoecológicas permite a identificação e a delimitação de unidades homogêneas, dando-lhe um caráter menos abstrato. Sendo assim, Guerra e Marçal (2006, p. 148) ressaltam que, “designadas como unidades de paisagem, essas unidades homogêneas definem-se por apresentar características funcionais, morfológicas e dinâmicas bastante semelhantes, que individualizam padrões homogêneos de paisagem”. O Quadro 13 apresenta as características das unidades do meio físico da BHRCDU e o Mapa 12 mostra as suas respectivas delimitações.

Quadro 13 – Caracterização das unidades do meio físico da BHRCDU

Unidades	Características	Geomorfologia	Geologia	Pedologia	Hipsometria	Clinografia	Hidrografia	Clima
Unidade I		Degraus reafeiçoados e degraus escarpados	Unidades Geológicas Plm1, PMai2, PMai3 e PMas2	Unidade de Mapeamento Pedológico CHd7	Predominância de altitudes elevadas, que variam entre 900 e 1.300 m	Predominância de declividades elevadas, superando os 47% em várias áreas	Afluentes da margem esquerda do alto curso do vale do Rio Paraíbauna	Cwb
Unidade II		Degraus reafeiçoados e degraus escarpados	Unidades Geológicas Plm1, PMai3 e Asb	Unidade de Mapeamento Pedológico CHd7	Predominância de altitudes elevadas, que variam entre 1.100 e 1.300 m	Predominância de declividades elevadas, podendo chegar até 47% em várias áreas	Afluentes da margem direita do alto curso do vale do Rio Paraíbauna	Cwb
Unidade III		Degraus escarpados e degraus reafeiçoados	Unidade Geológica Asb	Unidades de Mapeamento Pedológico LVAd59 e CHd7	Predominância de altitudes entre 700 e 900m	Predominância de declividades que variam até 30%	Alto curso do vale do Rio Paraíbauna	Cwb
Unidade IV		Morros e planícies fluviais	Unidades Geológicas Plm1 e Qa	Unidade de Mapeamento Pedológico LVAd59	Predominância de altitudes entre 700 e 900 m	Predominância de declividades que variam até 30%	Baixo e médio cursos do vale do Rio Paraíbauna	Cwa
Unidade V		Morros	Unidade Geológica Plm1	Unidade de Mapeamento Pedológico LAd4	Predominância de altitudes entre 700 e 900 m	Predominância de declividades que variam até 30%	Afluentes da margem direita do baixo curso do Rio Paraíbauna	Cwa
Unidade VI		Degraus reafeiçoados	Unidade Geológica Plm1	Unidades de Mapeamento Pedológico LVAd59 e LAd4	Predominância de altitudes entre 700 e 900 m	Predominância de declividades que variam até 30%	Afluentes da margem direita do médio curso do Rio Paraíbauna	Cwa
Unidade VII		Degraus reafeiçoados e degraus escarpados	Unidade Geológica Plm1	Unidades de Mapeamento Pedológico LVAd59 e LAd4	Predominância de altitudes entre 700 e 1.000 m	Predominância de declividades que variam até 30%	Afluentes da margem direita do médio curso do Rio Paraíbauna	Cwa
Unidade VIII								

Mapa 12 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Unidades do meio físico



Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W Gr. (Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 16°10' W
Cresce 8' anualmente

Escala: 1:100.000



GADIS Apoio: **CNPq**
Centro de Análise e Desenvolvimento Tecnológico
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Fonte: IBGE (1976)

Folhas:

SF-23-X-C-VI-1

SF-23-X-C-VI-2

SF-23-X-C-III-3

SF-23-X-C-III-4

Escala original: 1:50 000

Autor: Christian Ricardo Ribeiro

Órgão: FCT/UNESP

Data de elaboração: Novembro/2011

4.1.6.2 – Definição das unidades de uso e cobertura da terra

O estudo do uso e cobertura da terra é um elemento de fundamental importância no planejamento ambiental de bacias hidrográficas, relacionando-se diretamente às atividades econômicas desenvolvidas em determinada área:

Uso e ocupação das terras é um tema básico para planejamento ambiental, porque retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. É uma ponte essencial para a análise de fontes de poluição e um elo importante de ligação entre as informações dos meios biofísico e socioeconômico.

Em geral, as formas de uso e ocupação são identificadas (tipos de uso), espacializadas (mapa de uso), caracterizadas (pela intensidade de uso e indícios de manejo) e quantificadas (percentual de área ocupada pelo tipo). As informações sobre esse tema devem descrever não só a situação real, mas as mudanças recentes e o histórico de ocupação da área de estudo (SANTOS, 2004, p. 97).

É imprescindível que a interpretação da dinâmica demográfica e das condições de vida da população esteja atrelada aos fenômenos relativos à produção, à distribuição e ao consumo de bens. Dessa forma, devem ser identificadas as atividades econômicas e seu arranjo no território. Da mesma maneira, deve ser enfatizada a polarização, bem como os fluxos da produção e dos trabalhadores. Deve-se observar as alterações que ocorreram no passado e as tendências de ocorrência de mudanças ao longo do tempo. Em planejamento ambiental esta compreensão é importante, tanto em sítio urbano quanto rural, porque conduz à elaboração de alternativas de ação sob diferentes contextos, sempre tendo em vista a proteção do potencial econômico da terra ou do próprio sistema de produção. A análise dos indicadores econômicos junto aos seus elementos de interface, descritos em outras temáticas (como redes de transporte e energia e capacidade de uso dos solos), é bastante complexa, pois exige o conhecimento prévio de paradigmas, políticas, externalidades e da própria dinâmica das instituições brasileiras (SANTOS, 2004, p. 102-103).

As diferentes formas de uso e de intensidade de ocupação do solo estão diretamente relacionadas aos processos que provocam a degradação dos recursos hídricos. E justamente pelo fato de que “uma boa parte da qualidade ambiental está relacionada com o tipo de utilização do solo” (NUCCI, 2001, p. 35), é que a cartografia e a análise desse elemento adquirem uma importância fundamental.

A BHRCDU abrange, de forma parcial, terras dos municípios mineiros de Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont. Certamente, o uso e a ocupação

do solo que caracterizam uma determinada área estão diretamente relacionados com o seu processo histórico de ocupação e de produção do espaço. Compreender o processo de povoamento da Zona da Mata de Minas Gerais, mesorregião geográfica na qual se insere a maior parte da BHRCU, é de fundamental importância para se compreender os usos e a ocupação do solo encontrados atualmente na área estudada.

A compreensão do processo histórico de ocupação da e de produção do espaço na BHRCU implica em se conhecer como se deu o início da ocupação da Zona da Mata ainda no século XVI, com a chegada dos primeiros não nativos. Implica também em se conhecer os ciclos econômicos aos quais se relaciona esta região, especialmente o ciclo do café, que levou à quase total destruição de sua cobertura vegetal original. Da vegetação original que cobria a região com densas florestas, restam atualmente pequenos fragmentos situados nas partes mais elevadas do terreno, onde se encontra maior dificuldade para a ocupação. Implica em se conhecer ainda o declínio da atividade agropecuária em boa parte da região, o que se reflete atualmente na inexpressividade da mesma em muitos municípios que a constituem, restando apenas pequenas propriedades rurais que produzem para a sua própria subsistência ou que se dedicam à produção de hortifrutigranjeiros para abastecer os núcleos urbanos mais próximos.

A BHRCU apresenta uma tipologia de usos e ocupação do solo tipicamente rural. De qualquer forma, os impactos advindos da ação antrópica são facilmente identificados na área. A área apresenta apenas pequenas manchas da vegetação original que a recobria, a floresta estacional decidual. Boa parte de sua área, porém, encontra-se atualmente recoberta por pastagens onde se pratica uma pecuária do tipo extensivo. Verifica-se também a ocorrência de áreas degradadas, nas quais permanecem as consequências da ação antrópica desordenada, e que encontram-se atualmente em processo de regeneração. A única área urbanizada expressiva presente na bacia foi implantada após a remoção de uma comunidade que cedeu lugar as águas da Represa de Chapéu D'Uvas. Além dessa área, a ocupação da BHRCU ocorre através de um grande número de pequenas propriedades rurais espalhadas em todo o seu território, com produção agrícola voltada à subsistência ou produção de hortifrutigranjeiros para abastecer os núcleos urbanos mais próximos. Muitas dessas propriedades são utilizadas apenas para lazer e descanso, caracterizando uma típica ocupação do tipo *weekend*. Não registra-se na área da bacia atividades industriais, comerciais e de prestação de serviços significativas.

O entorno da Represa de Chapéu D'Uvas, ainda que já apresente, de forma clara, impactos causados por usos inadequados e pela não adoção de práticas de manejo, apresenta possibilidades significativas de ordenamento em função dos baixos índices de ocupação aí encontrados. O manancial, que será brevemente incorporado ao sistema de abastecimento de água do Município de Juiz de Fora, somente poderá ser conservado e utilizado para determinadas finalidades a partir do estabelecimento de critérios claros e adequados para o disciplinamento do uso e ocupação da terra em toda a área de sua bacia hidrográfica. Sem dúvida, a área de um manancial de abastecimento público de água deve contar com legislação específica de disciplinamento de uso e ocupação do solo, a fim de que a mesma possa cumprir os requisitos necessários à manutenção de sua função precípua, tanto em termos quantitativos quanto em termos qualitativos.

É importante ressaltar que, em Juiz de Fora, somente a Bacia Hidrográfica da Represa Dr. João Penido conta com uma legislação específica de ordenamento territorial (Lei Municipal n.º 6.087, de 04 de dezembro de 1981). Os demais mananciais têm seu zoneamento de uso e ocupação do solo estabelecido e regido pela Legislação Urbana Básica (PJF, 1987), conjunto formado por três leis municipais (Lei do Parcelamento do Solo, Código de Edificações e Lei de Uso e Ocupação do Solo) que regulamenta a ocupação da cidade como um todo. O Mapa 13 apresenta o uso e cobertura da terra na BHRCDU.

Mapa 13 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Uso e cobertura da terra



Fontes:

- 1) IBGE (1976)
Folhas: SF-23-X-C-VI-1/SF-23-X-C-VI-2/
SF-23-X-C-III-3/SF-23-X-C-III-4
Escala original: 1:50.000
- 2) Imagem de satélite RapidEye (2010)
- 3) Imagem de satélite ALOS (2009, 2010)

Autor: Christian Ricardo Ribeiro
Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal
Orgão: FCT/UNESP
Data de elaboração: Junho-Outubro/2011

Escala: 1:100.000



Apoio:

GADIS
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W Gr. (Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
Cresce 8' anualmente

4.1.6.2.1 – Vegetação nativa e pastagens

O mapeamento e a caracterização da cobertura vegetal constituem uma tarefa de fundamental importância no planejamento ambiental de bacias hidrográficas, devendo atender a algumas orientações metodológicas básicas:

Pelo seu inerente potencial como indicador, a vegetação é um tema muito valorizado pelos planejadores. É um elemento do meio natural muito sensível às condições e tendências da paisagem, reagido distinta e rapidamente às variações. A vegetação pode mudar abruptamente, em curtos períodos de tempo e dentro de pequenas distâncias. Seu estudo permite conhecer, por um lado, as condições naturais do território e, por outro, as influências antrópicas recebidas, podendo-se inferir, globalmente, a qualidade do meio. Assim, quanto mais próxima a vegetação estiver de seus limites de tolerância às variações dos fatores abióticos e bióticos, mais vulnerável será, caso em que a resposta da vegetação pode ser explícita e de permanência mais longa. Em suma, permite descrever o estado e, ao mesmo tempo, deduzir os vetores de pressão que o produzem (SANTOS, 2004, p. 90).

Quanto ao mapeamento da cobertura vegetal em microbacias, vale ressaltar a necessidade de bases cartográficas não só em escalas apropriadas (que seriam tanto maiores, quanto maiores forem as variações ou modificações no tipo de vegetação), mas também em datas apropriadas. Neste caso, é importante produzir informações bastante atualizadas, o que pode não ser muito fácil, visto que vôos aerofotogramétricos recentes nem sempre estão disponíveis. O uso de imagens orbitais contribui sobremaneira para a atualização de dados, mas a resolução da imagem pode comprometer o detalhe da informação para o caso de microbacias. Além disso, é preciso estar atento à variação da resposta espectral do alvo (no caso, a vegetação), que difere de acordo com a época do ano (maior ou menor insolação e umidade), periodicidade da vida vegetativa, estágio de crescimento do cultivo, época do pousio, etc. (BOTELHO, 2009, pág. 286).

A Zona da Mata mineira, onde está inserida a maior parte da BHRCU, pode ser enquadrada na região fitoecológica denominada Floresta Estacional Semidecidual, típica de climas com duas estações bem definidas. Staico (1977, p. 187) destaca que, “quanto ao aspecto morfoclimático, a vegetação do vale do Paraíba e de todo o Município de Juiz de Fora esteve, na era recente, até meados do século XIX, quando teve início a devastação, enquadrada num típico modelo do tipo Floresta sub-higrófila”.

De fato, é de se notar que “foi a fisionomia da vegetação natural que deu a esta região o nome tradicional que ela ainda conserva” (VALVERDE, 1958, p. 03), cujas peculiaridades “são responsáveis pela estacionalidade foliar dos principais elementos

arbóreos, adaptados às baixas temperaturas e à carência hídrica em mais de 60 dias por ano” (PJF, 2004, p. 217). Outra característica relevante é que “a floresta possui, no conjunto, um percentual de espécies que não permanecem verdes e perdem folhas durante o inverno, denominadas caducifólias, que oscilam entre 20 e 50%” (PJF, 2004, p. 217). Staico (1977, p. 190) destaca que essas “são árvores com ramificações no extremo do tronco, folhas decíduas, como a indicar o regime climático”.

Quanto à sua extensão e distribuição, verifica-se que, “em suas condições naturais, a formação vegetal que sugeriu o nome da Zona da Mata formava um todo contínuo com a floresta do médio Paraíba, ao sul, e a do vale do Rio Doce, ao norte” (VALVERDE, 1958, p. 07). A oeste, limitava-se com os campos naturais do centro e do sul de Minas Gerais. Em relação ao ambiente físico que serviu de suporte ao desenvolvimento dessa vegetação, verifica-se que:

Por sua vez, a porção sul e sul-oriental de Minas Gerais apresentavam um quadro tão contínuo de florestas tropicais em áreas geomorfológicas típicas de mares de morros, que foi denominada Zona da Mata mineira. Um espaço de florestas tropicais que se estendia desde a porção ocidental das serranias fluminenses até Santos Dumont, Juiz de Fora e Manhuaçu, sofrendo modificações drásticas nos altiplanos campestres, dotados de ecossistemas híbridos ocorrentes entre Tiradentes e Barbacena. O nível de interiorização das matas atlânticas no Sul de Minas/Interior Fluminense perfaz de 500 a 600 quilômetros para o interior, comportando sempre florestas tropicais de planaltos dotados de clima mesotérmico, com 18° a 20° C de temperatura e 1.300 a 1.600 mm de precipitações anuais. Com fortes acréscimos de chuvas e nevoeiros na fachada atlântica da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira (AB’SÁBER, 2005, p. 49).

A mata original que cobria a região ocupava, principalmente, as áreas mais férteis e coexistia com campos naturais que apresentavam plantas lenhosas arbóreas de pequeno a médio porte intercaladas. Já os terraços aluvionares dos principais cursos d’água, como o do Rio Paraíba e os dos seus principais afluentes, eram cobertos predominantemente por formações campestres. Porém, toda a Zona da Mata mineira, cujo revestimento original era esta mata densa e contínua que se estendia por toda a sua extensão, foi submetida a uma devastação generalizada, de modo que, atualmente, restem apenas pequenas manchas de vegetação. Estes pontos isolados de matas remanescentes são frequentemente identificados na escassa bibliografia sobre a cobertura vegetal da região como manchas de florestas residuais secundárias e não mais originais, o que se confirmaria, inclusive, pela presença da embaúba (*Cecropia spp.*),

que “é uma árvore ávida de luz que só se desenvolve onde a floresta foi derrubada” (VALVERDE, 1958, p. 05).

Referindo-se ao processo de substituição das matas originais da região, Valverde (1958, p. 06), afirma que “a floresta não serve mais nem para distinguir a Zona da Mata de qualquer das regiões vizinhas”. Por sua vez, Staico (1977, p. 188) chega a afirmar que, morfológicamente, a fitogeografia do Município de Juiz de Fora e de toda a Zona da Mata mineira “passa por uma fase de transição: da morfologia das Florestas passa à morfologia das Savanas”.

Durante a segunda metade do século XIX e a primeira metade do século XX a região passou por ciclos de desmatamento contínuos, com o objetivo de suprimir a vegetação e ceder espaço ao desenvolvimento das atividades econômicas: inicialmente, a cafeicultura, que se expandiu por quase toda a extensão da Zona da Mata mineira e, posteriormente, o gado leiteiro, que demandou enormes áreas para pastagens, conferindo à região a paisagem de pastos, dominante ainda nos dias atuais. Contribuíram ainda para o desmatamento a realização de queimadas (anualmente sequenciadas, com o objetivo de preparar o solo pra o cultivo), a derrubada da mata para obtenção de lenha, mourões e outros subprodutos e o próprio processo de urbanização, ocorrido preferencialmente no fundo dos vales.

A significativa decomposição química das rochas, a queda sazonal das folhas da vegetação semidecidual e a regularidade das chuvas são os fatores que, conjugados, davam à região uma característica de notável evolução pedogenética, permitindo o desenvolvimento de solos espessos e com o horizonte A rico em substâncias orgânicas. Pode-se afirmar, assim, que “isto favoreceu sobremaneira, conjugado às altitudes compreendidas entre 700 e 900 metros, o maior desenvolvimento, duração e melhor rendimento dos cafezais que caracterizaram uma época” (STAICO, 1977, p. 187).

Com a expansão e a consolidação da lavoura cafeeira em toda a região, teve início a devastação da floresta. As consequências da expansão predatória da cafeicultura foram variadas e intensas, pois, “com ela, as chuvas passaram a uma menor regularidade, a decomposição química diminuiu, o escoamento superficial difuso foi se acelerando e, com isso, houve um grave prejuízo não só à ação pedogenética como também os solos já formados sofreram alteração na sua textura e capacidade de retenção de água” (STAICO, 1977, p. 187).

Em muitas áreas a mata foi totalmente dizimada, a ponto de não existirem quaisquer vestígios de matas remanescentes. Valverde (1958, p. 05) ressalta que,

“paradoxalmente, pode-se afirmar que uma das características atuais da paisagem da Zona da Mata é a falta de matas” (VALVERDE, 1958, p. 05). Apenas nas porções norte e leste da região a devastação não foi tão drástica. Além das pastagens e capoeiras, que são a paisagem dominante, são encontradas ainda, secundariamente, porções e áreas destinadas às atividades agrícolas, florestamentos e reflorestamentos com espécies exóticas de eucaliptos e de pinus.

Do predominante revestimento natural de mata restam apenas algumas manchas de florestas secundárias rejuvenescidas, presentes nas partes mais acidentadas e elevadas do terreno e onde a atual legislação florestal não permite a sua exploração. Valverde (1958, p. 03-04) destaca que “nessas áreas de relevo fortemente ondulado, o povoamento se processou ao longo dos vales, deixando os altos e partes das encostas cobertas de mata”. Staico (1977, p. 191) afirma que a permanência da vegetação original nessas áreas se explica por duas razões convergentes: primeira, porque aqueles cumes montanhosos representam maior dificuldade de acesso; segunda, porque o povoamento da região se fez inicial e preferencialmente nas partes baixas dos vales, não só por maior facilidade e comodidade como, principalmente, em função do vital abastecimento de água.

A atividade antrópica, representada principalmente pelo desmatamento e pela prática de uma agricultura predatória, aliada às condições de uma dinâmica superficial intensa, fizeram com que os solos agricultáveis fossem progressivamente submetidos a uma extensa atividade erosiva laminar, que atingiu profundamente o horizonte superficial, responsável pela sua fertilidade. No entanto, mesmo com a degradação em curso, a redução das atividades econômicas no meio rural nas últimas décadas permitiu uma recuperação localizada das áreas florestadas. Essa expansão das florestas naturais se deu, principalmente, a partir de bosques e áreas de matas preexistentes.

Enquadrada na região da Floresta Estacional Semidecidual, a BHRCU apresenta a Floresta Sub-Montana, a Floresta Montana e as Áreas de Tensão Ecológica como tipos fisionômicos principais. Como toda a Zona da Mata mineira, a região de estudo sofreu forte impacto da presença humana, restando atualmente apenas remanescentes de formações florestais, em diferentes estágios de sucessão, principalmente nos topos de morros e áreas de difícil acesso (SERRA AZUL, 1997, não paginado). Em boa parte da bacia hidrográfica do manancial observa-se a quase total ausência da cobertura vegetal original, predominando pastagens e pequenas áreas agrícolas. As poucas áreas com vegetação arbustivo-arbórea resultam da regeneração

rural que, dependendo das condições locais, encontram-se distribuídas por quase toda área da bacia hidrográfica, frequentemente em trechos isolados e pequenos.

A mata virgem que cobria originalmente a região “representa uma continuação da mata pluvial tropical da Serra dos Órgãos” (STAICO, 1977, p. 190). Em termos de distribuição, verifica-se que “essa grande floresta cobria toda a área fértil da região, interrompida por campos, limitando as grandes várzeas terciárias e quaternárias” (STAICO, 1977, p. 190).

O andar superior dessa mata é constituído por grande quantidade de madeira-de-lei, formando associações de famílias e de espécies que também caracterizam a reserva florestal da Serra dos Órgãos, ainda que essa última apresente algumas diferenças em relação à primeira função das variações das condições topográficas, de umidade e de pluviosidade. Exemplos dessas espécies são (STAICO, 1977, p. 190): *Dalbergia nigra* (caviúna ou jacarandá), *Holocalyx balansae* (alecrim), *Piptademia rígida* (angico), *Aspidosperma pluneurum* (peroba), *Ocotea pretiosa* (canela), *Nectandra mollis* (canela preta), *Cedrela tubiflora* e *Cedrela fissilis* (cedros), *Eugenia uniflora* (pitangueira), *Vitex multinervis* (braúna) e espécies do gênero *Ficus* (figueiras).

É importante ressaltar também que “entre essas árvores cresce a mata espessa de arbustos” (STAICO, 1977, p. 190). O estrato arbustivo e herbáceo é bem desenvolvido, principalmente nos capões onde não ocorre pisoteio pelo gado e nos locais de maior umidade. As lianas são frequentes, sobretudo nas capoeiras. Verifica-se também uma ocorrência significativa de epífitas, representadas principalmente por bromeliáceas. Além disso, existe também uma grande diversidade de leguminosas, mirtáceas, moráceas, euforbiáceas, urticáceas e bromeliáceas, que se entrelaçam nas moitas (SERRA AZUL, 1997, não paginado).

As matas ciliares são componentes das várzeas, onde ocorrem, principalmente, moráceas, euforbiáceas, madeiras moles, bambus, cecrópias (embaúbas) e ingás. Em relação à sua distribuição, observa-se que, “além das zonas altas, é comum ainda localizar, em setores menos densamente povoados, à margem dos cursos d’água, estreitas faixas de concentração vegetal, que denominamos matas ciliares” (STAICO, 1977, p. 191).

As ocorrências dessas formações “se justificam pela maior umidade do solo naqueles locais, explicação também válida para os fundos dos vales não providos de cursos d’água permanentes, cuja vegetação denominamos matas de galeria” (STAICO, 1977, p. 191). Os campos de inundação ocorrem ao longo das margens de todos os

cursos de água ou constituem superfícies pantanosas afastadas das atuais calhas fluviais como remanescentes de antigas inundações regulares, constituindo as várzeas baixas. As várzeas mais vastas distribuem-se ao longo do canal do Rio Paraibuna, à montante da área urbanizada de Juiz de Fora.

A mata ciliar e mata de galeria foram praticamente destruídas em toda a área em função do desmatamento e da implantação de culturas e de pastagens, restando elementos isolados como ingazeiras (*Inga cf. uruguensis*), gameleiras (*Ficus spp.*) e sangra d'água (*Croton urucurana*), principalmente. Com o enchimento parcial do reservatório, em 1994, boa parte das espécies morreu em função do alagamento temporário, não sendo detectada atualmente nenhuma área remanescente expressiva dessas formações na área diretamente afetada pelo reservatório (SERRA AZUL, 1997, não paginado). Não se pode deixar de mencionar que, tanto as manchas de vegetação florestal localizadas nos cumes das elevações, quanto àquelas localizadas nos fundos dos vales são, em quase sua totalidade, formações residuais secundárias.

Verifica-se também a ocorrência de áreas úmidas, denominadas localmente como brejos, localizados nas várzeas do Rio Paraibuna e de seus afluentes maiores. Essas áreas estão sobre forte impacto da atividade pecuária, sofrendo diretamente os efeitos do assoreamento. Duas espécies predominam aí: *Hedychium coronarium* e *Typha cf. domingensis*. Essas são áreas importantíssimas em função do suporte oferecido por elas à fauna associada a ambientes alagados, representada por grande número de anfíbios, répteis e aves, além de alguns mamíferos (SERRA AZUL, 1997, não paginado).

A floresta estacional submontana aparece como vegetação predominante na área diretamente afetada (ADA) e na área de entorno (AE) da Represa de Chapéu D'Uvas. Ela aparece recobrando o topo dos morros e, às vezes, o terço superior das encostas. Alguns poucos remanescentes se estendem pelas meias encostas e, muito raramente, ocupam o terço inferior das encostas, chegando próximo ao leito dos cursos d'água. Apresentam-se como capões isolados, de tamanhos e de formas variados e em estágios de sucessão diversos, caracterizando capoeiras e capoeirões. Fatores como a intensa fragmentação, o tamanho reduzido, a forma e a circunvizinhança composta por pastagens, concorrem para a ocorrência de forte efeito de borda nesses remanescentes, reduzindo ainda mais o seu tamanho efetivo. Além disso, os impactos provenientes das atividades antrópicas, tais como a retirada de lenha e de madeira, o pisoteio pelo gado e

as queimadas, têm contribuído para a descaracterização da estrutura e para o empobrecimento da composição florística (SERRA AZUL, 1997, não paginado).

Porém, apesar da forte pressão sofrida pelos remanescentes, os mesmos ainda guardam parte da riqueza e da diversidade das florestas exuberantes que cobriam a região. Entre as inúmeras espécies vegetais encontradas na região da BHRCDU, as principais são: *Machaerium angustifolium*, *Maclura tinctoria*, *Cariniana estrellensis*, *Cupania vernalis*, *Nectandra oppositifolia*, *Tabebuia serratifolia*, *Trichilia pallida*, *Trichilia claussoni*, *Tapirira marchandii*, *Copaifera langsdorffii*, *Aparisthium cordatum*, *Anadenanthera peregrina*, *Piptadenia gonoacantha*, *Sorocea guilleminiana*, *Apuleia mollaris*, *Cassia ferruginea*, *Xylopia sericea*, *Cecropia hololeuca*, *Platypodium elegans*, *Carpotroche brasiliensis*, *Endlicheria paniculata*, *Lacistema pubescens*, *Amaioua guianensis*, *Coutarea hexandra*, *Zanthoxylum rhoifolium*, *Luehea spp.*, *Matayba elaeaginoides*, *Lithraea molleoides* e *Melanoxylon braunia*, sendo essa última espécie citada como vulnerável na Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção de 1992 (SERRA AZUL, 1997, não paginado).

As áreas de vegetação nativa somam um total de 94,81 km² na BHRCDU. A análise da distribuição dos remanescentes da vegetação nativa na bacia demonstra a dinâmica de devastação ocorrida a Zona da Mata. Verifica-se que grande parte da cobertura vegetal original foi retirada, dando lugar às pastagens. Os remanescentes apresentam-se bastante fragmentados. Os maiores fragmentos encontram-se no seu alto curso, em sua porção central e ao longo de seus divisores de água. Observa-se também a escassez de vegetação nativa no entorno da Represa de Chapéu D'Uvas, justamente na área onde sua presença é de fundamental importância.

De uma forma geral, as encostas encontram-se recobertas por pastagens formadas por espécies herbáceas. Alguns morros, sobretudo aqueles de maior altitude e com maiores declividades, encontram-se recobertos por matas. Verifica-se também a ocorrência de matas ao longo de trechos das margens dos cursos de água que deságuam na represa, cumprindo assim um papel importante como matas ciliares e matas de galeria. Porém, não raramente, as exigências legais quanto à manutenção da vegetação em áreas como o entorno das nascentes, as margens dos cursos de água e os topos de morros não são cumpridas.

A área ocupada pela vegetação nativa corresponde a 30,40% da área total da BHRDCU. É notável a ocorrência de fragmentos florestais muito pequenos, sendo que a maioria absoluta deles possui área inferior a 0,1 km², ou seja, 10 hectares. Santiago e

Bohrer (2009, p. 06-07) destacam que a literatura especializada registra que os fragmentos menores que 10 ha não podem contribuir de forma adequada para a conservação. Obviamente, esses pequenos fragmentos têm relevância, mas não o suficiente para serem representativos em relação à conservação. A importância desses fragmentos vincula-se muito mais às áreas verdes urbanas, onde atuam na redução dos índices de poeiras e de alguns poluentes em suspensão; na regulação da umidade e da temperatura do ar; na manutenção da permeabilidade, da fertilidade e da umidade do solo, bem como na proteção contra a erosão; na redução dos níveis de ruído, servindo como amortecedores do barulho produzido nas cidades.

Os fragmentos maiores, com área superior a 1 km², ou seja, 100 hectares, são minoria na BHRCDU. Além disso, conforme apontam Santiago e Bohrer (2009, p. 07), muitos deles não atendem aos requisitos necessários à conservação, pois apresentam formas recortadas e/ou sinuosas. Quanto mais próxima de um círculo a forma de determinado fragmento, mais eficiente o mesmo apresenta-se em relação à conservação. Sendo assim, verifica-se que mesmo as áreas mais extensas desses fragmentos não compensam sua forma, deixando-os mais expostos aos efeitos de área e de borda. Verifica-se ainda que a relação entre a área e o número dos fragmentos é inversamente proporcional: quanto menor a área, maior o número de fragmentos. Não é possível identificar a existência de um padrão de fragmentação florestal na BHRCDU, mas apenas uma tendência à distribuição dos mesmos nas feições mais elevadas do terreno, nas proximidades dos cursos de água e nas zonas de menor intensidade da prática de atividades econômicas, principalmente a criação de gado.

As áreas de pasto limpo somam um total de 167,80 km², ao passo que as áreas de pasto sujo somam um total de 16,06 km², correspondendo, respectivamente, a 53,81% e 5,15% da área total da BHRCDU. As áreas de pasto limpo distribuem-se ao longo de toda a bacia, substituindo, conforme já afirmado, a cobertura florestal original. São áreas que caracterizam-se pela ocorrência de vegetação em estágio inicial de regeneração, rasteira e herbáceo-arbustiva. Predominam aí as gramíneas. São áreas utilizadas para o pastoreio do gado. Já as áreas de pasto sujo distribuem-se em alguns pontos específicos da BHRCDU. Correspondem a áreas que foram utilizadas para o desenvolvimento de alguma atividade econômica e que, após abandonadas, assistem ao processo de regeneração da vegetal natural expresso em diversos estágios sucessionais. Encontram-se aí espécies herbáceas e arbustivas, sendo que estas últimas aparecem

numa proporção maior que nas áreas de pasto limpo. Intercalam-se aí também espécies arbóreas, em proporção muito menor do que nas áreas florestadas.



Foto 13: Fragmento de vegetação florestal às margens da Represa de Chapéu D’Uvas (06/02/2010).



Foto 14: Área de pasto limpo e fragmento de vegetação florestal na BHRCDU (06/02/2010).



Foto 15: Mata de topo de morro e pasto na BHRCDU (06/02/2010).



Foto 16: Fragmentos de vegetação florestal, área de pasto limpo e pequena propriedade rural na BHRC DU (06/02/2010).



Foto 17: Área de pasto sujo e fragmentos de vegetação florestal na BHRC DU (06/02/2010).



Foto 18: Área de pasto com prática de queimada e fragmentos de vegetação florestal na BHRCDU (07/08/2011).



Foto 19: Áreas de pasto e fragmentos florestais às margens da Represa de Chapéu D'Uvas (07/08/2011).

4.1.6.2.2 – Áreas urbanizadas e sistema viário

O Mapa 13 revela que em toda a BHRCDU é encontrada uma única área urbanizada contínua e expressiva, representada pelo Distrito de Nova Dorés do Paraibuna. O surgimento dessa localidade está diretamente relacionado à história da construção da Represa de Chapéu D’Uvas, já que a mesma foi implantada em substituição ao Distrito de Dorés do Paraibuna, também conhecido como Velha Dorés, que ficou parcialmente submerso após o enchimento do lago. Por isso mesmo, torna-se necessário compreender o histórico de construção da Represa de Chapéu D’Uvas; as características das localidades que foram atingidas pela construção do lago, levando-se em conta inclusive o processo de desapropriação e remanejamento de suas populações; e ainda as características da nova área escolhida para recebê-las, bem como o processo de sua implantação. Tais questões são abordadas de maneira detalhada no item 5.2.3, referente às demandas e aos conflitos pelo uso da água na BHRCDU.

O Mapa 13 mostra a localização de Nova Dorés do Paraibuna, única área urbanizada contínua da BHRDCU, localizada em sua porção nordeste, próxima a um dos dois braços principais em que se divide a Represa de Chapéu D’Uvas. Possui uma área total de 0,25 km², correspondendo a 0,08% da área total da BHRCDU. A Figura 43 mostra o Distrito de Nova Dorés do Paraibuna em imagem do Google Earth[®].

O sistema viário da bacia é representado basicamente por estradas rurais que fazem a ligação entre as inúmeras propriedades rurais e destas com os núcleos urbanos mais próximos. Grande parte dessas estradas não é pavimentada. Essas estradas somam um total de 608,37 km. Existe apenas uma rodovia que corta a bacia. Trata-se da MG-135, que a corta em seu extremo oeste, em seu alto curso. Considerada uma rodovia longitudinal em função de sua direção e de seu sentido, liga os municípios de Barbacena e Bias Fortes, apresentando um total de 67,5 km de extensão, totalmente pavimentados. É importante destacar também a presença da BR-040, que passa ao norte da bacia. A BR-040 é uma rodovia federal radial que liga Brasília ao Rio de Janeiro. Apesar de não cortar a BHRCDU, a rodovia constitui uma importante ligação entre os municípios que compõem a compõem (Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont) e o Município de Juiz de Fora. Aliás, Juiz de Fora, principal centro urbano da Zona da Mata de Minas Gerais, exerce uma forte polarização sobre essas cidades, o que pode ser verificado, inclusive, pelo intenso fluxo diário de veículos e de ônibus intermunicipais que utilizam a BR-040 para se descolar entre elas.



Figura 43: Distrito de Nova Dores do Paraibuna em imagem do Google Earth®.



Foto 20: Pequena propriedade rural na BHRCDU (07/08/2011).



Foto 21: Edificações de pequenas propriedades rurais na BHRCDU (07/08/2011).



Foto 22: Cemitério da antiga Colônia de São Firmino (07/08/2011).



Foto 23: Pequena propriedade rural às margens da Represa de Chapéu D’Uvas (07/08/2011).



Foto 24: Estrada rural e pequena propriedade rural na BHRCDU (07/08/2011).



Foto 25: Estrada rural às margens da Represa de Chapéu D'Uvas (07/08/2011).



Foto 26: Pequena propriedade rural com lançamento de esgoto doméstico na Represa de Chapéu D'Uvas (07/08/2011).

4.1.6.2.3 – Culturas agrícolas, reflorestamento e solo exposto

O Mapa 13 mostra que a área ocupada pelos cultivos agrícolas na BHRCDU é relativamente muito pequena. Como já afirmado, predomina na bacia a ocorrência de pastagens que são utilizadas para a prática da pecuária extensiva. A bacia caracteriza-se pela existência de um grande número de pequenas propriedades rurais nas quais podem ser encontradas lavouras de culturas permanentes ou temporárias, destinadas, em geral, à subsistência das famílias e à alimentação do gado. Verifica-se também a produção de hortifrutigranjeiros destinados a abastecer os núcleos urbanos mais próximos. Os pequenos cultivos agrícolas aparecem no entorno dessas propriedades, incluindo produtos como o arroz, o feijão, o milho, a cana-de-açúcar, a mandioca, os hortifrutigranjeiros, etc. As culturas agrícolas ocupam um total de 2,74 km², correspondendo a 0,88% da área total da BHRCDU.

O Censo Agropecuário de 2006 e os dados da Produção Agropecuária Municipal de 2010 do IBGE apresentam informações importantes a respeito da estrutura fundiária e da produção agropecuária nos municípios que compõem a BRCDU, tal como apresentam as Tabelas 16, 17 e 18.

Tabela 16 – Estrutura fundiária dos municípios que compõem a BHRCDU (2006)			
Município	Condição legal do produtor	Número de estabelecimentos (unidades)	Área dos estabelecimentos (hectares)
Antônio Carlos	Proprietário individual	318	16.448
	Condomínio, consórcio ou sociedade de pessoas	7	446
	Cooperativa	1	310
	Sociedade anônima ou por cotas de responsabilidade limitada	3	246
	Instituição de utilidade pública	1	18
Ewbank da Câmara	Proprietário individual	23	2.449
	Sociedade anônima ou por cotas de responsabilidade limitada	1	79
Santos Dumont	Proprietário individual	619	20.590
	Condomínio, consórcio ou sociedade de pessoas	12	226
	Cooperativa	2	121
	Sociedade anônima ou por cotas de responsabilidade limitada	5	2.462
	Instituição de utilidade pública	1	32
	Governo (federal, estadual ou municipal)	1	14
	Outra condição	2	133

Fonte: IBGE Cidades (Censo Agropecuário 2006). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidade_sat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 20 out. 2011.

Tabela 17 – Produção agrícola dos municípios que compõem a BHRCDU (2010)							
Município	Tipo de lavoura	Produto	Quantidade produzida (toneladas)	Valor da produção (R\$)	Área plantada (hectares)	Área colhida (hectares)	Rendimento médio (kg/hectare)
Antônio Carlos	Permanente	Abacate	96	67.000	8	8	12.000
		Caqui	900	1.800.000	50	50	18.000
		Limão	54	22.000	3	3	18.000
		Pêssego	70	175.000	2	2	35.000
	Temporária	Arroz (em casca)	8	4.000	5	5	1.600
		Batata inglesa	180	164.000	9	9	20.000
		Cana-de-açúcar	1.600	80.000	40	40	40.000
		Feijão (em grão)	187	290.000	430	430	434
		Mandioca	50	23.000	5	5	10.000
		Milho (em grão)	1.500	525.000	500	500	3.000
		Tomate	1.500	1.170.000	25	25	60.000
Ewbank da Câmara	Temporária	Feijão (em grão)	32	40.000	79	79	405
		Milho (em grão)	283	93.000	118	118	2.398
Santos Dumont	Permanente	Banana (cacho)	415	249.000	62	62	6.693
		Pêssego	960	960.000	48	48	20.000
	Temporária	Arroz (em casca)	23	15.000	15	15	1.533
		Cana-de-açúcar	900	32.000	12	12	75.000
		Feijão (em grão)	181	226.000	332	332	545
		Mandioca	264	79.000	22	22	12.000
		Milho (em grão)	1.125	371.000	450	450	2.500

Fonte: IBGE Cidades (Lavoura Permanente e Lavoura Temporária 2010). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 out. 2011.

Tabela 18 – Produção pecuária dos municípios que compõem a BHRCDU (2010)

Município	Rebanho ou produto	Produção
Antônio Carlos	Bovinos	15.437 cabeças
	Equinos	528 cabeças
	Bufalinos	6 cabeças
	Muare	674 cabeças
	Suínos	1.400 cabeças
	Ovinos	151 cabeças
	Galos, frangos, frangas e pintos	9.696 cabeças
	Galinhas	19.168 cabeças
	Vacas ordenhadas	6.697 cabeças
	Leite de vaca	12.440.000 litros
	Ovos de galinha	226.000 dúzias
	Mel de abelha	24.982 kg
Ewbank da Câmara	Bovinos	5.086 cabeças
	Equinos	282 cabeças
	Bufalinos	53 cabeças
	Muare	66 cabeças
	Suínos	463 cabeças
	Galos, frangos, frangas e pintos	2.967 cabeças
	Galinhas	2.245 cabeças
	Vacas ordenhadas	1.607 cabeças
	Leite de vaca	2.026.000 litros
	Ovos de galinha	35.000 dúzias
Santos Dumont	Bovinos	22.091 cabeças
	Equinos	1.022 cabeças
	Asininos	56 cabeças
	Muare	322 cabeças
	Suínos	3.522 cabeças
	Caprinos	204 cabeças
	Galos, frangos, frangas e pintos	7.524 cabeças
	Galinhas	8.745 cabeças
	Vacas ordenhadas	7.365 cabeças
	Leite de vaca	11.555.000 litros
	Ovos de galinha	133.000 dúzias

Fonte: IBGE Cidades (Pecuária 2010). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 out. 2011.

É importante ressaltar também os sistemas de preparo do solo utilizados nos municípios que compõem a BHRCDU. Podem ser identificados basicamente três tipos de sistemas: convencional (aração mais gradagem) ou gradagem profunda, mínimo (gradagem) e direto na palha. A Tabela 19 apresenta o número de estabelecimentos agropecuários que utilizam esses diferentes sistemas de preparo do solo nos municípios que compõem a BHRCDU.

Tabela 19 – Número de estabelecimentos agropecuários por tipo de sistema de preparo do solo nos municípios que compõem a BHRCDU (2006)			
Tipo de sistema de preparo do solo	Número de estabelecimentos		
	Antônio Carlos	Ewbank da Câmara	Santos Dumont
Convencional (aração mais gradagem) ou gradagem profunda	170	5	233
Mínimo (gradagem)	18	2	19
Plantio direto na palha	5	0	4

Fonte: IBGE Cidades (Censo Agropecuário 2006). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 out. 2011.

As áreas de solo exposto ocupam uma porção relativamente pequena da BHRCDU. Elas aparecem, principalmente, no entorno das sedes das propriedades rurais, no entorno das pequenas plantações ou em áreas preparadas para o cultivo, e ainda ao longo das margens da Represa de Chapéu D’Uvas. Aliás, observa-se ao longo de boa parte do perímetro da represa uma faixa de solo exposto na qual verifica-se a ocorrência frequente de processos erosivos. Podem ser identificados aí vários pontos onde ocorrem deslizamentos, situados às margens do manancial, contribuindo assim para o seu assoreamento. As áreas de solo exposto ocupam 3,61 km², correspondendo a 1,16% da área total da BHRCDU.

O Mapa 13 apresenta também as áreas onde ocorre a prática do reflorestamento na BHRCDU, que ocupam 15,81 km², correspondendo a 5,07% de sua área total. Conforme aponta IBGE (2006, não paginado), os plantios de reflorestamento podem ser heterogêneos, homogêneos e consorciados. O plantio heterogêneo é utilizado para enriquecimento de florestas e na recuperação das florestas nas margens dos rios. O homogêneo refere-se a plantios puros, normalmente feitos com espécies exóticas, como pinus e eucalipto, e o consorciado utiliza-se de espécies florestais entremeadas de espécies agrícolas de ciclo curto. No caso específico da BHRCDU, os trabalhos de campo realizados permitiram constatar que o reflorestamento é basicamente do tipo heterogêneo.

A prática do reflorestamento permitiu o desenvolvimento da extração vegetal e da silvicultura nos municípios que compõem a BHRCDU. A silvicultura corresponde ao plantio de florestas com o objetivo de fornecer matéria-prima para a indústria madeireira ou insumo energético para o processo produtivo de outros tipos de indústrias. IBGE (2006, não paginado) define a silvicultura como a “técnica ligada às condições biológicas que abrange ação imediata do florestal na mata, executando a implantação, composição, trato e cultivo de povoamentos florestais, assegurando proteção, estruturando e conservando a floresta como fornecedora de matéria-prima

para a indústria madeireira, além de ser agente protetor, benfeitor e embelezador da paisagem”.

Um fator que tem contribuído bastante para a extensão da área de florestas plantadas (silvicultura) não somente na Zona da Mata, mas em todo o Estado de Minas Gerais, é a atuação da Companhia Siderúrgica ArcelorMittal do Brasil. A companhia, que possui uma unidade industrial de produção de aços longos em Juiz de Fora, é filiada à Associação Mineira de Silvicultura e à Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas e criou um programa de fomento florestal para incentivar os produtores rurais da região a dedicaram-se à prática da silvicultura.

Pinto (2006, p.20) ressalta que a privilegiada posição geográfica de Minas Gerais no Brasil, a presença do Quadrilátero Ferrífero e a concessão de incentivos fiscais para a prática da silvicultura motivaram significativamente a instalação de indústrias guseiras no estado. Minas Gerais é o estado com a maior área plantada de eucalipto e de pinus do Brasil, detendo 23,6% do total (ABRAF, 2011, p. 31). A Tabela 20 apresenta alguns dados da produção da extração vegetal e da silvicultura nos municípios que compõem a BHRCU.

Tabela 20 – Produção da extração vegetal e da silvicultura dos municípios que compõem a BHRCU (2009)			
Município	Produto	Quantidade produzida	Valor da produção (R\$)
Antônio Carlos	Carvão vegetal (silvicultura)	3.840 toneladas	2.611.000
	Lenha (silvicultura)	8.897 m ³	360.000
	Madeira em tora (silvicultura)	543 m ³	65.000
Ewbank da Câmara	Carvão vegetal (silvicultura)	241 toneladas	436.000
	Lenha (silvicultura)	572 m ³	13.000
	Madeira em tora (silvicultura)	53 m ³	3.000
Santos Dumont	Lenha (madeira)	60 m ³	2.000
	Carvão vegetal (silvicultura)	956 toneladas	1.730.000
	Lenha (silvicultura)	49.412 m ³	1.136.000
	Madeira em tora (silvicultura)	165 m ³	9.000

Fonte: IBGE Cidades (Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2009). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 out. 2011.



Foto 27: Processo erosivo nas margens da Represa de Chapéu D'Uvas (06/02/2010).



Foto 28: Processo erosivo nas margens da Represa de Chapéu D'Uvas (07/08/2011).



Foto 29: Pastoreio do gado na BHRCUDU (07/08/2011).



Foto 30: Pequena área de cultivo agrícola na BHRCUDU (07/08/2011).



Foto 31: Pequena área de cultivo agrícola na BHRCDU (07/08/2011).



Foto 32: Prática do reflorestamento na BHRCDU (07/08/2011).

4.1.6.2.4 – Águas (represa, áreas úmidas e açudes)

A categoria águas reúne as áreas da BHRCDU ocupadas pela represa, pelas áreas úmidas e pelos açudes. A Represa de Chapéu D'Uvas, como já afirmado, foi concluída em 1994, quando foi realizado o seu enchimento e possui área igual a 8,22 km² (2,64% da área total da BHRCDU) e perímetro igual a 140,91 km. Construída com os objetivos iniciais de regularizar a vazão do Rio Paraibuna, evitando as enchentes na área urbana de Juiz de Fora, e de contribuir para o aumento da produção de energia hidrelétrica nas usinas localizadas a jusante da cidade, será incorporada ao seu sistema público de abastecimento público de água ainda em 2012. A represa é operada pela Companhia de Saneamento Ambiental de Juiz de Fora (CESAMA), que detém a concessão da Agência Nacional de Águas (ANA) para a exploração do manancial.

A concessão da outorga à CESAMA foi realizada através da Resolução ANA n.º 99, de 09 de março de 2005. Porém, é importante ressaltar que o Artigo 2.º da referida Resolução determinou que “a outorga Preventiva, objeto desta Resolução, vigorará pelo prazo de três anos, podendo ser convertida em outorga de direito de uso de recursos hídricos, por solicitação da Outorgada”. Tendo findado o prazo de vigência da outorga preventiva, não foi realizada ainda a conversão para outorga de direito de uso de recursos hídricos, devendo a CESAMA tomar as providências necessárias para tanto. Além disso, o Artigo 1.º determinou que a outorga conferia à CESAMA o direito de uso de recursos hídricos para captação de água na represa com a finalidade de abastecimento público no Município de Ewbanck da Câmara, e não no Município de Juiz de Fora, como pretendido pela companhia.

Verifica-se também a ocorrência de áreas úmidas na BHRCDU. Essas áreas, localmente conhecidas como brejos, aparecem associadas às várzeas do Rio Paraibuna e de seus principais afluentes. Além disso, existe um grande número de açudes distribuídos ao longo de toda a bacia. Esses açudes aparecem associados às pequenas propriedades rurais aí existentes, sendo formadas, em grande parte dos casos, a partir do represamento de nascentes de pequenos tributários (afluentes ou subafluentes) da represa. Os açudes são utilizados para irrigar os pequenos cultivos de hortifrutigranjeiros, para a dessedentação de animais e para os usos humanos menos nobres nas propriedades rurais. As áreas úmidas ocupam um total de 1,97 km², correspondendo a 0,63% da área total da BHRCDU. Já os açudes ocupam um total de 0,78 km², correspondendo a 0,25% da área total da BHRCDU. A Tabela 21 apresenta uma síntese dos usos rurais da terra nos municípios que compõem a BHRCDU.

Tabela 21 – Usos rurais da terra nos municípios que compõem a BHRCDU (2006)							
Usos rurais da terra	Antônio Carlos		Ewbank da Câmara		Santos Dumont		
	Número de estabelecimentos agropecuários (unidades)	Área dos estabelecimentos agropecuários (hectares)	Número de estabelecimentos agropecuários (unidades)	Área dos estabelecimentos agropecuários (hectares)	Número de estabelecimentos agropecuários (unidades)	Área dos estabelecimentos agropecuários (hectares)	
Lavouras permanentes	63	672	3	46	141	3.336	
Lavouras temporárias	177	788	7	36	218	1.499	
Lavouras com área plantada com forrageiras para corte	186	1.072	11	93	277	1.227	
Lavouras com área para cultivo de flores (inclusive hidroponia e plasticultura), viveiros de mudas, estufas de plantas e casas de vegetação	2	Não disponível	0	0	2	Não disponível	
Pastagens naturais	235	4.958	14	637	521	10.521	
Pastagens plantadas degradadas	14	246	2	Não disponível	25	215	
Pastagens plantadas em boas condições	137	4.760	14	894	165	2.774	
Matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	141	2.110	17	327	200	1.089	
Matas e/ou florestas naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais)	115	1.217	0	0	75	634	
Matas e/ou florestas plantadas com essências florestais	33	1.262	4	125	20	937	
Sistemas agroflorestais com área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastejo por animais	20	207	5	294	37	358	
Tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura	19	70	7	15	50	100	
Construções, benfeitorias ou caminhos	221	762	17	39	282	688	
Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas, etc.)	0	0	1	Não disponível	10	18	
Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras, etc.)	26	496	4	7	82	174	

Fonte: IBGE Cidades (Censo Agropecuário 2006). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 out. 2011.



Foto 33: Área do barramento da Represa de Chapéu D'Uvas (09/06/2011).



Foto 34: Barramento e vertedouro da Represa de Chapéu D'Uvas (06/02/2010).



Foto 35: Barragem de Chapéu D'Uvas (06/02/2010).



Foto 36: Açude em pequena propriedade rural da BHRCDU (07/08/2011).

4.1.6.3 – Definição das unidades geoecológicas

A definição das unidades geoecológicas foi realizada a partir da sobreposição cartográfica, integração e correlação entre as unidades do meio físico e as unidades de uso e cobertura da terra. Leal (1995, p. 54) ressalta que a definição das unidades geoecológicas tem como objetivo “a identificação e representação de áreas que apresentam relativa homogeneidade nos seus aspectos naturais e/ou sociais, o que as individualizam no conjunto da microbacia, visando subsidiar o diagnóstico ambiental e o estabelecimento das propostas de intervenção na área”.

Dibieso (2007, p. 107) ressalta que “as unidades ambientais são áreas que apresentam características semelhantes em relação ao meio físico, apropriação e utilização, e consequentemente possuem problemas e propostas similares”. Constituem subunidades de planejamento e gestão do território, podendo servir de apoio às atividades de planejamento ambiental inclusive no âmbito de bacias hidrográficas. Guerra e Marçal (2006, p. 14) ressaltam que “a possibilidade do dimensionamento, identificação e delimitação das unidades de paisagem, com suas respectivas intervenções sofridas ao longo dos anos pela sociedade, pode constituir-se em uma importante e eficiente metodologia aplicada aos estudos de planejamento ambiental”.

A definição de unidades geoecológicas objetiva, assim, identificar áreas que se distinguem no conjunto da bacia hidrográfica por suas características, na qual as combinações de diversos fatores naturais e sociais conferem-lhe certa homogeneidade, individualizando-as. Guerra e Marçal (2006, p. 149) ressaltam que “o dimensionamento das unidades de paisagem, através das unidades de relevo, possibilitará um conhecimento ordenado do uso e ocupação da terra, ao mesmo tempo em que, através da utilização de técnicas de geoprocessamento, apresentará e quantificará informações que auxiliarão um melhor enquadramento no sistema de classificação da paisagem”. Baseando-se nessas premissas, o Quadro 14 apresenta as características das unidades geoecológicas da BHRCDU e o Mapa 14 mostra as suas respectivas delimitações.

A definição de unidades geoecológicas conta com o auxílio importante das técnicas de geoprocessamento:

Assim, o mapeamento de unidades ambientais em microbacias hidrográficas segue o modelo cartográfico de superposição de planos de informação distintos, como descrito por Llano e Soba (1983), e que é cada vez mais favorecido pelos avanços na área de sistemas de computação, mais especificamente dos Sistemas Geográficos de Informação (SGIs), que permitem manusear um grande volume de informações sobre o meio físico, uso do solo e sistemas de cultivo, e estabelecem estratégias para facilitar a tomada de decisões. O uso do

computador e dos Sistemas Geográficos de Informações permite uma exploração mais exhaustiva das informações levantadas sobre a área de estudo (clima, topografia, solos, rede viária, etc.), e sua combinação é capaz de gerar mapas interpretativos, sob a demanda de usos concretos (BOTELHO, 2009, p. 288).

O processo de definição de unidades geoecológicas pode ser assim sintetizado:

O fracionamento da microbacia em unidades ambientais consiste, portanto, numa tentativa de estudarmos o *todo* através de suas *partes*, e suas *interrelações*, vendo-o como a *expressão da unidade dentro da diversidade*. Partimos do *todo* (*microbacia do Areia Branca*) e o fracionamos em *partes* (*unidades ambientais*), para serem melhor estudadas e compreendidas suas características particulares e suas interrelações, e depois tentamos *reconstruir o todo*, de modo a permitir uma definição aceitável da realidade e o reconhecimento dos seus processos fundamentais (LEAL, 1995, p. 57, grifos do autor).

As **Unidades I e II** do meio físico caracterizam-se pela ocorrência de degraus reafeiçoados e degraus escarpados, ocorrência de várias unidades geológicas e predomínio de cambissolos húmicos. Ambas possuem altitudes e declividades elevadas; porém, a Unidade I apresenta as maiores declividades da bacia, ao passo que a Unidade II apresenta as maiores altitudes, constituindo a clinografia e a hipsometria os dois elementos principais de diferenciação. Ambas as unidades se dividem em **dois tipos de unidades geoecológicas**: o primeiro tipo corresponde às áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal; já o segundo tipo corresponde às áreas antropizadas, caracterizadas por diferentes tipos de uso do solo.

A **Unidade III** do meio físico caracteriza-se pela ocorrência de degraus reafeiçoados e degraus escarpados, predomínio de latossolos vermelho-amarelos e cambissolos húmicos e altitudes e declividades intermediárias. O principal elemento que diferencia esta unidade das demais é a geologia, que corresponde à unidade geológica Asb. A unidade se divide em **dois tipos de unidades geoecológicas**: o primeiro tipo corresponde às áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal; já o segundo tipo corresponde às áreas antropizadas, caracterizadas por diferentes tipos de uso do solo.

A **Unidade IV** do meio físico caracteriza-se pelo predomínio de latossolos vermelho-amarelos e altitudes e declividades intermediárias. Os principais elementos que diferenciam esta unidade das demais são o relevo, representado pela ocorrência de morros e planícies fluviais, e a geologia, caracterizada pela ocorrência das unidades geológicas Plm1 e Qa. A unidade se divide em **dois tipos de unidades geoecológicas**: o

primeiro tipo corresponde às áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal; já o segundo tipo corresponde às áreas antropizadas, caracterizadas por diferentes tipos de uso do solo.

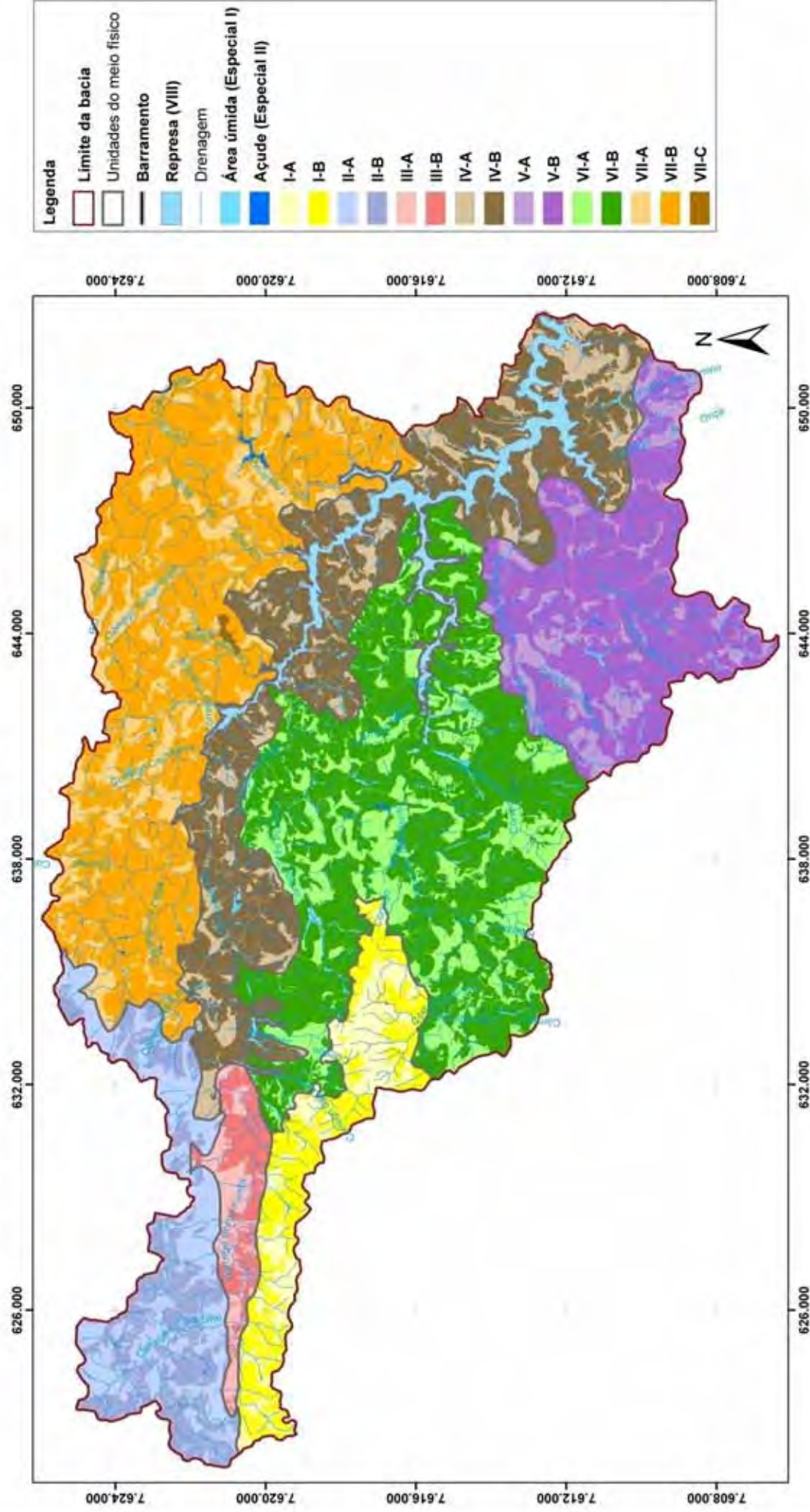
As **Unidade V e VI** do meio físico caracterizam-se pelo predomínio de latossolos amarelos e vermelho-amarelos, ocorrência da unidade geológica Plm1 e altitudes e declividades intermediárias. O principal elemento que diferencia essas unidades uma da outra é o relevo, já que a Unidade V caracteriza-se pela ocorrência de morros, ao passo que a Unidade VI caracteriza-se pela ocorrência de degraus reafeiçoados. Ambas as unidades se dividem em **dois tipos de unidades geoecológicas**: o primeiro tipo corresponde às áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal; já o segundo tipo corresponde às áreas antropizadas, caracterizadas por diferentes tipos de uso do solo.

A **Unidade VII** do meio físico caracteriza-se pela ocorrência de degraus reafeiçoados e degraus escarpados, ocorrência da unidade geológica Plm1 e predomínio de latossolos vermelho-amarelos e amarelos. A unidade se diferencia das Unidades I e II em função dos tipos de solos, e das demais unidades pela conjugação de altitudes elevadas e declividades intermediárias. A unidade se divide em **três tipos de unidades geoecológicas**: o primeiro tipo corresponde às áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal; já o segundo tipo corresponde às áreas antropizadas, caracterizadas por diferentes tipos de uso do solo; o terceiro, finalmente, também corresponde às áreas antropizadas, mas que caracterizam-se pelo uso urbano do solo.

A **Unidade VIII** corresponde à Represa de Chapéu D'Uvas. Foi reconhecido ainda um tipo de unidade denominado **Especial**, que se subdivide em dois tipos: as áreas úmidas e os açudes.

Quadro 14 – Caracterização das unidades geológicas da BHRCU			
Unidades do meio físico		Unidades geológicas	
Denominação	Caracterização	Denominação	Caracterização
I	Ocorrência de degraus reafeiçoados e degraus escarpados, ocorrência de várias unidades geológicas, predomínio de cambissolos húmicos, altitudes elevadas e maiores declividades da bacia	I-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal
		I-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto
II	Ocorrência de degraus reafeiçoados e degraus escarpados, ocorrência de várias unidades geológicas, predomínio de cambissolos húmicos, maiores altitudes da bacia e declividades elevadas	II-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal
		II-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto
III	Ocorrência de degraus reafeiçoados e degraus escarpados, ocorrência de uma unidade geológica (Asb), predomínio de latossolos vermelho-amarelos e cambissolos húmicos, altitudes e declividades intermediárias	III-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal
		III-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto
IV	Ocorrência de morros e planícies fluviais, ocorrência de duas unidades geológicas (Plm1 e Qa), predomínio de latossolos vermelho-amarelos, altitudes e declividades intermediárias	IV-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal
		IV-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto
V	Ocorrência de morros, ocorrência de uma unidade geológica (Plm1), predomínio de latossolos amarelos e latossolos vermelho-amarelos, altitudes e declividades intermediárias	V-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal
		V-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto
VI	Ocorrência de degraus reafeiçoados, ocorrência de uma unidade geológica (Plm1), predomínio de latossolos vermelho-amarelos e latossolos amarelos, altitudes e declividades intermediárias	VI-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal
		VI-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto
VII	Ocorrência de degraus reafeiçoados e degraus escarpados, ocorrência de uma unidade geológica (Plm1), predomínio de latossolos vermelho-amarelos e latossolos amarelos, altitudes elevadas e declividades intermediárias	VII-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal
		VII-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto
		VII-C	Áreas antropizadas, caracterizadas pelo uso urbano do solo
VIII	Represa de Chapéu D’Uvas		
Especial		I	Áreas úmidas
		II	Açudes

Mapa 14 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Unidades geológicas



Fonte: IBGE (1976)
Folhas:
SF-23-X-C-VI-1
SF-23-X-C-VI-2
SF-23-X-C-III-3
SF-23-X-C-III-4
Escala original: 1:50.000
Autor: Christian Ricardo Ribeiro
Órgão: FCT/UNESP
Data de elaboração: Novembro/2011

GADIS
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

Apoio:

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. (Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
Cresce 8' anualmente

4.2 – Diagnóstico

4.2.1 – Diagnóstico das unidades geoecológicas: estado ambiental

4.2.1.1 – Função geoecológica

Os principais atributos das paisagens são de caráter estrutural, funcional e dinâmico-evolutivo. Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 96-97) ressaltam que “o funcionamento da Paisagem se manifesta através dos mecanismos de absorção, transformação, saída de matéria, energia e informações que garantam sua subsistência e produção”. O conhecimento aprofundado destes mecanismos exige uma série de investigações geoquímicas e geofísicas. Porém, é possível obter-se um conhecimento geral do funcionamento das paisagens de determinada área de maneira qualitativa.

Tendo-se em vista que a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas localiza-se nas cabeceiras principais do Rio Paraibuna, ainda em seu alto curso, grande parte dos processos que afetam a bacia, de maneira geral, refere-se à garantia de entrada de grande parte do material energético-substancial que compõe o seu balanço. Porém, as unidades geoecológicas que compõem a bacia apresentam diferentes funções geoecológicas.

Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 97) estabelecem três categorias principais de paisagens em relação à sua função geoecológica:

- **Emissoras:** são até certo ponto autônomas, tendo a responsabilidade fundamental de garantir fluxos de Energia, Matéria e Informação (EMI) para o restante da área. Correspondem às formas posicionadas em níveis topográficos mais elevados, com uma certa tendência a serem lavadas pelas chuvas e serem destruídas. Muitas vezes possuem um papel relíctico;

- **Transmissoras:** coincidem fundamentalmente com as vertentes e com os patamares, cuja responsabilidade consiste em garantir o translado dos fluxos de Energia, Matéria e Informação (EMI), com predominância forte de serem lavadas na superfície pelas águas das chuvas;

- **Coletoras:** coincidem fundamentalmente com as planícies aluviais e com os terraços, cuja função consiste em coletar e acumular os fluxos de Energia, Matéria e Informação (EMI). Têm ainda uma função de transmissão concentrada e seletiva de energia e matéria através das correntes hídricas nos leitos dos rios, sendo estes os fluxos

fundamentais que garantem a comunicação com as partes inferiores e médias da bacia. Geralmente são paisagens dinâmicas, recentes e em constante estado de evolução.

O Quadro 15 apresenta a função geoecológica das unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas segundo as definições acima referidas.

Quadro 15 – Função geoecológica das unidades geoecológicas da BHRCUDU		
Unidades	Características gerais	Função geoecológica
I (A e B)	Degraus reafeiçoados e degraus escarpados, alto curso da bacia, altitudes entre 900 e 1.300 m e declividades superiores a 47% em várias áreas	Funciona como uma unidade emissora de EMI, principalmente para as unidades III e VI
II (A e B)	Degraus reafeiçoados e degraus escarpados, alto curso da bacia, altitudes entre 1.100 e 1.300 m e declividades até 47%	Funciona como uma unidade emissora de EMI, principalmente para as unidades III, IV e VII
III (A e B)	Degraus escarpados e degraus reafeiçoados, alto curso da bacia, altitudes entre 700 e 900 m e declividades até 30%	Funciona como uma unidade coletora dos fluxos de EMI das unidades I e II e como uma unidade transmissora desses fluxos para a unidade IV
IV (A e B)	Morros e planícies fluviais, baixo e médio cursos, altitudes entre 700 e 900 m e declividades até 30%	Funciona como uma unidade coletora dos fluxos de EMI principalmente das unidades III, V, VI e VII e como uma unidade transmissora desses fluxos para a unidade VIII
V (A e B)	Morros, baixo curso da bacia, altitudes entre 700 e 900 m e declividades até 30%.	Funciona como uma unidade emissora e transmissora de fluxos de EMI para a unidade IV
VI (A e B)	Degraus reafeiçoados, médio curso da bacia, altitudes entre 700 e 900 e declividades até 30%	Funciona como uma unidade transmissora de parte dos fluxos de EMI da unidade I para a unidade IV e como unidade emissora e transmissora de seus próprios fluxos de EMI para a unidade IV
VII (A, B e C)	Degraus reafeiçoados e degraus escarpados, médio curso da bacia, altitudes entre 700 e 1.000 m e declividades até 30%	Funciona como uma unidade transmissora de parte dos fluxos de EMI da unidade II para a unidade IV e como emissora e transmissora de seus próprios fluxos de EMI para a unidade IV
VIII	Represa de Chapéu D'Uvas	Funciona como uma unidade coletora dos fluxos de EMI da unidade IV. Representada pela represa, corresponde, portanto, ao destino final de grande parte dos fluxos de EMI da BHRCUDU
Especial	Áreas úmidas (I) e Açudes (II)	Inseridas no contexto maior das demais unidades

4.2.1.2 – Processos geoecológicos

O estudo dos processos geoecológicos que ocorrem na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas é de fundamental importância para a avaliação de seu estado geoecológico. Esses processos são apresentados no Mapa 15. Leal (1995, p. 98-99) ressalta que esses processos englobam as atividades humanas que provocam impactos significantes e negativos nas características originais das unidades do meio físico, interferindo igualmente na qualidade de vida da população (esgotos domésticos, resíduos sólidos, desmatamento, etc.), além dos processos naturais desencadeados ou intensificados pelo homem (ravinamento, voçorocamento e assoreamento).

No caso da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, os principais processos geoecológicos podem ser agrupados basicamente em quatro categorias:

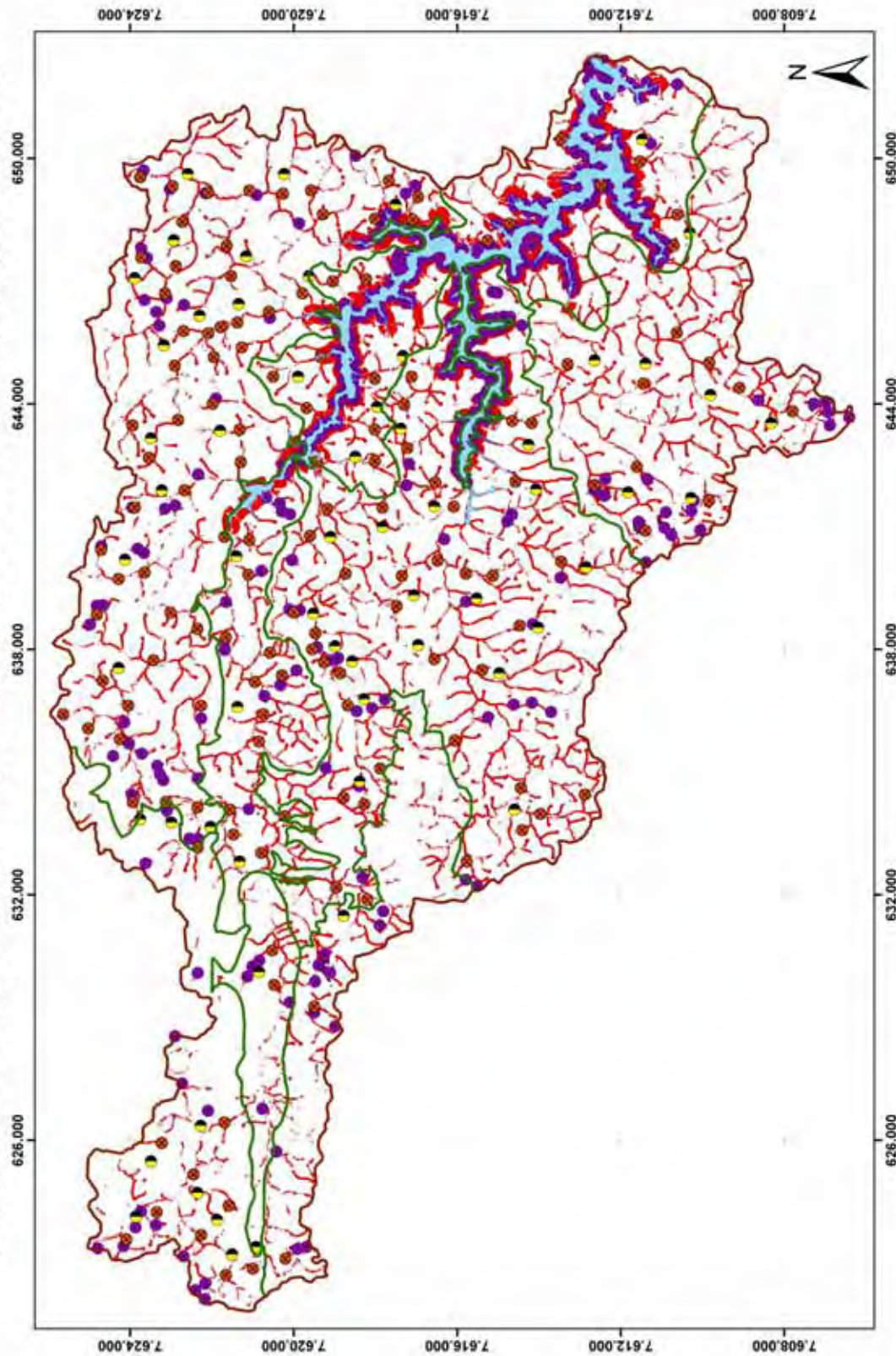
- **Esgotos domésticos:** por tratar-se de uma área rural caracterizada pela presença de pequenas propriedades, a maior parte dos domicílios presentes na bacia não está ligada à rede geral de coleta e também não é atendida por soluções individuais de esgotamento sanitário ambientalmente adequadas. Os dados dos setores censitários que abrangem a bacia (divulgados pelo Censo Demográfico 2010) e os vários trabalhos de campo realizados permitem constatar essa realidade;

- **Resíduos sólidos:** pelas mesmas razões apontadas para o esgotamento sanitário, a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos na bacia continua a ser um problema;

- **Desmatamento e ocupação de áreas de APPs:** o desmatamento é um problema verificado na bacia como um todo. Inserida no contexto da Zona da Mata de Minas Gerais, a bacia passou pelo mesmo processo de devastação de sua vegetação original durante o ciclo do café, tendo restado apenas pequenos fragmentos. Além disso, registra-se a ocupação e a implantação de usos completamente inadequados à manutenção das funções ambientais a serem desempenhadas pelas APPs hídricas segundo a legislação vigente;

- **Processos erosivos:** a conjugação dos elementos do meio físico com as diversas categorias de uso e cobertura da terra presentes na bacia produzem um quadro de significativa vulnerabilidade aos processos erosivos. Em geral, os processos erosivos concentrados tendem a conduzir à formação de paisagens alteradas e esgotadas.

Mapa 15 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Processos geocológicos



Fontes:

- 1) IBGE (1976)
- 2) Escala original: 1:50.000
- 3) Malha digital de setores censitários (IBGE, 2010)
- 4) Escala original: 1:250.000
- 5) Imagem de satélite RapidEye
- 6) Censo Demográfico do IBGE (2010)

Autor: Christian Ricardo Ribeiro
Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal
Órgão: FCT/UNESP
Data de elaboração: Julho/2012

Legenda

- Limite da bacia
- Unidades do meio físico
- Barramento
- Represa
- Esgotos domésticos
- Resíduos sólidos
- Processos erosivos
- APPs hídricas desmatadas

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Equidistância das curvas de nível: 20 metros
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W (Gr. Fuso 23 S),
 acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC
 Datum horizontal: SIRGAS 2000
 Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
 Cresce 8° anualmente

Escala: 1:100.000



Apoio:



4.2.1.3 – Estabilidade potencial

O estudo da estabilidade permite investigar a reação do sistema natural às perturbações provocadas pelas atividades humanas, bem como estabelecer a capacidade de carga (capacidade de suporte) e os limites admissíveis para os diferentes tipos de impactos. A estabilidade converte-se, portanto, em um parâmetro concreto para a organização do território.

Uma paisagem potencialmente instável é aquela que está sujeita a mudanças em suas propriedades de maneira rápida e forte, geralmente se encontrando em um estado funcional crítico, já que se submete a desvios frequentes do funcionamento e alterações em sua coerência interna, que geralmente é debilitada. A paisagem potencialmente estável, pelo contrário, caracteriza-se pelo predomínio de estados estáveis nos quais há um equilíbrio na entrada e na saída de energia, matéria e informação, permitindo uma permanência das propriedades essenciais da paisagem e um desenvolvimento sem fortes distúrbios (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 105).

Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 103) definem a declividade, a litologia e a rede de drenagem como os fatores críticos que determinam a estabilidade potencial do território. A estabilidade foi avaliada através de uma técnica numérica aproximativa simples. Foi reconhecida uma escala de quatro valores para cada um dos parâmetros. Cada um desses valores recebeu uma pontuação, sendo a maior delas correspondente à maior instabilidade. Realizada a soma mecânica dos pontos, procedeu-se ao enquadramento das unidades geoecológicas de acordo com as três categorias de estabilidade potencial definidas por Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 105): paisagens instáveis (9 a 12 pontos), paisagens medianamente estáveis (6 a 9 pontos) e paisagens estáveis (3 a 6 pontos).

No caso específico das unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, foram utilizados os trabalhos de Mateo Rodriguez et al. (1995), Crepani et al. (2001) e Ross (1994) como referências para a atribuição da pontuação a cada um dos parâmetros. O Quadro 16 apresenta os critérios utilizados por Mateo Rodriguez et al. (1995) para a determinação da estabilidade potencial das paisagens em Corumbataí e o Quadro 17 apresenta a estabilidade potencial das unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas.

Quadro 16 – Critérios para a determinação da estabilidade potencial das paisagens em Corumbataí				
N.º de pontos	Grau de suscetibilidade à estabilidade			
	1 (Leve)	2 (Médio)	3 (Forte)	4 (Muito Forte)
Parâmetros	Caracterização			
Declividade	5 a 10%	10 a 20%	20 a 30%	30 a 45%
Litologia	Diabásio	Argilito-siltito	Cascalho e calcário	Areia
Drenagem	Difusa	Difuso-concentrada	Concentrada	Concentrado-difusa

Fonte: Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 105).

Quadro 17 – Estabilidade potencial das unidades geocológicas da BHRCU						
Unidades	Características gerais	Pontuação dos parâmetros				Estabilidade Potencial
		Litologia	Declividade	Drenagem	Total	
I (A e B)	Litologia: PMai ₂ , PMai ₃ e PMas ₂ . Declividade: Elevada, superior aos 47% em várias áreas. Drenagem: Concentrada.	1	4	3	8	Medianamente estável
II (A e B)	Litologia: Plm ₁ , PMai ₃ e Asb. Declividade: Elevada, com predominância da faixa de 12 a 30% e podendo chegar a 47% em várias áreas. Drenagem: Concentrada.	1	4	3	8	Medianamente estável
III (A e B)	Litologia: Asb. Declividade: varia até 30%. Drenagem: Concentrada.	1	3	3	7	Medianamente estável
IV (A e B)	Litologia: Plm ₁ e Qa (pequena porção). Declividade: varia até 30%. Drenagem: Concentrada.	1	3	3	7	Medianamente estável
V (A e B)	Litologia: Plm ₁ . Declividade: varia até 30%. Drenagem: Concentrada.	1	3	3	7	Medianamente estável
VI (A e B)	Litologia: Plm ₁ . Declividade: varia até 30%. Drenagem: Concentrada.	1	3	3	7	Medianamente estável
VIII (A, B e C)	Litologia: Plm ₁ . Declividade: varia até 30%. Drenagem: Concentrada.	1	3	3	7	Medianamente estável
VIII	Litologia: Plm ₁ . Declividade: Varia até 5%. Drenagem: Represa de Chapéu D'Uvas.	1	1	1	3	Estável
Especial (I e II)	Áreas úmidas e Açudes (inseridas no contexto maior das demais unidades)	---	---	---	---	Medianamente estável

Fonte: Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 103).

4.2.1.4 – Fragilidade

A fragilidade ou estabilidade tecnogênica refere-se à capacidade da paisagem retornar ao seu estado de partida, após sofrer determinada perturbação. Este tipo de estabilidade está relacionado a algum tipo concreto de impacto.

A determinação da fragilidade é realizada a partir de índices de impactos tecnogênicos sobre as paisagens, que varia de acordo com os tipos e uso da terra, caracterizando as mudanças antropogênicas, principalmente a agricultura (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 105).

A seleção das categorias de fragilidade parte do pressuposto de que, atualmente, a maior fragilidade ao impacto e que mais provoca mudanças na paisagem é dada pelas formas de ocupação caracterizadas por uma estrutura vertical simples e homogênea. Assim, um pasto artificial, por exemplo, é muito suscetível a impactos. A mata, com uma estrutura vertical complexa, implica em um impacto humano menor, o que lhe confere menor fragilidade.

Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 105-106) propuseram quatro categorias de fragilidade ao realizarem a análise geoambiental da paisagem no Município de Corumbataí (SP): muito frágil (áreas cujos pastos naturais estão em uso), frágil (áreas de pasto plantado e citricultura), medianamente frágil (áreas usadas com culturas anuais) e pouco frágil (áreas usadas com matas e reflorestamentos).

Evidentemente, no caso da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, foi necessário realizar uma adaptação das categorias acima referidas. Para tanto, utilizou-se como referências os trabalhos de Crepani et al. (2001), Cunico e Fiori (2008) e Ross (1994). O Quadro 18 apresenta as classes de uso e cobertura da terra e respectivos valores na escala de vulnerabilidade morfodinâmica natural da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi e o Quadro 19 apresenta a fragilidade das unidades geológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas.

Quadro 18 – Classes de uso e cobertura da terra e respectivos valores na escala de vulnerabilidade morfodinâmica natural da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi

Tipos de uso e cobertura da terra	Classe	Valor
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Estável	1,0
Floresta Ombrófila Densa Montana	Estável	1,0
Floresta Ombrófila Densa Submontana	Estável	1,0
Floresta Ombrófila Densa Altomontana	Estável	1,0
Floresta Ombrófila Mista Montana	Estável	1,3
Fase Intermediária da Sucessão	Moderadamente Estável	1,3
Fase Inicial da Sucessão	Moderadamente Estável	1,7
Reflorestamento	Medianamente Estável-Vulnerável	2,0
Formações Pioneiras com Influência Fluvial	Moderadamente Vulnerável	2,3
Refúgios Montanos e Altomontanos	Vulnerável	2,7
Agricultura e Pecuária	Vulnerável	2,8
Solo Exposto + Áreas Adensadas	Vulnerável	3,0

Obs.: a escala de valores varia de 1 a 3, sendo o maior valor o de maior vulnerabilidade.

Fonte: Cunico e Fiori (2008, p. 46).

Quadro 19 – Fragilidade das unidades geocológicas da BHRCUDU

Unidades	Uso e cobertura da terra	Fragilidade
I-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal	Pouco frágil
I-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto	Muito frágil
II-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal	Pouco frágil
II-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto	Muito frágil
III-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal	Pouco frágil
III-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto	Muito frágil
IV-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal	Pouco frágil
IV-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto	Muito frágil
V-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal	Pouco frágil
V-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto	Muito frágil
VI-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal	Pouco frágil
VI-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto	Muito frágil
VII-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal	Pouco frágil
VII-B	Áreas antropizadas, caracterizadas por usos como pastagens, reflorestamento, culturas agrícolas e solo exposto	Muito frágil
VII-C	Áreas antropizadas, caracterizadas pelo uso urbano do solo	Muito frágil
VIII	Represa de Chapéu D'Uvas	Pouco frágil
Especial I	Áreas úmidas	Pouco frágil
Especial II	Açudes	Pouco frágil

4.2.1.5 – Sensibilidade

A leitura dos tipos de estabilidade permite que se tenha uma ideia a respeito da sensibilidade das unidades geoecológicas. A sensibilidade define-se, portanto, como uma suscetibilidade da paisagem à degradação e à perda de sua capacidade produtiva (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 106).

Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 106), ao realizarem a análise geoambiental da paisagem do Município de Corumbataí, propuseram as seguintes categorias de sensibilidade:

- **Muito sensível:** paisagens inestáveis e muito frágeis;
- **Sensível:** Paisagens medianamente estáveis e frágeis/muito frágeis ou paisagens inestáveis e frágeis;
- **Medianamente sensível:** paisagens estáveis e frágeis/muito frágeis ou paisagens inestáveis e pouco frágeis/medianamente frágeis;
- **Pouco sensível:** paisagens medianamente estáveis e pouco frágeis/medianamente frágeis ou paisagens estáveis e medianamente frágeis;
- **Muito pouco sensível:** paisagens estáveis e pouco frágeis.

De uma maneira geral, a instabilidade é maior em áreas de vales e de terraços, e a estabilidade é maior nas áreas de topos e de patamares de baixa declividade. O uso inadequado das paisagens medianamente estáveis pode determinar um franco predomínio da deterioração geoecológica da paisagem (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 106).

A determinação da sensibilidade geoecológica constitui-se em um instrumento fundamental para o Planejamento Ambiental. O mapeamento da sensibilidade constitui um indicador relativamente confiável para o estabelecimento da capacidade de carga ou capacidade de suporte de uma paisagem, além da intensidade de uso que a mesma tem condições de assimilar. Assim, com o aumento da sensibilidade (paisagens muito sensíveis), a capacidade de suporte deve ser maior. Contudo, as paisagens muito pouco sensíveis poderão ter condições de tolerar uma maior capacidade de suporte (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 106). O Quadro 20 apresenta a sensibilidade das unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas.

Quadro 20 – Sensibilidade das unidades geoecológicas da BHRCDU			
Unidades	Estabilidade potencial	Fragilidade	Sensibilidade
I-A	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível
I-B	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível
II-A	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível
II-B	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível
III-A	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível
III-B	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível
IV-A	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível
IV-B	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível
V-A	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível
V-B	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível
VI-A	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível
VI-B	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível
VII-A	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível
VII-B	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível
VII-C	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível
VIII	Estável	Pouco frágil	Muito pouco sensível
Especial I	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível
Especial II	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível

4.2.1.6 – Estado geoecológico

O estado geoecológico refere-se ao grau de capacidade produtiva e de degradação das propriedades originais das paisagens, que resultam das modificações e das transformações produzidas pelas atividades humanas.

Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 102) definem quatro categorias para a avaliação do estado geoecológico das paisagens:

- **Paisagens otimizadas:** são paisagens que têm experimentado um crescimento da capacidade produtiva e do potencial biológico, como resultado da criação de uma estrutura paisagística com a aplicação de medidas de produção;

- **Paisagens compensadas:** são as paisagens que não têm experimentado uma redução significativa da capacidade produtiva. Possuem um potencial biológico próximo do natural, apesar da substituição da vegetação natural por uma outra equivalente, segundo a produtividade biológica. O uso existente conduz à sustentabilidade das propriedades originais e inclui a aplicação de medidas para defender a estrutura das paisagens;

- **Paisagens alteradas:** são paisagens que caracterizam-se por uma significativa redução da capacidade produtiva e por uma diminuição drástica da capacidade de regeneração natural, tendo alcançado um grau de degradação de difícil reversibilidade. É o mesmo que se dizer que a estrutura paisagística original tem sido fortemente empobrecida, incluindo a diminuição da composição de espécies da cobertura vegetal, diminuindo a produtividade biológica e ampliando a degradação dos solos. As práticas extensivas de pecuária, por falta de um manejo adequado, ultrapassando o nível crítico da produtividade biológica, têm sido, em grande parte, as responsáveis pela formação dessas paisagens;

- **Paisagens esgotadas:** são aquelas paisagens que têm perdido a estrutura e as propriedades originais. Caracterizam-se por uma degradação total da capacidade produtiva e pelo predomínio de processos intensos de degradação geoecológica, como consequência de seu uso irracional.

Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 102) fornecem ainda uma série de diretrizes que auxiliam na avaliação do estado geoecológico das paisagens:

- Existe uma relação direta entre o estado geoecológico e os graus e os tipos dos processos geoecológicos que ocorrem em determinada área. Em geral, os processos

erosivos concentrados tendem a conduzir à formação de paisagens alteradas e esgotadas;

- Existe uma relação do estado geoecológico com a estabilidade potencial das paisagens: quanto mais instável for a paisagem, mais sujeita estará a passar para os estados alterados e esgotados;

- Com relação ao grau e ao tipo do impacto, o esgotamento é mais possível quando o uso for mais extensivo e houver mais incrementos na antropogenização.

É importante ressaltar que os fatores mencionados se inter cruzam e se sobrepõem, resultando na formação de um complexo quadro de estado geoecológico. O Quadro 21 apresenta o estado geoecológico das unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas.

Quadro 21 – Estado geológico das unidades geológicas da BHRCDU				
Unidades	Processos geológicos	Estabilidade potencial	Fragilidade	Estado geológico
I-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Otimizado
I-B	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Alterado
II-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Otimizado
II-B	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Alterado
III-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Otimizado
III-B	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Alterado
IV-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Otimizado
IV-B	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Alterado
V-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Otimizado
V-B	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Alterado
VI-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Otimizado
VI-B	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Alterado
VII-A	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Otimizado
VII-B	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Alterado
VII-C	Áreas antropizadas pelo uso urbano do solo	Medianamente estável	Muito frágil	Alterado
VIII	Lançamento de esgotos domésticos não tratados e assoreamento.	Estável	Pouco frágil	Compensado
Especial I e II	Áreas úmidas e Açudes (inseridas no contexto maior das demais unidades)	Medianamente estável	Pouco frágil	Alterado

4.2.1.7 – Relação entre uso real e uso potencial da terra

A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas não conta com nenhuma legislação específica para o ordenamento do uso e ocupação da terra em sua área de abrangência. Da mesma forma, nenhum dos três municípios que abrangem a bacia – Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont – possui Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e/ou lei de uso e ocupação da terra.

Dessa forma, até o presente momento, a bacia conta apenas com a legislação federal de proteção da vegetação e a legislação estadual de proteção de mananciais para estabelecer as restrições ao uso e ocupação da terra necessárias à conservação de seus recursos hídricos, que correspondem a:

- Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012: dispõe sobre proteção da vegetação nativa;
- Medida Provisória n.º 571, de 25 de maio de 2012: altera a Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa;
- Lei Federal n.º 12.727, de 17 de outubro de 2012: altera a Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis Federais n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis Federais n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do Artigo 167 da Lei Federal n.º 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2.º do Artigo 4.º da Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012;
- Lei Federal n.º 9.985, de 18 de julho de 2000: regulamenta o Artigo 225, § 1.º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências;
- Resolução CONAMA n.º 303, de 20 de março de 2002: dispõe sobre parâmetros, definições e limitantes de Áreas de Preservação Permanente;
- Resolução CONAMA n.º 302, de 20 de março de 2002: dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno;

- Decreto Federal n.º 87.561, de 13 de setembro de 1982: dispõe sobre as medidas de recuperação e proteção ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e dá outras providências;

- Lei Estadual n.º 10.793, de 02 de julho de 1992: dispõe sobre a proteção de mananciais destinados ao abastecimento público no Estado de Minas Gerais;

- Lei Estadual n.º 14.309, de 19 de junho de 2002: dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado de Minas Gerais;

- Lei Estadual n.º 18.024, de 09 de janeiro de 2009: altera a Lei Estadual n.º 15.910, de 21 de dezembro de 2005, que dispõe sobre o Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (FHIDRO), e o Artigo 23 da Lei Estadual n.º 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado de Minas Gerais.

Em seu Artigo 3.º, a Lei Federal n.º 12.651/2012 definiu Área de Preservação Permanente como uma “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

O Artigo 4.º da Lei Federal n.º 12.651/2012, com as alterações previstas na Medida Provisória n.º 571/2012, considera como Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas:

I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;

- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

- c) 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento, observado o disposto nos §§ 1.º e 2.º;

IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI – em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado.

É importante ressaltar que a Lei Federal n.º 12.727, de 17 de outubro de 2012, estabeleceu novos critérios, limites e parâmetros para a recomposição das faixas marginais de Áreas de Permanente em função do tamanho das propriedades rurais. Já os critérios, limites e parâmetros para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente utilizados neste trabalho permaneceram os mesmos, razão pela qual foi mantida a referência à Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, nos mapas, dados e informações referentes às APPs hídricas da bacia estudada aqui produzidos.

O Mapa 16 apresenta as áreas sujeitas às diversas restrições ao uso e ocupação da terra da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas segundo os parâmetros

estabelecidos pela Lei Federal n.º 12.651/2012 e pela Medida Provisória n.º 571/2012, com foco nas APPs hídricas⁽¹⁾ (nascentes, margens de cursos de água e entorno de reservatório artificial). Já o Mapa 17 apresenta a relação entre uso potencial e uso real da terra nas APPs hídricas da bacia segundo os parâmetros legais vigentes.

Na definição de APP de reservatório artificial para a Represa de Chapéu D'Uvas, adotou-se uma largura de 200 metros para todo o seu perímetro. O § 3.º do Artigo 4.º da Lei Federal n.º 12.651/2012 estabelece que “as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento, observado o disposto nos §§ 1.º e 2.º”, são consideradas Áreas de Preservação Permanente. O § 1.º do Artigo 4.º estabelece uma largura de APP de 200 metros na faixa marginal de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura. Já o § 2.º do Artigo 4.º estabelece uma largura de APP de 100 metros para as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal deve ser de 50 (cinquenta) metros. No caso da Represa de Chapéu D'Uvas, levando-se em conta a largura do manancial e a necessidade de se oferecer uma maior proteção quali-quantitativa às suas águas, que serão em breve destinadas ao abastecimento humano, optou-se pela maior largura possível de APP de reservatório artificial segundo os parâmetros legais vigentes, ou seja, uma APP de 200 metros para todo o seu perímetro.

Admitindo-se o uso potencial como aquele adequado aos parâmetros, limites e critérios estabelecidos pela legislação e o uso real como aquele de fato encontrado nas áreas de preservação permanente, verifica-se, de acordo com a análise do Mapa 12, uma significativa incompatibilidade de usos da terra em toda a área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas.

Em toda a área da bacia, as áreas de preservação permanente hídricas legalmente estabelecidas caracterizam-se pela presença de usos inadequados da terra. A cobertura vegetal contribui para o controle do escoamento superficial e subsuperficial das águas

⁽¹⁾A denominação “Áreas de Preservação Permanente hídricas” (APPs hídricas) foi utilizada pelo diretor-presidente da ANA, Vicente Andreu, em artigo intitulado *Código Florestal, água e números*, publicado no jornal *O Estado de São Paulo*, de 05 de junho de 2012. A expressão procura diferenciar o conjunto de APPs adjacentes e mais diretamente relacionadas aos corpos de águas (nascentes, margens de cursos de água e reservatórios) dos demais tipos de APPs estabelecidos pela legislação vigente (topo de morro, encostas, manguezais, etc.).

pluviais, exercendo um papel de defesa e de proteção contra os agentes erosivos. A própria definição de APP ressalta as suas funções de preservação dos recursos hídricos, de proteção do solo e de manutenção da biodiversidade.

Sendo assim, é de fundamental importância que nas APPs hídricas a vegetação seja mantida preservada de forma a garantir a qualidade ambiental e o bem-estar das populações. No caso da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, uma boa parte das APPs hídricas caracteriza-se por usos da terra incompatíveis com as funções por elas desempenhadas.

Foram identificadas três tipos de APPs hídricas na bacia, fundamentais para a garantia da produção e da reserva de água do manancial: APP de margens de cursos de água (30 metros), APP de nascentes (raio de 50 metros) e APP de entorno de reservatório artificial (200 metros). Foram identificadas 982 nascentes, totalizando 7,70 km² de APPs; as margens de cursos de água somaram um total de 47,82 km²; a APP de reservatório artificial corresponde a uma área de 27,96 km².

As APPs hídricas somaram um total de 69,04 km², descontadas as sobreposições. Desse total, 20,43 km² são caracterizados por usos adequados, ao passo que 48,61 km² são caracterizados por usos inadequados. Foram considerados usos adequados a vegetação nativa e as áreas nas quais foram preservadas as áreas úmidas. Os demais usos (área urbanizada, cultura agrícola, pasto, reflorestamento e solo exposto) foram considerados como usos inadequados, por não permitirem a manutenção das funções ambientais básicas das APPs.

Pode-se concluir que a ocupação e o uso inadequado de APPs é um problema ambiental presente em toda a área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Em relação às nascentes, boa parte da vegetação do entorno dela foi devastada e cedeu lugar aos usos inadequados em toda a área da bacia. Evidentemente, este constitui um problema de fundamental importância, sobretudo numa bacia hidrográfica de manancial destinado ao abastecimento público de água. As margens de cursos de água também caracterizam-se pela ocorrência de usos inadequados em toda a área da bacia, fato que pode contribuir para o desencadeamento de processos erosivos, levando ao assoreamento e à conseqüente degradação quali-quantitativa de suas águas. Finalmente, a maior parte da APP de reservatório artificial, que deveria constituir-se numa faixa marginal de 200 metros de comprimento acompanhando todo o perímetro da Represa de Chapéu D'Uvas, encontra-se degradada em sua quase totalidade em função do desenvolvimento de usos inadequados. A manutenção de uma faixa de proteção

marginal no entorno de reservatórios é reconhecida, tanto na bibliografia técnica especializada quanto na legislação pertinente, como sendo de fundamental importância em áreas de mananciais, garantindo a proteção contra os processos erosivos e contra a poluição e a contaminação por agrotóxicos, esgotos domésticos e industriais e/ou outros tipos de substâncias.

Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 113) estabelecem as seguintes categorias para a avaliação da relação entre o uso potencial e o uso real da terra:

- **Paisagens subutilizadas:** aquelas nas quais o uso pode ser incrementado para aproximá-la a um potencial de maior hierarquia. Exemplo: paisagens atualmente utilizadas para pastagens e que são adequadas para cultivos anuais;

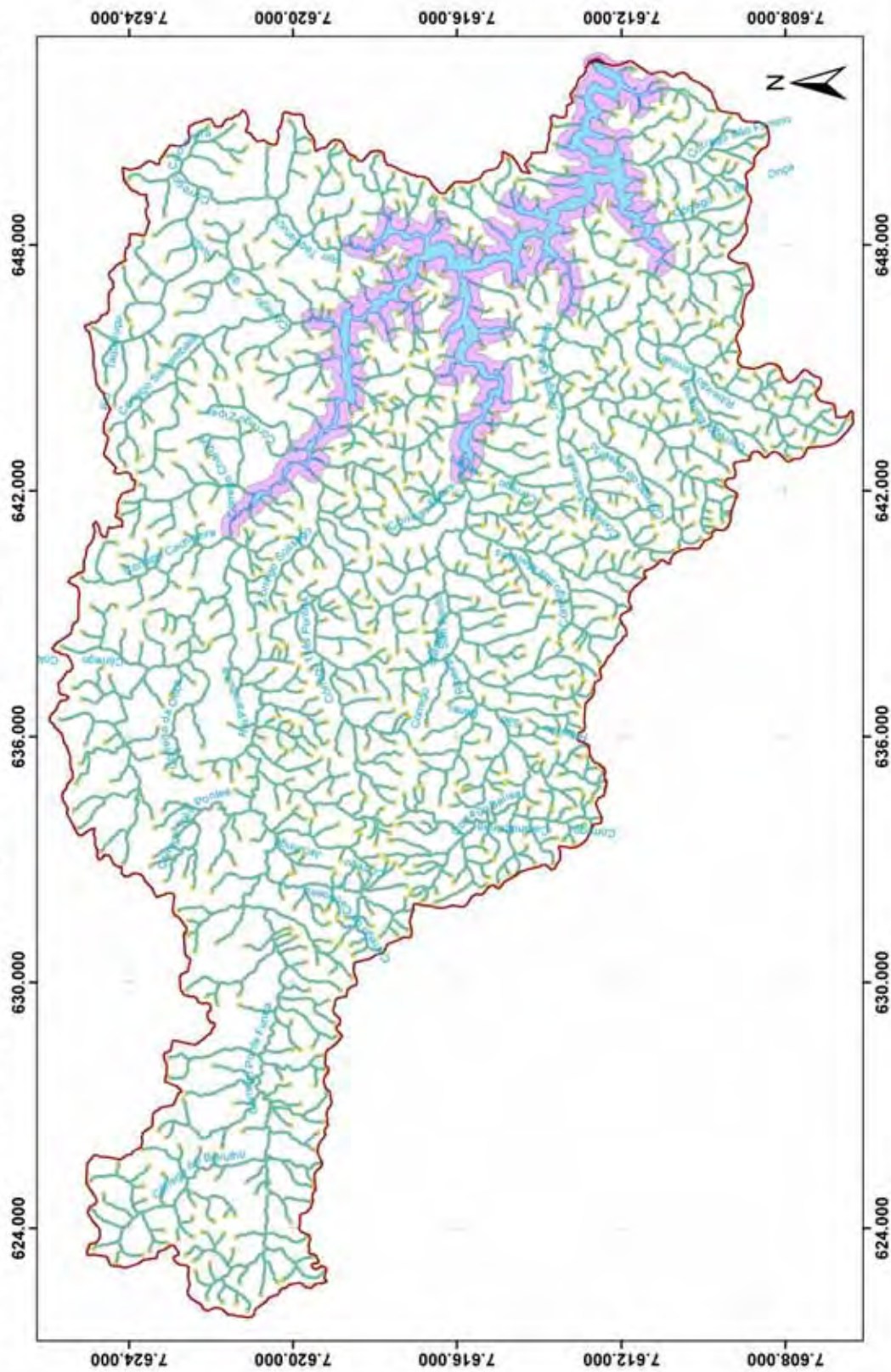
- **Paisagens utilizadas de acordo com o seu potencial:** como exemplo pode-se citar paisagens de potencial médio (pastagens) que estão sendo utilizadas para pastos;

- **Paisagens superutilizadas:** são aquelas nas quais o uso é muito maior do que o potencial. Exemplo: paisagem de potencial baixo (adequada para uso florestal) que estão sendo utilizadas com pastagens.

A categoria de paisagem superutilizada geralmente manifesta grandes conflitos de uso. Contudo, a categoria de paisagem subutilizada implica na possibilidade de explorações complementares. É necessário notar que tais observações se referem ao tipo de uso e não à sua intensidade. É o mesmo que se dizer que tanto o uso atual quanto o uso potencial devem ser submetidos à capacidade de suporte potencial e à capacidade de uso efetivo, o que requer o desenvolvimento de estudos mais detalhados (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 113).

No caso da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, considerando-se especificamente a avaliação das APPs hídricas, todas as unidades do meio físico apresentam extensas áreas com incompatibilidade de uso. Em todas as unidades, grande parte das APPs hídricas, cujo potencial de uso, segundo a legislação vigente, é a preservação da vegetação original, encontra-se utilizadas por pastagens, culturas agrícolas, reflorestamento, etc. Sendo assim, todas as unidades do meio físico possuem extensões consideráveis enquadradas na categoria de paisagens superutilizadas.

Mapa 16 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Restrições legais ao uso e ocupação da terra (APPs hídricas)



Fonte: IBGE (1976)

Folhas:

SF-23-X-C-VI-1

SF-23-X-C-VI-2

SF-23-X-C-III-3

SF-23-X-C-III-4

Escala original: 1:50.000

Autor: Christian Ricardo Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal

Orgão: FCT/UNESP

Data de elaboração: Julho/2012

Escala: 1:100.000



GADIS
Gratuito Ambiental e Digitalização Socioespacial

Apoio:

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Legenda

Limite da bacia

Barramento

Drenagem

Represa

APPs de nascentes

APPs de margens de cursos de água

APP de reservatório artificial

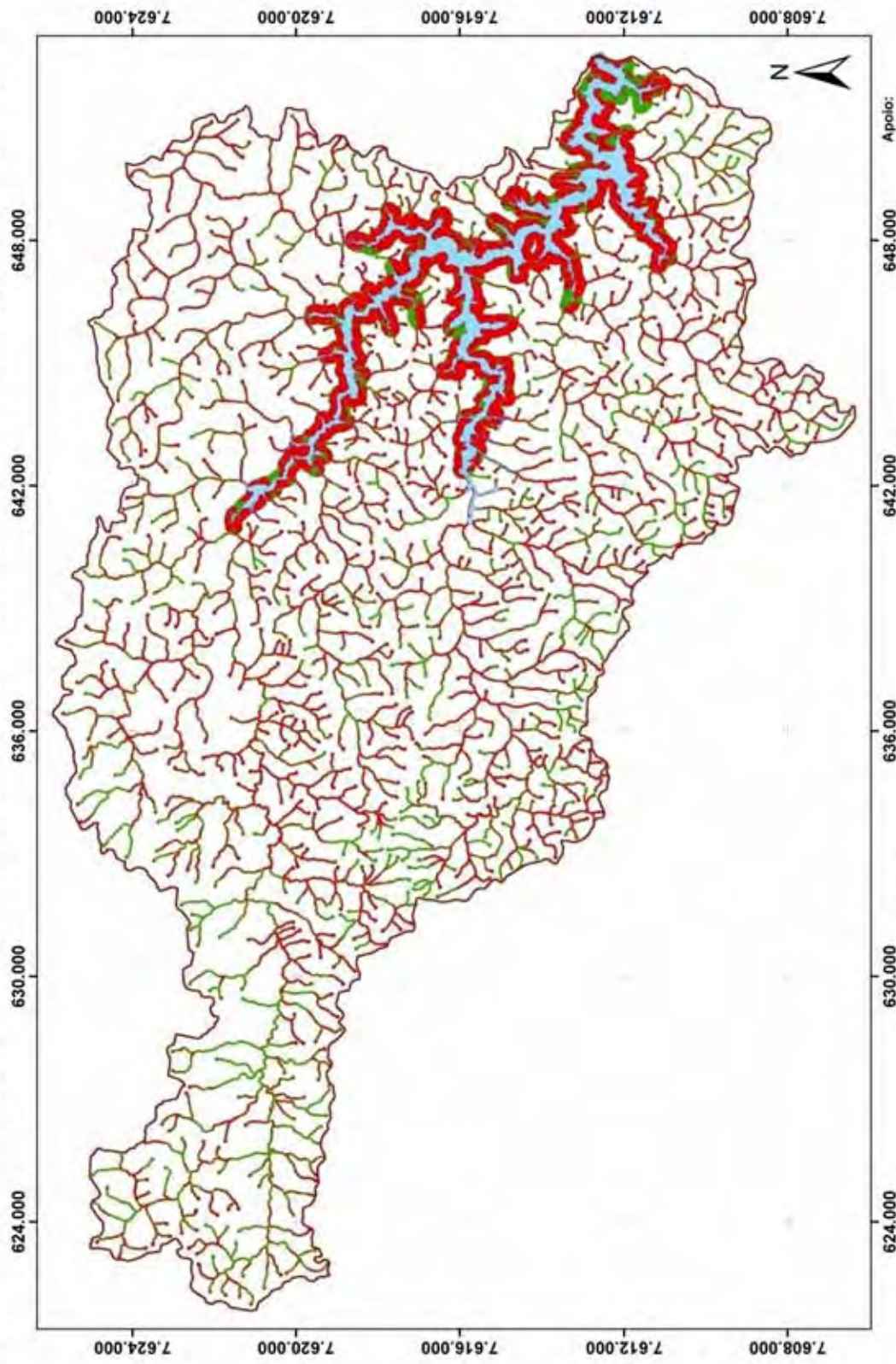
Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
Cresce 8' anualmente

Mapa 17 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Relação entre uso potencial e uso real da terra



Fonte: IBGE (1976)

Folhas:

SF-23-X-C-VI-1

SF-23-X-C-VI-2

SF-23-X-C-III-3

SF-23-X-C-III-4

Escala original: 1:50.000

Autor: Christian Ricardo Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal

Orgão: FCT/UNESP

Data de elaboração: Julho/2012

Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. Fuso 23 S),
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: SIRGAS 2000

Declinação magnética do centro da folha em 1976: 18°10' W
Cresce 8' anualmente

Legenda

Limite da bacia

Barramento

Represa

Uso adequado

Uso inadequado

Apoio:



4.2.1.8 – Diagnóstico ambiental integrado

A elaboração de uma política de organização territorial exige que se tenha uma visão globalizadora ou de conjunto da problemática ambiental de uma determinada área. Por isso mesmo, deve-se proceder à realização de um diagnóstico ambiental integrado, que leve em conta a relação entre o uso potencial e o uso real, o estado geoecológico, a sensibilidade geoecológica e os processos geoecológicos predominantes (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995, p. 115).

No diagnóstico integrado da problemática ambiental do Município de Corumbataí (SP), Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 115) distinguiram as seguintes categorias de paisagens:

- **Paisagens superexploradas, compensadas e otimizadas:** são paisagens que estão submetidas a um uso mais intenso e que não experimentam um nível forte de degradação;

- **Paisagens utilizadas de acordo com o potencial e compensadas:** são as paisagens que correspondem fundamentalmente às áreas de reflorestamento, com alguns vales ocupados por pastagens. Precisam apenas de algumas medidas que evitem a degradação e garantam a manutenção de sua capacidade produtiva e regenerativa;

- **Paisagens utilizadas de acordo com o seu potencial e alteradas:** são paisagens de potencial médio utilizadas com pastagens, que apresentam um grau considerável de degradação (estado alterado). Isso tem sido consequência de atividades desenvolvidas no passado e que alteraram o equilíbrio, através do manejo inadequado e de um uso atual indevido;

- **Paisagens utilizadas de acordo com o potencial e esgotadas:** são paisagens que utilizadas com pastagens, mas que encontram-se em um estado de degradação total;

- **Paisagens superutilizadas e alteradas ou esgotadas:** são paisagens cuja capacidade de uso está voltada para a proteção ou o reflorestamento; no entanto, são utilizadas com pastagens, encontrando-se em estado de degradação total. Exigem mudanças radicais na utilização e de medidas enérgicas de proteção e de reabilitação.

O Quadro 22 apresenta o diagnóstico ambiental integrado das unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas.

Quadro 22 – Diagnóstico ambiental integrado das unidades geocológicas da BHRCDU						
Unidades	Função geocológica	Processos geocológicos	Estabilidade potencial	Fragilidade	Sensibilidade	Estado geocológico
Relação entre uso real e uso potencial nas APPs hídricas						
Diagnóstico ambiental integrado						
I-A	Emissora	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível	Otimizado
I-B	Emissora	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível	Alterado
II-A	Emissora	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível	Otimizado
II-B	Emissora	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível	Alterado
III-A	Coletora e transmissora	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível	Otimizado
III-B	Coletora e transmissora	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível	Alterado
IV-A	Coletora e transmissora	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível	Otimizado
IV-B	Coletora e transmissora	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível	Alterado
V-A	Emissora e transmissora	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível	Otimizado
V-B	Emissora e transmissora	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível	Alterado
VI-A	Transmissora e emissora	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível	Otimizado
VI-B	Transmissora e emissora	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível	Alterado
VII-A	Transmissora e emissora	Áreas caracterizadas pela cobertura de vegetação nativa florestal.	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível	Otimizado
VII-B	Transmissora e emissora	Problemas com lançamento inadequado de esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, desmatamento e ocupação de APPs e ocorrência de processos erosivos.	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível	Alterado
VII-C	Transmissora e emissora	Áreas antropizadas, caracterizadas pelo uso urbano do solo	Medianamente estável	Muito frágil	Sensível	Alterado
VIII	Coletora	Lançamento de esgotos domésticos não tratados e assoreamento.	Estável	Pouco frágil	Muito pouco sensível	Compensado
Especial I	Inseridas no contexto maior das demais unidades	Áreas úmidas	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível	Alterado
Especial II		Açudes	Medianamente estável	Pouco frágil	Pouco sensível	Alterado

4.2.2 – Diagnóstico dos recursos hídricos: usos da água

4.2.2.1 – As demandas para a construção da Represa de Chapéu D’Uvas

Alcântara Júnior (2007, p. 57) destaca que os fatos relativos ao surgimento de Nova Dorés do Paraibuna remontam a 1946, quando os moradores da Colônia de São Firmino começaram a ouvir os primeiros boatos de que iriam ser remanejados dali em função da construção de uma barragem que inundaria toda a localidade onde residiam. A barragem, projetada pelo engenheiro Otto Pfafstetter, teria duas funções principais: a primeira refere-se à ampliação da capacidade de geração de energia hidrelétrica nas usinas da antiga Companhia Mineira de Eletricidade (CME), localizadas a jusante de Juiz de Fora; a segunda seria a de regularizar e controlar a vazão do Rio Paraibuna ao longo do ano, contribuindo para evitar as inundações no centro urbano de Juiz de Fora na época das cheias e facilitar a dispersão de poluentes na época de estiagem.

Porém, as primeiras providências legais e administrativas para a construção da represa foram tomadas somente em 1958, durante o governo do Presidente Juscelino Kubitschek. No Diário Oficial da União de 18 de agosto de 1958 foi publicado o Termo de Ajuste do Departamento Nacional de Obras e Saneamento do Ministério da Viação e Obras Públicas, que autorizou a construção da Represa de Chapéu D’Uvas, entregue aos cuidados da Construtora Suíço-Brasileira S.A. A concepção do projeto de barramento teve início em 1957 e o detalhamento estrutural e eletro-mecânico foi desenvolvido na década de 1970 pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) e pela empresa SONDOTÉCNICA S.A. A obra, paralisada durante décadas, foi retomada em 1992 e inaugurada no dia 18 de dezembro de 1994, quando Itamar Franco ocupava a Presidência da República. Foram destinados recursos da ordem de R\$ 15 milhões pra a sua conclusão (MACHADO, 2006, p. 10).

Em maio de 1980 a Companhia Mineira de Eletricidade foi encampada pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). A partir disso, o Ministério do Interior determinou ao DNOS a reformulação do projeto da barragem, considerando não haver a necessidade de construção de mais uma barragem para suprir as necessidades de energia elétrica da região, o que estaria garantido pela produção das usinas já existentes operadas pela companhia.

Com isso, perdeu-se o objetivo inicial que motivou a construção da represa, ou seja, o de viabilizar a geração de energia elétrica a jusante de Juiz de Fora. Porém, desde a década de

1970, em razão da instalação da Companhia Siderúrgica Mendes Júnior (atual Grupo ArcelorMittal Aços Longos) e do Distrito Industrial de Juiz de Fora, o DNOS argumentava em favor da continuidade do projeto em função da necessidade de se regularizar o Rio Paraibuna para defender as instalações de possíveis inundações e de se garantir o abastecimento de água das novas unidades industriais. A siderúrgica exigiu a adequação do curso do Rio Paraibuna no trecho em que se instalaria, o que fez com que o rio tivesse a sua sinuosidade diminuída, passando a chegar com mais força na área central de Juiz de Fora. A construção da barragem implicou também na realização de desapropriações e na construção de novas vilas e de estradas rurais, sendo necessária para tanto a disponibilização de uma vultosa soma de investimentos, o que acabou por tornar muito lenta a completa execução da obra.

Para a conclusão do empreendimento e efetivação de sua operação, o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, sucessor do extinto Ministério da Integração Regional, fez celebrar um convênio entre si e as três prefeituras municipais afetadas pelo lago da barragem, ou seja: Juiz de Fora, Ewbank da Câmara e Santos Dumont (CESAMA, 1997, não paginado):

- **Convênio com a Prefeitura Municipal de Juiz de Fora com interveniência da CESAMA:** o convênio celebrado teve como objetivo o estabelecimento de um acordo de cooperação técnica para viabilizar a operação da Barragem de Chapéu D'Uvas, garantindo o apoio logístico, a fiscalização de serviços e a execução dos contratos necessários à execução barragem. O prazo de vigência do presente convênio era de cinco anos;

- **Convênio com a Prefeitura Municipal de Ewbank da Câmara:** o convênio celebrado teve como objetivo estabelecer a garantia da aquisição de bolsa e de equipamentos de terraplenagem (pá-carregadeira, trator de esteira, retro-escavadeira, caminhão basculante e caminhonete) para a melhoria e a manutenção de estradas junto ao lago, visando a melhor facilidade de locomoção aos produtores rurais do município;

- **Convênio com a Prefeitura Municipal de Santos Dumont:** o convênio celebrado teve o objetivo de garantir: a conclusão das obras da ponte em Nova Vila Dores do Paraibuna, permitindo a ligação entre os municípios de Bias Fortes e Santos Dumont; a recuperação do acesso dos principais produtores agropecuários situados na margem direita do Rio Paraibuna; a execução das obras de urbanização e de infraestrutura no novo núcleo habitacional de Dores do Paraibuna, incluindo meio-fio e passeio, pavimentação em lama asfáltica e fossa séptica; a aquisição de equipamentos de terraplenagem para a melhoria e a manutenção de estradas junto ao lago, visando garantir a facilidade de acesso dos produtores rurais da região.

4.2.2.2 – A desapropriação das áreas a serem submersas pelo lago

Para a construção da Represa de Chapéu D'Uvas, houve a necessidade de elaborar um extenso programa de desapropriação da área a ser inundada, englobando todas aquelas áreas situadas abaixo da cota de 746,00 m. O programa considerou dois tipos de imóveis:

- Imóveis rurais constituídos por pequenas e médias propriedades e que viviam, principalmente, da pecuária leiteira e da agricultura de subsistência;
- Imóveis urbanos situados nas localidades de Colônia de São Firmino, Povoado de Paraibuna e Distrito de Dores do Paraibuna.

Foi desapropriado um total de 11,5 km² da área da bacia de acumulação, atingindo um total de 108 proprietários. A área atingida estava encaixada numa região com poucas áreas de vales e de planícies. Em virtude desta conformação da topografia local, não foram atingidas extensas áreas de agricultura (SERRA AZUL, 1997, não paginado). A seguir tem-se uma descrição das características gerais das localidades desapropriadas para a construção da represa:

a) Colônia de São Firmino e Povoado de Paraibuna

Situados no Município de Ewbank da Câmara, a localização desses povoados justificou a necessidade de promover o seu remanejamento, haja vista que os mesmos situavam-se no interior da bacia de acumulação do reservatório abaixo da cota de 740,00 m e, conseqüentemente, seriam inundados com a formação do futuro lago.

A Colônia de São Firmino localizava-se na margem direita do Rio Paraibuna, contando com uma população de cerca de 300 moradores distribuídos entre 59 propriedades, além de uma igreja, totalizando em 9,51 ha. de área. Já o Povoado de Paraibuna estava localizado na margem esquerda do Rio Paraibuna, próximo a São Firmino, em uma área de 8,2 ha. Sua população era de aproximadamente 50 pessoas que moravam em distribuídas entre nove propriedades rurais.

O remanejamento para a nova Colônia de São Firmino, situada fora dos limites da BHRCDU, foi efetuado ainda em 1989. Este programa foi desenvolvido pelo antigo DNOS, com a participação da Prefeitura de Ewbank da Câmara. A nova colônia foi construída em uma área de 170.000 m², mais próxima da área urbana de Ewbank da Câmara, com toda a infraestrutura urbana necessária: ruas pavimentadas, iluminação,

sistema de esgoto sanitário e abastecimento de água tratada. Foram construídas 59 residências em lotes de 1.000 m² cada, além de uma igreja, um grupo escolar, um posto de saúde e duas lojas para comércio (SERRA AZUL, 1997, não paginado).

b) Distrito de Dores do Paraibuna

O Distrito de Dores do Paraibuna foi erguido às margens do Rio Paraibuna e originalmente era ponto de parada de tropeiros que vinham de Bias Fortes na direção de Palmyra (atual Santos Dumont) para vender seus produtos, provenientes da pecuária leiteira e da agricultura de pequena escala, principalmente hortifrutigranjeiros e lavouras de época (principalmente feijão e milho).

O distrito era atravessado pelo Rio Paraibuna, estando sua sede situada em sua margem direita e distante cerca de 13 km do centro de Santos Dumont. O distrito possuía ligações rodoviárias, através de estradas municipais e de estradas rurais não pavimentadas, com Santos Dumont, Bias Fortes, Paraibuna e diversas propriedades rurais.

O programa de reassentamento da população de Dores do Paraibuna, localizada no Município de Santos Dumont, teve seu início em 1983, quando a nova vila começou a ser construída. A área onde foi implantado o núcleo de Nova Dores foi escolhida, em 1981, com a participação de um morador de Dores do Paraibuna, o Sr. Divino Ferreira. A este cidadão foi atribuído o título de “louvado”, ou seja, pessoa nomeada para medir, avaliar, reconhecer terras apropriadas para construções e arbitrar.

O terreno escolhido, com 250.000 m² de área total, está localizado nas proximidades da área urbana de Santos Dumont. O núcleo habitacional de Nova Dores teve sua construção iniciada em 1983, após um período de muitas polêmicas entre a comunidade, seus representantes (Frei Justino, Sr. Divino Ferreira e outras lideranças) e o DNOS (posteriormente, o Ministério da Integração Regional). Considerando que as obras da barragem iniciaram-se em 1976, somente sete anos após foi estabelecido um acordo entre as partes para iniciar a construção da nova vila.

Depois da escolha do terreno, foi planejado e construído um núcleo habitacional que atendia às exigências do Código de Posturas e da legislação de parcelamento do solo do Município de Santos Dumont, constituído de quadras residenciais e comerciais, áreas destinadas a vias e praças, áreas livres e áreas para edificação de prédios públicos

e equipamentos urbanos e comunitários, distribuídos em 12 quadras compostas por 157 lotes, sendo 20 lotes vagos e 137 edificadas (SERRA AZUL, 1997, não paginado).

A área média dos lotes residenciais é de 980 m², variando de 452 m² a 1.430 m². Em tais lotes foram construídas 134 residências, segundo três modelos diferentes: 13 casas do tipo A, com 78,19 m²; 41 casas do tipo B, com 69,40 m²; e 80 casas do tipo C, com 56,31 m². Os lotes destinados à instalação das unidades comerciais de pequeno porte têm áreas de 160, 461 e 632 m², tendo sido considerada para as mesmas a padronização da área construída em 50m² (SERRA AZUL, 1997, não paginado).

A negociação para a localização dos remanejados nas novas casas obedeceu ao critério de manutenção do *status* anteriormente conquistado em sua antiga vila. As casas maiores foram destinadas aos proprietários de residências com maior valorização. A área central, localizada junto à igreja, foi tomada como ponto de referência para definir os melhores lotes. Os moradores que possuíam casas na área central, na antiga Dores do Paraibuna, mantiveram a mesma localização em Nova Dores.

Nas áreas destinadas aos equipamentos urbanos foram edificadas a igreja católica e seu salão paroquial; um grupo escolar com quatro salas de aula, área recreativa, área administrativa, biblioteca, sanitários, cozinha e depósitos; um centro comunitário com áreas destinadas a posto telefônico, consultório médico, consultório odontológico, sanitários e sala de espera. A Tabela 22 apresenta o número de imóveis desapropriados e o número de moradores remanejados para a construção da Represa de Chapéu D'Uvas e a Figura 44 apresenta o projeto de estradas rurais da Barragem de Chapéu D'Uvas.

Tabela 22 – Número de imóveis desapropriados e número de moradores remanejados para a construção da Represa de Chapéu D'Uvas				
Localização do imóvel	Santos Dumont		Ewbank da câmara	
	Nº. de imóveis	Pop. estimada	Nº. de imóveis	Pop. estimada
Dores do Paraibuna	130	700	-	-
São Firmino e Paraibuna	-	-	66	350
Rural	87	40	17	10
Total	217	740	83	360

Fonte: Serra Azul (1997, não paginado).

4.2.2.3 - Conflitos associados à implantação de Nova Dores do Paraibuna

Nova Dores do Paraibuna, construída para abrigar a população remanejada do antigo distrito, localiza-se na margem esquerda do Rio Paraibuna, numa encosta suave, compreendendo uma área total de 250.000 m². A principal atividade econômica desenvolvida pela população é a pecuária leiteira e a agricultura de subsistência. Tais atividades são desenvolvidas na área rural localizada ao longo das margens do Rio Paraibuna, estendendo-se a oeste, em direção ao Município de Antônio Carlos, ao sul, em direção ao Município de Bias Fortes, e a leste, à jusante do Rio Paraibuna em direção ao Município de Ewbank da Câmara.

O fluxo preferencial de produção ocorre principalmente no sentido de Santos Dumont, que é o polo urbano de maior importância, próximo à região situada à montante do lago de Chapéu D'Uvas. A maior proximidade com a sede municipal de Santos Dumont e a melhoria proporcionada pela implantação da estrada de ligação entre as duas localidades permitiu maior facilidade acesso e, conseqüentemente, o aumento a capacidade de escoamento dos produtos gerados em Nova Dores.

Desde a implantação de Nova Dores ocorreu um expressivo crescimento do comércio local. As instalações comerciais previstas na fase de planejamento da vila já sofreram expansão, tanto em termos de espaço físico dos estabelecimentos construídos inicialmente, quanto em relação à quantidade de estabelecimentos em atividade no local.

Alcântara Júnior (2007) destaca que o processo de remanejamento dos moradores atingidos pela construção do lago da Represa de Chapéu D'Uvas deu-se em meio a uma série de conflitos. Um dos principais personagens envolvidos na questão é o Frei Justino Burgers Nascimento, que foi pároco de Dores do Paraibuna durante um período de 12 anos.

Em 1977, informado de que o futuro lago da represa inundaria somente a Colônia de São Firmino e algumas propriedades rurais, Frei Justino dirige-se ao canteiro de obras com o intuito de questionar os engenheiros responsáveis a respeito da possibilidade de que Dores do Paraibuna fosse também atingida. Devido à falta de maiores detalhes a respeito da obra, e de posse da informação de que a cota altimétrica do reservatório chegaria aos 745 metros, Frei Justino realiza uma série de medições com um barômetro de pressão atmosférica em vários pontos de Dores do Paraibuna,

concluindo que a localidade seria atingida pela construção do lago em função de apresentar cotas inferiores (ALCÂNTARA JÚNOR, 2007, p. 59).

Frei Justino enviou suas conclusões, inclusive com detalhados croquis anexados, para o então Arcebispo Metropolitano de Juiz de Fora, Dom Geraldo Maria de Moraes Penido. Depois de reunir-se com o engenheiro-chefe do DNOS responsável pela construção da Represa de Chapéu D'Uvas, Lélío Rodrigues Lima, o bispo responde a Frei Justino através de um ofício datado de 20 de maio de 1977, no qual relata-se o reconhecimento da validade dos estudos e das conclusões por ele apresentados (ALCÂNTARA JÚNIOR, 2007, p. 61).

O processo de remanejamento foi permeado por muitos conflitos. Frei Justino teve sérios problemas com os fazendeiros locais, com os responsáveis pelo canteiro de obras e com os representantes de altos escalões do poder público. Frei Justino não aceitava o remanejamento da população de Dores do Paraibuna para a localidade denominada Boa Vista ou Coruja, como desejavam os fazendeiros. O frei afirmava que a localidade era muito pobre em recursos naturais e que os fazendeiros desejam o remanejamento da população para este local a fim de obterem acesso mais fácil a uma mão-de-obra barata e abundante. Depois de uma série de discussões e conflitos, prevaleceu a posição de Frei Justino, tendo sido Novas Dores implantada em uma localidade situada a 2 km de distância da Antiga Dores. Frei Justino indis pôs-se também com os responsáveis pela construção da represa, já que não havia nenhum projeto elaborado para a implantação de Nova Dores do Paraibuna quando do início das obras. Como estava previsto apenas o pagamento das indenizações à população atingida, Frei Justino iniciou um movimento para exigir a construção de Nova Dores. Frei Justino não aceitava a transferência da população para as áreas urbanas das cidades próximas, sob a alegação de que acabariam por se instalar em submoradias e se engajar em subempregos. Também o material utilizado na construção dos imóveis e na implantação do arruamento de Dores do Paraibuna e da Colônia de São Firmino foi objeto de muitas reclamações de Frei Justino. O frei chegou até mesmo a recolher vários tipos de materiais de construção considerados de péssima qualidade e levá-los até Belo Horizonte com o intuito de queixar-se às autoridades públicas responsáveis pelo contrato com a empresa responsável pela construção dos imóveis (ALCÂNTARA JÚNOR, 2007, p. 62-63).

Alcântara Júnior (2007 p. 82-84) realizou uma avaliação da percepção dos moradores da Colônia de São Firmino e de Dores do Paraibuna a respeito do processo

de remanejamento através da aplicação de questionários. Foram identificadas algumas diferenças entre as populações das duas localidades. Os moradores da Colônia de São Firmino, que constituía um povoado bastante pobre e carente de infraestrutura, aprovaram a transferência em sua totalidade. Já alguns moradores de Nova Dores queixam-se que as casas da antiga localidade eram velhas, porém de melhor qualidade. Com a mudança, praticamente todos os moradores da Colônia de São Firmino passaram a trabalhar em Juiz de Fora, ao passo que os moradores de Dores continuaram como trabalhadores rurais. Apesar de a mudança ter sido avaliada de forma bastante positiva por grande parte da população, alguns afirmaram sua preferência por residir nos locais antigos. Todos os moradores relataram também um sentimento de nostalgia em relação aos antigos locais de residência, evidenciando assim o rompimento de laços de identificação e de afeição com o lugar onde cresceram. Os moradores, de uma forma geral, também não identificam uma relevância direta para as novas localidades em relação à construção da represa. Os moradores afirmam ter conhecimento de que a represa foi construída para atender às demandas específicas do Município de Juiz de Fora e que a mesma deveria ser utilizada visando um maior benefício da população local através do desenvolvimento de alguma atividade econômica, como o turismo, por exemplo.

4.2.2.4 – O abastecimento de água de Juiz de Fora

4.2.2.4.1 – Diagnóstico do atual sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora

4.2.2.4.1.1 – Sistema de produção de água

O atual sistema de produção de água do Município de Juiz de Fora conta com três mananciais de superfície (Sistema São Pedro, Sistema Dr. João Penido e Sistema Norte ou Distrito Industrial). Somando-se os três sistemas atualmente em operação ao Sistema Poço D'Antas (desativado em 2006, sua utilização é prevista somente em situações emergenciais), tem-se uma capacidade de produção de água igual a 1.450 l/s (MKM, 2002, p. 06, vol. 1).

A Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA) opera também um total de 11 poços profundos que, somados, atingem uma produção de 50 l/s (MKM, 2002, p. 06, vol. 1). Tais poços estão presentes nas seguintes localidades: Caetés, Dias Tavares, Filgueiras, Floresta, Granjas Bethel II, Igrejinha, Nossa Senhora de Lourdes, Paula Lima, Retiro IV, Rosário de Minas e Sítio da Cachoeira. Atualmente, apenas seis destes poços estão em operação. Além disso, algumas partes isoladas e periféricas da cidade são atendidas por sistemas complementares, representados por captações em pequenos mananciais e/ou nascentes, com tratamento realizado através de ETAs compactas dotadas de filtro lento. Além disso, algumas localidades são atendidas através de poços artesianos.

Assim, somando-se os três sistemas principais (Dr. João Penido, Norte e São Pedro), as ETAs compactas de Valadares e de Torreões e os poços profundos e artesianos, tem-se uma capacidade máxima de produção de água estimada em 1.600 litros/segundo para o Município de Juiz de Fora (Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=numeros>>). A Figura 45 mostra a localização dos mananciais de abastecimento de água na área urbana de Juiz de Fora.

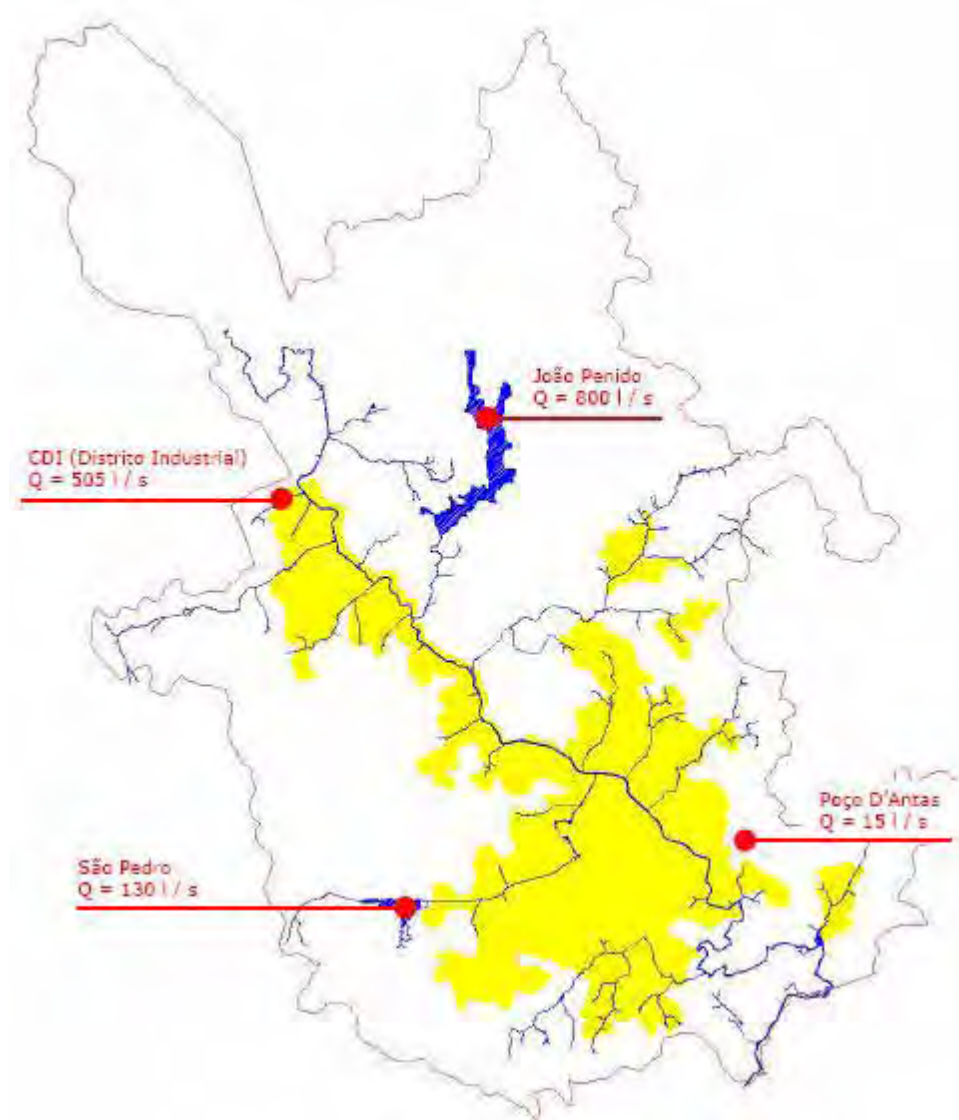


Figura 45: Localização dos mananciais de abastecimento de água na área urbana de Juiz de Fora.

Fonte: MKM (2002, p. 07, vol. 1).

a) Sistema Dr. João Penido

O Sistema Dr. João Penido, integrante do atual sistema de produção de água de Juiz de Fora, tem seu manancial representado pela Bacia Hidrográfica da Represa Dr. João Penido, respondendo atualmente por 50% do abastecimento de água à população atendida pela rede geral de distribuição. A represa foi construída no ano de 1934 “com a finalidade de servir de reservatório de acumulação de águas para abastecimento da cidade de Juiz de Fora” (BRANCO e ROCHA, 1986, p. 01). Edificada a barragem, foram represadas as águas do Ribeirão dos Burros ou Ribeirão dos Pintos, um afluente do Rio Paraibuna.

A represa está localizada a nordeste do município, a 16 km de distância do centro da cidade. A bacia de contribuição ocupa uma área de 68 km² e, segundo Pereira (1991, p. 09), “o volume armazenado de água no reservatório é de 16.000.000 m³ e a vazão regularizada é de 750 l/s”. Apesar de modesto, o Ribeirão dos Burros ou Córrego dos Pintos é o responsável por alimentar a Represa Dr. João Penido, constituindo seu principal tributário e possuidor de um grande potencial hídrico. A represa apresenta as seguintes características morfométricas (PEREIRA, 1991, p. 09):

- Comprimento máximo: 7,25 km;
- Largura máxima: 1,7 km;
- Profundidade máxima: 10,90 m;
- Profundidade média: 6,53 m;
- Área do lago: 3,7 km²;
- Perímetro: 17,8 km.

O Sistema Dr. João Penido é constituído por uma barragem de acumulação com tomada de água e extravasor tipo tulipa, adutora de água bruta por gravidade, estação de tratamento convencional, elevação, reservação e distribuição. A barragem mede 11,5 m de altura e 80 m de comprimento, construída no Ribeirão dos Burros, seu principal tributário e afluente do Rio Paraibuna. Também são tributários importantes os córregos Grama, Vargem Grande e Vista Alegre.

O sistema conta ainda com duas estações de tratamento de água (ETAs): a ETA Dr. João Penido, com produção de cerca de 150 l/s, e a ETA Marechal Castelo Branco, atualmente com capacidade de produção de cerca de 650 l/s. Dessa forma, o sistema conta atualmente com uma vazão regularizada de 800 l/s (MKM, 2002, p. 07, vol. 1).

Ambas as ETAs realizam o tratamento do tipo convencional, que consta, resumidamente, das etapas de captação, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e correção do pH. A Foto 37 mostra a Represa Dr. João Penido.



Foto 37: Vista geral da Represa Dr. João Penido.

Fonte: Assessoria de Comunicação da CESAMA.

b) Sistema Norte

O Sistema Norte é formado pela Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, que drena uma área de 148,7 km² e responde atualmente por 35% do abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora. Localiza-se a noroeste do Município de Juiz de Fora, quase que totalmente em zona rural. O Ribeirão do Espírito Santo, principal corpo hídrico da bacia, nasce a uma altitude de 840 metros e deságua no Rio Paraibuna a uma altitude de 640 metros. Os principais afluentes do Ribeirão do Espírito Santo são o Córrego Gouveia e o Córrego Vermelho, pela margem esquerda, e o Córrego Barreiro e o Córrego Penido, pela margem direita.

A captação se processa no Ribeirão do Espírito Santo, no limite da área desapropriada pelo Distrito Industrial, através de uma pequena barragem de regularização. Tem produção máxima de cerca de 620 l/s, abastecendo cerca de 40% da cidade (Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=resanto>>). Na ETA Walfrido Machado Mendonça é realizado o tratamento do tipo convencional. A água é transportada até a ETA por elevatória, através de uma adutora construída em ferro fundido, com diâmetro de 400 mm. Junto ao tratamento, tem-se um reservatório com capacidade volumétrica de 2.000 m³, de onde é feita a distribuição à Zona Norte, inclusive ao Distrito Industrial.

Essa bacia hidrográfica tem como principal uso o abastecimento de água potável para a população de Juiz de Fora, sendo também praticadas a agricultura irrigada e a agropecuária, de pequena escala e pouco expressivas na região. A atividade agrícola na bacia pode ser considerada inexpressiva, observando-se apenas a existência de culturas temporárias (milho, arroz e feijão) e de culturas permanentes (café). A pecuária já predominou na área da bacia, onde se observa a vasta extensão coberta por vegetação rasteira, aproveitada somente para pastagens. Com o desmatamento ocorrido na região, constata-se um grande número de nascentes desprotegidas e a ausência de matas ciliares, aliadas ao grande número de áreas alagáveis, com potencial para reservas hídricas, sendo drenadas e transformadas em pastagens, promovendo uma escassez de água de fim de seca, trazendo preocupação para um cenário futuro dos recursos hídricos na bacia. Observa-se também a ocorrência da exploração mineral através da extração de saibro, principalmente ao longo do Córrego Penido, causando degradação ambiental e contribuindo para o assoreamento dos cursos de água.

A implantação de grandes empreendimentos na bacia, que exige grande movimentação de terra, contribuiu de forma significativa para reduzir a área de cobertura vegetal, facilitando o assoreamento dos cursos de água da bacia. A Foto 38 mostra o Ribeirão do Espírito Santo, no trecho onde a CESAMA realiza a captação e água.



Foto 38: Captação de água no Ribeirão do Espírito Santo.

Fonte: Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=resanto>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

c) Sistema São Pedro

O Sistema São Pedro é formado pela Bacia Hidrográfica da Represa dos Ingleses (ou Represa do Cruzeiro de Santo Antônio ou Represa de São Pedro), localizada no setor oeste do Município de Juiz de Fora e ocupando uma área de 13,0 km². Criada em 1943, a represa teve o início da sua operação no ano de 1967. Distante 8 km da malha urbana da cidade, tem como principal tributário o Córrego São Pedro, com vazão de 40,4 l/s. O manancial responde atualmente por 8% do abastecimento público de água potável do município. Em época de estiagem, contribui com 2,5% da produção máxima. A menor vazão da barragem em 50 anos é de 38 l/s. No inverno, a vazão média é menor que 120 l/s e no verão a vazão máxima é superior a 150 l/s (Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=rsaopedro>>).

A barragem de terra possui 200 m de comprimento e 5 m de altura. A área do espelho de água é de 0,04 km² e a variação máxima de nível observada na barragem é de 2 m. A água bruta captada na represa de São Pedro é conduzida, por gravidade, através de uma adutora de concreto, com diâmetro de 600 mm e com 2.580 m de extensão até a ETA São Pedro, que trata atualmente, em média, 130 l/s (MKM, 2002, p. 07, vol. 1), variando de acordo com o nível da represa. A ETA utiliza o processo convencional de tratamento de água, da qual a água é conduzida ao reservatório situado sob o seu pavimento térreo, de onde é recalçada por duas elevatórias, anexas à estação, para três reservatórios localizados à jusante, de onde sai para distribuição. O sistema apresenta uma oferta de água bastante comprometida no período de estiagem, quando a vazão é drasticamente reduzida.

O manancial possui localização privilegiada, junto à área de expansão urbana topograficamente elevada, além de grande importância paisagística. Abastece a maior parte do Setor Oeste de Juiz de Fora. Encontra-se atualmente ameaçado por um processo de degradação desencadeado por atividades incompatíveis e pela ocupação concentrada ao longo das planícies de inundação. A bacia de acumulação da Represa de São Pedro está muito exposta, em termos sanitários, com a existência de vários núcleos habitacionais implantados e em expansão, além da Rodovia BR-040, que corta boa parte da bacia com tráfego intenso na região da represa. Esta bacia sofre com os usos do solo incompatíveis e a sua ocupação desordenada, com a crescente urbanização, com os desmatamentos e com a construção de fossas assépticas às margens do manancial sem a utilização de critérios técnicos. A Foto 39 mostra a Represa de São Pedro.



Foto 39: Vista geral da Represa de São Pedro.

Fonte: Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=rsaopedro>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

d) Sistema Poço D'Antas

O manancial é representado pela pequena Represa do Poço D'Antas, que recebe e represa as águas do Córrego D'Antas. O Sistema Poço D'Antas, cuja ETA compacta foi desativada em 2006, é uma área de manancial localizada em área de preservação. A ETA, com capacidade para tratar até 30 l/s, apresentava uma produção média de 15 l/s (MKM, 2002, p. 07, vol. 1). O Bairro Santo Antônio e alguns bairros adjacentes a ele, até então abastecidos pelo Sistema Poço D'Antas, são agora atendidos pelos sistemas Norte e Dr. João Penido. Ao ser desativado, o sistema contribuía com apenas 1% do abastecimento público de água potável do município.

Esse sistema possui uma oferta de água reduzida na época da estiagem, havendo a necessidade de complementação por outros mananciais quando ainda encontrava-se em atividade. Situada no setor leste de Juiz de Fora, a Represa do Poço D'Antas foi criada em 1955. Conta com uma pequena bacia de contribuição, com cerca de 3,83 km²,

razoavelmente protegida por estar inserida na área da Reserva Biológica Municipal do Poço D'Antas (Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=pcdanta>>). A Foto 40 mostra a Represa do Poço D'Antas.



Foto 40: Vista geral da Represa do Poço D'Antas.

Fonte: Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=pcdanta>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

4.2.2.4.1.2 – Sistema de distribuição e de abastecimento de água

Para atender à população urbana de Juiz de Fora, a CESAMA conta basicamente com três sistemas de distribuição: João Penido, CDI (Distrito Industrial) e São Pedro. Estes sistemas de distribuição são compostos de três grandes adutoras, de reservatórios de pequeno, médio e grande porte, de subadutoras, de redes-tronco e de redes de distribuição propriamente ditas.

As três grandes adutoras somam um total de, aproximadamente, 33 km de extensão. Existem ainda 69 reservatórios que totalizam uma capacidade de reservação de 45.500 m³. Os principais reservatórios fazem parte do Complexo Henrique de Novaes, que possui três células, cada um com capacidade para 5.000 m³. A CESAMA mantém ainda em operação 124 estações elevatórias (casas de bomba), espalhadas em diversos bairros para garantir o abastecimento de água nas partes altas da cidade. As três principais adutoras são: Dr. João Penido Filho (9,7 km de extensão), Menelick de Carvalho (9,7 km de extensão) e Terceira Adutora (13,5 km de extensão) (Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=numeros>>).

Na década de 1990 a CESAMA investiu na construção da Terceira Adutora, da Subadutora Sul, da Estação Elevatória junto à Maternidade Therezinha de Jesus, da nova célula do Reservatório Central e de outro reservatório junto à UFJF. Além disso, foi ampliada a ETA do Distrito Industrial, que apresenta atualmente uma capacidade de produção de água igual a 620 l/s. Foram realizadas também a recuperação da Adutora Dr. João Penido e a implantação da captação flutuante de água na Represa Dr. João Penido, o que permitiu aumentar a capacidade máxima de captação de 800 l/s para 900 l/s. Em 2001 a CESAMA concluiu mais quatro importantes obras para reforçar o abastecimento de água na cidade: a Rede-Tronco Central e as adutoras de Retiro, Grama e Filgueiras, totalizando 25,80 km de redes implantadas. Ainda nesse mesmo ano a CESAMA concluiu a implantação dos sistemas de abastecimento de água dos distritos de Sarandira, Valadares e Torreões, buscando universalizar o acesso aos serviços de saneamento básico no Município de Juiz de Fora.

O tratamento da água bruta é realizado em cinco estações, utilizando o processo convencional de tratamento de água, conjugadas às respectivas unidades de produção. As cinco Estações de Tratamento de Água (ETA) são: Dr. João Penido e Marechal Castelo Branco (Sistema João Penido), Walfrido Machado Mendonça (Sistema CDI), São Pedro (Sistema São Pedro) e uma miniestação no Poço D'Antas (Sistema Poço

D'Antas), desativada em 2006. Além do tratamento convencional, que segue os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (Portaria n.º 518/2004) e pela Organização Mundial da Saúde, a água fornecida à população de Juiz de Fora é fluoretada. Antes de ser distribuída, a água passa por análises físico-químicas e bacteriológicas, realizadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas da CESAMA. Localizado junto ao Reservatório Henrique de Novaes, o laboratório possui 340 m² e conta com os setores de análises físico-químicas, de análises microbiológicas, de esterilização e de cromatografia. A Figura 46 apresenta a representação esquemática do sistema de abastecimento de água do Município de Juiz de Fora.

O índice de hidrometração é de 99,9% e a extensão da rede de distribuição em operação está estimada em 829 km. O índice de perdas físicas é de 27% do volume de água produzido (MKM, 2002, p. 08, vol. 1). A seguir, têm-se alguns dados relativos ao abastecimento de água e à coleta de esgoto em Juiz de Fora atualizados em dezembro de 2010 (Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=numeros>>):

- Índice de atendimento com água tratada: 98,89% da população municipal;
- Índice de atendimento da coleta de esgoto: 98,09% da população municipal;
- Número de ligações de água: 118.355;
- Número de ligações de esgoto: 116.631;
- Volume de água consumido (micromedido): 2.387.945 m³/mês (médio);
- Volume de água macromedido: 3.376.155 m³/mês (médio);
- Volume de água produzido: 3.376.155 m³/mês (médio);
- Volume de água fluoretada: 2.962.223 m³/mês;
- Economias de água: 204.407 unidades;
- Economias de esgoto: 202.746 unidades.

Março/2008

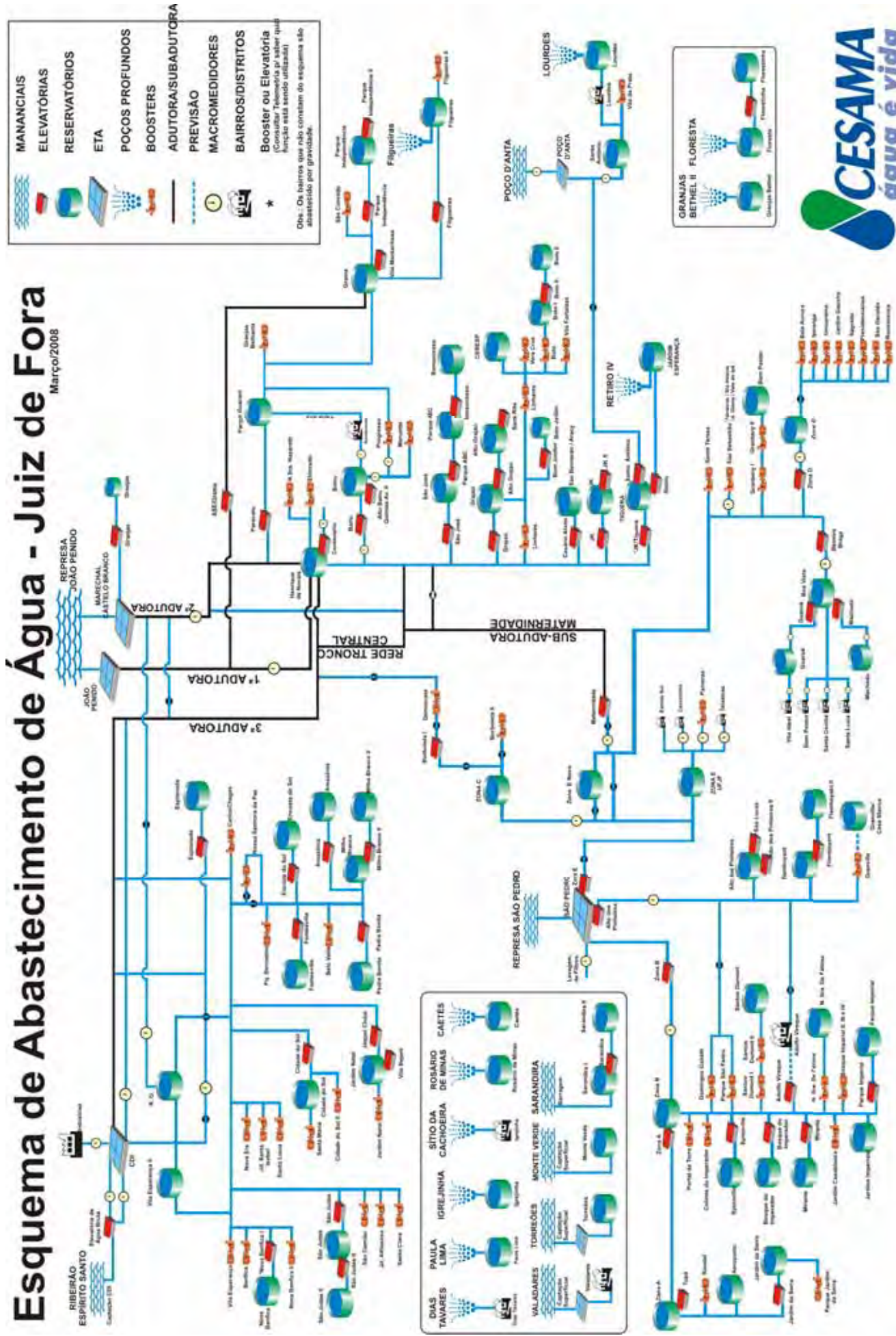


Figura 46: Representação esquemática do sistema de abastecimento de água do Município de Juiz de Fora.
Fonte: Centro Regional Sul da CESAMA.

4.2.2.4.2 – Possibilidades de expansão do sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora

O Município de Juiz de Fora apresenta abundância, ainda que relativa, de recursos hídricos. O sistema de abastecimento apresenta diversas possibilidades de expansão, o que, caso efetivado, permitiria uma elevação significativa da produção de água e, conseqüentemente, da disponibilidade hídrica para a população e para as atividades econômicas. Entre as diversas possibilidades de expansão do sistema, tem-se:

Além dos sistemas atualmente em operação, existe a possibilidade de ampliação da capacidade do Sistema Norte; a possibilidade de aproveitamento do manancial da Estiva, pela facilidade de integração de suas águas aos sistemas Norte e Dr. João Penido e pela condição atual de baixa densidade de ocupação da bacia; da Represa de Chapéu D'Uvas, barragem que acumula grande quantidade de água do Rio Paraibuna, à montante da Área Urbana de Juiz de Fora e que tem, atualmente, a função única de regularização do nível das águas desse rio; e ainda a possibilidade de aproveitamento das águas do Rio do Peixe, uma enorme bacia hidrográfica, de baixa densidade de ocupação humana e onde prevalecem usos tipicamente rurais. Certamente, estas áreas ajudarão a compor o futuro sistema de abastecimento d'água de Juiz de Fora (MACHADO, 1998, p. 74-75).

Diversos estudos e documentos oficiais apontaram a necessidade de expansão do sistema de abastecimento de água em Juiz de Fora e também as alternativas para que a mesma possa ser viabilizada e implementada. Os principais estudos e documentos relacionados à questão são: o *Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área Urbana de Juiz de Fora*, de 1985; o *Programa de Investimentos de Minas Gerais – Saneamento Básico – Juiz de Fora*, de 1999; o *Estudo de viabilidade para alternativas de captação de água em Juiz de Fora*, de 2003; e o *Atlas de Abastecimento Urbano de Água*, de 2010.

a) Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área Urbana de Juiz de Fora (1985)

O *Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área urbana de Juiz de Fora*, elaborado em 1985 pela Leme Engenharia S.A., teve como objetivo básico o estabelecimento de diretrizes básicas para o abastecimento de água na cidade até o ano de 2011. Considerando-se a capacidade máxima instalada de produção de água dos mananciais utilizados na época e as demandas máximas diárias previstas para as respectivas áreas de influência, o plano ressalta que “pode-se constatar que realmente são críticas as condições atuais do sistema de abastecimento de água da AUJF” (LEME, 1985, p. 2.20, vol. 2).

Os estudos desenvolvidos demonstraram, já naquela época, a saturação do sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora, bem como sua incapacidade para atender a uma crescente demanda futura, segundo projeções realizadas, o que exigiria investimentos significativos para viabilizar a sua expansão. Os quatro sistemas em operação na época – Dr. João Penido, São Pedro, Norte e Poço D’Antas – apresentavam deficiências.

Segundo o plano, o Sistema Dr. João Penido, responsável na época por abastecer a maior parte da cidade, encontrava-se próximo de esgotar sua capacidade de produção, e havia a tendência de agravamento da situação em função da necessidade premente de retirar-se de operação a primeira adutora construída para esse sistema em 1936, por faltas de mínimas condições técnicas de funcionamento. O Sistema São Pedro, responsável por abastecer a parte alta da cidade, já havia atingido o seu limite de produção, sendo que as suas unidades operavam na época com uma vazão superior à sua capacidade normal. Mesmo a entrada em operação do Sistema Norte, adquirido pela CESAMA da Companhia de Distritos Industriais de Minas Gerais (CDI-MG), já haviam sido atingidos os limites físicos concebidos por projetos anteriores, o que tornava necessário a ampliação do sistema como um todo. Além disso, o Sistema Poço D’Antas, que apresentava baixas disponibilidade hídrica e capacidade de produção, e que está situado em área de uma reserva biológica municipal, deveria ser desativado quando concluída a expansão dos sistemas Norte e Dr. João Penido (LEME, 1985, p. 1.1-1.2, 2.21, vol. 2).

Levando-se em conta a situação constatada na época, o plano procedeu à hierarquização preliminar de mananciais para o abastecimento da Área Urbana de Juiz

de Fora. Assim, dentro do horizonte de projeto (2010) proposto para o atendimento da área urbana do município e tendo em vista as considerações realizadas a respeito de sua disponibilidade hídrica, foram selecionados os seguinte mananciais e respectivos locais para captação (LEME, 1985, p. 5.1-5.2, vol. 2):

- **Rio Paraibuna na Barragem de Chapéu D’Uvas:** captação normal de até 3,6 m³/s ou no máximo de 4,0 m³/s;

- **Ribeirão do Espírito Santo:** captação prevista em três pontos distintos: Captação DAE-JF (atualmente denominada Captação CDI), Barragem do Espírito Santo e Barragem do Gouveia. A captação a fio d’água, sem qualquer regularização, pode ser da ordem de até 460 l/s (mínimo estimado para 1972). Com a Barragem do Espírito Santo, pode-se captar até 1,50 m³/s. Com a Barragem do Gouveia pode-se captar até 1,25 m³/s. Com ambas, pode-se captar até 1,86 m³/s;

- **Ribeirão dos Burros:** captação prevista em dois pontos distintos: Barragem Dr. João Penido e Barragem do Clube Náutico. A captação na Barragem Dr. João Penido pode ser elevada até 0,750 m³/s. Com a implantação de um reservatório de compensação à montante do Clube Náutico, a vazão de captação em João Penido pode chegar até a 0,940 m³/s;

- **Córrego São Pedro no barramento operado pelo DAE-JF (atual CESAMA):** captação mínima de 26 l/s e normal de 80 l/s;

- **Córrego Poço D’Antas no barramento operado pelo DAE-JF (atual CESAMA):** captação mínima de 10 l/s e normal de 25 l/s;

- **Ribeirão da Estiva:** captação prevista em dois pontos distintos: Barragem do Córrego Serafim e Barragem do Córrego Varginha. Com a Barragem do Córrego Serafim pode-se captar cerca de 0,560 m³/s. Com a implantação da Barragem do Córrego Varginha outros 150 l/s poderiam ser acrescentados ao sistema (os outros 75 l/s seriam fluxo residual de jusante para atender a então Siderúrgica Mendes Júnior);

- **Aqüífero subterrâneo no vale do Ribeirão Floresta.**

Tendo-se em vista as condições e o potencial dos mananciais aproveitados e o custo por metro cúbico regularizado de cada reservatório, propôs-se, preliminarmente, a seguinte hierarquização de aproveitamento com barragem (LEME, 1985, p. 5.2-5.3, vol. 2):

- a) Barragem do Gouveia, que pode acrescentar ao sistema cerca de 1,25 m³/s com o menor custo-índice;
- b) Barragem do Córrego Serafim (Chácara);
- c) Barragem do Espírito Santo, que pode acrescentar ao sistema outros 0,610 m³/s, perfazendo 1,86 m³/s como segundo menor custo-índice;
- d) Barragem do Clube Náutico;
- e) Barragem do Córrego Varginha.

Foi fixado o ano de 1988 para o início da implementação da primeira etapa do plano, que consistia basicamente na ampliação dos dois principais sistemas existentes: Norte e Dr. João Penido. Foram estudadas duas alternativas para a consecução desta primeira etapa: a primeira consistia no aproveitamento integral do Sistema Dr. João Penido e na ampliação do Sistema Norte, atendendo à cidade até o ano de 2011; a segunda consistia no aproveitamento integral do Sistema Norte e do Sistema Dr. João Penido com ampliações consideráveis (MAGNA, 2003, p. 11. vol. 1.1).

Após a realização de estudos técnicos e de viabilidade econômico-financeira, optou-se pela implementação da alternativa 1, com aproveitamento total do Sistema Dr. João Penido e ampliação do Sistema Norte. Foi fixada uma vazão final para o Sistema Norte, dentro do horizonte de projeto do plano (2010), igual a 1.500 l/s, meta ainda não alcançada até os dias atuais.

b) Programa de Investimentos de Minas Gerais – Saneamento Básico – Juiz de Fora (1999)

O documento *Programa de Investimentos de Minas Gerais – Saneamento Básico – Juiz de Fora*, publicado em 1999, é resultado de uma série de estudos realizados pelo Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), em parceria com várias instituições (Ministério do Meio Ambiente, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, Banco Mundial e Governo do Japão), com o objetivo de elaborar um projeto que previa a aplicação de recursos para ações voltadas à recuperação da qualidade ambiental na bacia em questão.

Após realizar os estudos populacionais, os estudos de demandas (água e esgotos) e o diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário

existentes na época, o documento conclui pela necessidade de expansão do sistema e enumera uma série de ações a serem implementadas para a sua efetivação.

No caso do abastecimento de água, o documento considera que a capacidade de produção de água total dos sistemas existentes na época (1.400 l/s) seria alcançada já no ano 2000, exigindo obras imediatas de ampliação. O documento levou em conta as obras já iniciadas na época pela CESAMA nos sistemas Norte e Dr. João Penido, que elevariam a capacidade de produção do primeiro para 500 l/s e seriam responsáveis por um incremento da ordem de 200 l/s na capacidade de produção do segundo. Essas ampliações seriam suficientes para atender à demanda prevista pelo PDAA-AUJF para o ano de 2020, quando a vazão necessária ao atendimento da cidade seria de 1.905,90 l/s, levando-se em conta um índice de perdas da ordem de 20%. Com as ampliações em curso, a produção total de água dos três principais sistemas chegaria a 2.060 l/s, sem contar com a contribuição dos sistemas menores (COPPETEC, 1999, p. 41).

O documento considerou suficiente a expansão do sistema existente, não prevendo a incorporação de novos mananciais ou a construção de novos barramentos para o atendimento da demanda futura projetada. Os custos de implantação dos reservatórios de regularização previstos no PDAA-AUJF para o Ribeirão dos Burros e para o Córrego Gouveia, que viabilizariam as ampliações dos sistemas Dr. João Penido e Norte, respectivamente, necessitavam, segundo o documento, de estudos complementares.

No caso do **Sistema Norte ou CDI**, o documento recomendou a construção de uma elevatória de água bruta, a construção de uma adutora de água bruta, a construção de uma unidade de tratamento, a implantação de um ramal de água tratada ligando à futura ETA aos reservatórios de contato existentes, a implantação de uma adutora de água tratada, a construção de uma estação elevatória, a construção de uma adutora de recalque, a construção de um reservatório (10.000 m³) e a implantação de uma linha de distribuição (220 m) (COPPETEC, 1999, p. 41-42).

Para o **Sistema São Pedro** recomendou-se a redução da capacidade de sua ETA para uma vazão compatível com seu projeto (80l/s) e a realização de obras de melhoria, principalmente nos sistemas de lavagem, de dosagem e de comando (COPPETEC, 1999, p. 42).

Já para o **Sistema Dr. João Penido** recomendou-se a construção de uma tomada de água com quatro módulos flutuantes, a construção de um barrilete de reunião e uma tubulação unindo o barrilete ao canal de distribuição, construção de uma caixa de

distribuição e de um canal de água bruta para alimentação das ETAs, a construção de um módulo de tratamento associado à ETA Marechal Castelo Branco, a construção de um reservatório de contato ao lado do existente, a construção de um *booster* junto aos tanques de contato, a execução de obras de melhoria e de recuperação das condições operacionais da ETA Dr. João Penido (sistema de dosagem, de lavagem e de comando), a implantação de 300.000 m de rede de distribuição e implantação de 39.000 ligações prediais (COPPETEC, 1999, p. 42-43).

c) Estudo de viabilidade para alternativas de captação de água em Juiz de Fora (2003)

O *Estudo de viabilidade para alternativas de captação de água em Juiz de Fora* foi publicado em 2003. O estudo teve como objetivo eleger novas fontes de captação para integrar o sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora, já que boa parte das ações previstas no PDAA-AUJF não haviam sido implementadas até então.

Até o ano de publicação do estudo, em 2003, a CESAMA havia desenvolvido os projetos executivos e realizado as obras da 1.^a etapa do PDAA-AUJF, incluindo a construção de uma elevatória, uma adutora de água bruta e uma estação de tratamento com capacidade de produção de água de 500 l/s para o Sistema Norte. A companhia havia realizado também os projetos executivos e as respectivas obras para atender à vazão final prevista para o Sistema Norte, ou seja, 1.500 l/s, incluindo uma tomada de água e um desarenador junto ao Ribeirão do Espírito Santo, um reservatório de água tratada e uma subadutora com 13 km de extensão, que se estendia até o complexo de reservatórios próximo da cidade (MAGNA, 2003, p. 11, vol. 1.1).

A futura expansão do sistema exigia que se completassem os 1.000 l/s restantes, tal como previsto no PDAA-AUJF. A vazão de estiagem do Ribeirão do Espírito Santo, com tempo de recorrência igual a 50 anos, é de 450 l/s. Sendo assim, havia a necessidade de se construir um reservatório de acumulação para completar a vazão no período seco (MAGNA, 2003, p. 03).

O estudo objetivou, portanto, eleger a melhor alternativa para a captação de água em Juiz de Fora. Considerando que a produção de água em Juiz de Fora na época era de 1.450 l/s, previu-se duas etapas para a implantação das obras: a primeira, entre 2005 e 2013, resultando em vazão adicional de 500 l/s; e a segunda, entre 2014 e 2030, resultando em vazão adicional de 834 l/s. A alternativa eleita deveria, portanto, atender

às exigências de vazão adicional necessárias segundo às demandas projetadas (MAGNA, 2003, p. 04).

O estudo realizou um comparativo entre quatro alternativas para a ampliação do sistema de abastecimento de água em Juiz de Fora (MAGNA, 2003, p. 13, vol. 1.1):

a) Alternativa 1: captação na Barragem de Chapéu D’Uvas;

b) Alternativa 2: captação direto no Rio Paraibuna a montante da Siderúrgica Belgo Mineira (atual ArcelorMittal);

c) Alternativa 3: construção de nova barragem de regularização no Ribeirão do Espírito Santo e ampliação da captação existente;

d) Alternativa 4: construção de nova barragem de regularização no Córrego do Gouveia e ampliação da captação existente.

Através de uma matriz de avaliação multicritério, o estudo elegeu a Alternativa 1 como mais vantajosa, considerando aspectos econômicos (custo marginal), impactos ambientais, aspectos institucionais, necessidade de desapropriações, prazo de implantação e vulnerabilidade do manancial. Sendo assim, a captação na Barragem de Chapéu D’Uvas recebeu classificação “A”, tendo sido eleita como a melhor alternativa entre aquelas analisadas, o que implicaria, portanto, na incorporação de um novo manancial ao sistema de abastecimento público de água de Juiz de Fora.

d) Atlas de Abastecimento Urbano de Água (2010)

O *Atlas de Abastecimento Urbano de Água*, publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2010, teve o objetivo de diagnosticar os mananciais e os sistemas de produção de água das sedes urbanas de todos os municípios brasileiros e propor ações de gestão para o atendimento das demandas até 2025.

No caso de Juiz de Fora, o atlas projetou uma população igual a 576.252 habitantes e uma demanda urbana de água igual a 1.596 l/s para 2025. Essa demanda é muito próxima da atual capacidade de produção de água do sistema municipal de abastecimento, o que permitiu concluir pela necessidade de sua ampliação. Sendo assim, o atlas apresenta o diagnóstico e as propostas para o sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora, tal como apresenta a Tabela 23. As Figuras 47 e 48 apresentam, respectivamente, os croquis dos sistemas existentes e dos sistemas propostos para o abastecimento urbano de água em Juiz de Fora.

Tabela 23 – Diagnóstico e soluções propostas para o sistema de abastecimento urbano de água de Juiz de Fora					
Dados do município					
População (habitantes)			Demanda média (l/s)		
2005	2015	2025	2005	2015	2025
485.472	540.222	576.252	1.344	1.496	1.596
Avaliação da relação oferta de água/demanda por água e soluções propostas					
Manancial	Sistema	Participação no abastecimento do município	Situação do sistema (até 2015)	Investimento (jul. 2010)	Natureza das obras
Ribeirão do Espírito Santo	Norte ou CDI	47%	Requer ampliação	R\$6.221 mil	Adequação de sistema
Represa Dr. João Penido	Dr. João Penido	42%	Satisfatória	-	-
Represa de São Pedro	São Pedro	9%	Satisfatória	-	-
Represa do Poço D'Antas	Poço D'Antas	1%	Satisfatória	-	-

Fonte: Atlas de Abastecimento Urbano de Água. Disponível em: <<http://www.atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=8>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

A análise da tabela e dos croquis mostra que, segundo o atlas, a ampliação do Sistema Norte seria suficiente para o atendimento da demanda do abastecimento urbano de água de Juiz de Fora até 2025. Portanto, não é prevista no atlas a incorporação de novos mananciais ao sistema de abastecimento público de água, tendo sido indicada a adequação do Sistema Norte como a melhor alternativa para a garantia do abastecimento no horizonte temporal considerado.

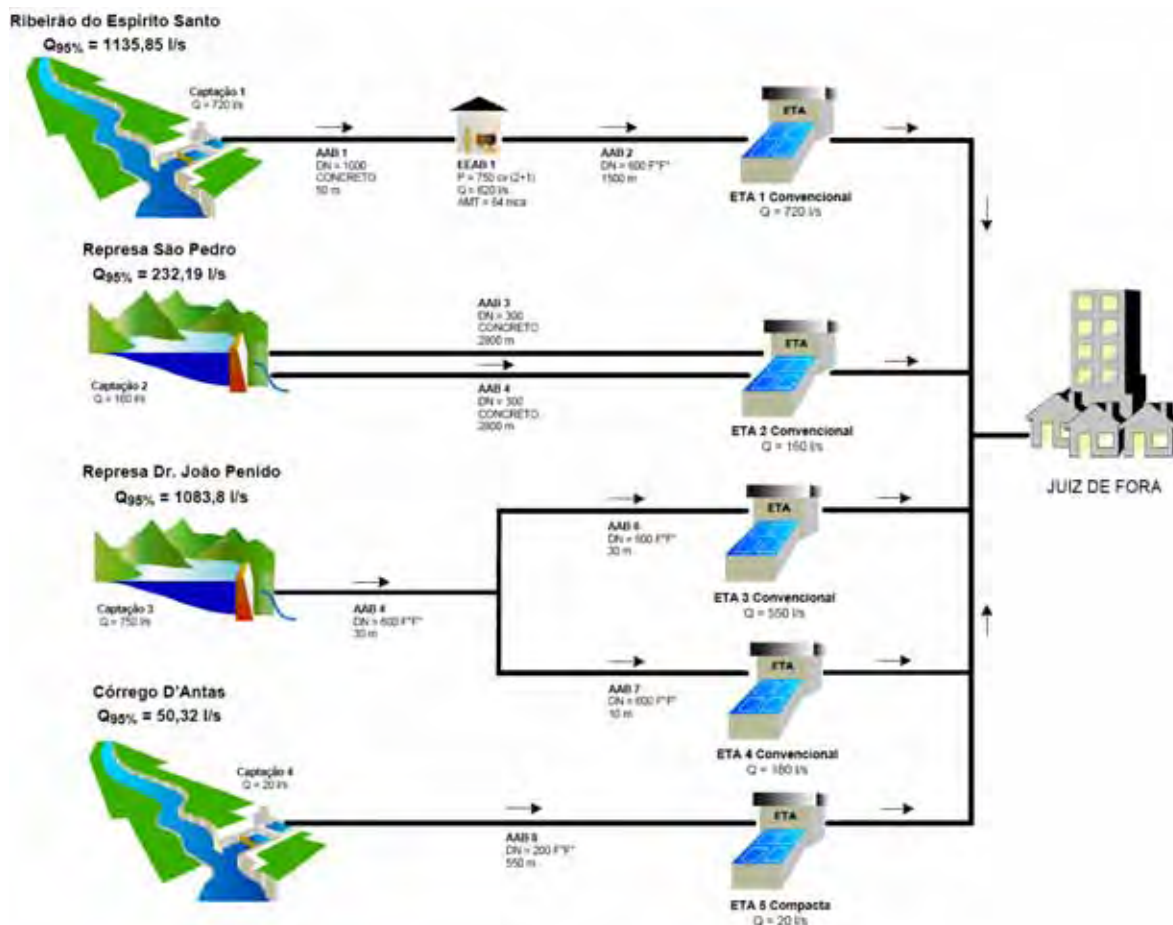


Figura 47: Croqui do sistema de abastecimento urbano de água existente em Juiz de Fora.

Fonte: Atlas de Abastecimento Urbano de Água. Disponível em: <<http://www.atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=8>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

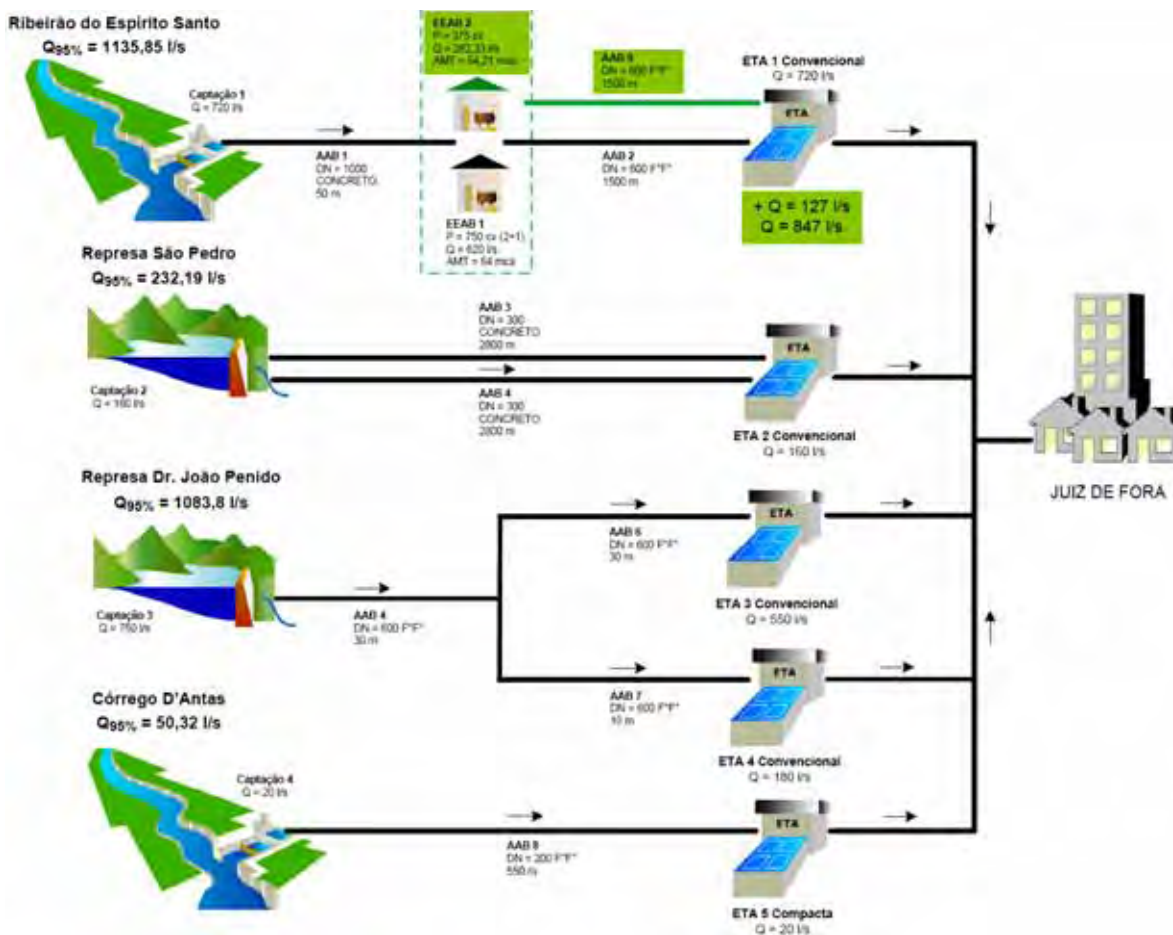


Figura 48: Croqui do sistema de abastecimento urbano de água proposto para Juiz de Fora.

Fonte: Atlas de Abastecimento Urbano de Água. Disponível em: <<http://www.atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=8>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

4.2.2.4.3 – A incorporação da Represa de Chapéu D’Uvas ao sistema de abastecimento público municipal de água de Juiz de Fora

Dentre todas as possibilidades apontadas para a expansão do sistema de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora nos últimos 25 anos, em diversos estudos e documentos oficiais já produzidos, o aproveitamento do manancial formado pela Represa de Chapéu D’Uvas é aquela que prevaleceu de maneira mais evidente e concreta.

A análise dos documentos apresentados no item anterior mostra que em três deles a expansão da capacidade de atendimento do sistema existente foi considerada suficiente para atender às demandas projetadas para o município em diferentes horizontes temporais. Porém, desde a década de 1970 já se colocava a possibilidade de a Represa ser utilizada para o abastecimento público de água. Na década de 1990, com a conclusão das obras e o enchimento do lago, tal pretensão ganhou ainda mais força, tornando-se explícita em material de divulgação da CESAMA utilizado na administração do Prefeito Tarcísio Delgado (1997-2000 e 2001-2004), conforme mostra a Figura 49.

Através da Resolução n.º 99, de 09 de março de 2005, a ANA concedeu à CESAMA a outorga preventiva de uso de recursos hídricos, autorizando a captação de água na Barragem de Chapéu D’Uvas, estipulando uma vazão máxima de captação igual a $1.800 \text{ m}^3/\text{h}$ (ou 500 l/s), durante 24 h/dia, todos os dias do ano, perfazendo um volume máximo diário de captação igual a 43.22 m^3 (Artigo 1.º). A Resolução estabelece, em seu Artigo 2.º, que a outorga preventiva vigoraria pelo prazo de três anos, podendo ser convertida em outorga de direito de uso de recursos hídricos por meio de solicitação da outorgada.

Atendendo às recomendações do *Estudo de viabilidade para alternativas de captação de água em Juiz de Fora* (2003), foi anunciada, segundo matéria veiculada no sítio eletrônico da CESAMA em 30/11/2010, a decisão da Prefeitura de Juiz de Fora de dar início às obras da Adutora de Chapéu D’Uvas com recursos provenientes da própria companhia e da Caixa Econômica Federal, numa obra com valor estimado em R\$ 14.428.943,07 (Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=novidade&id=34>>. Acesso em: 20 dez. 2011).

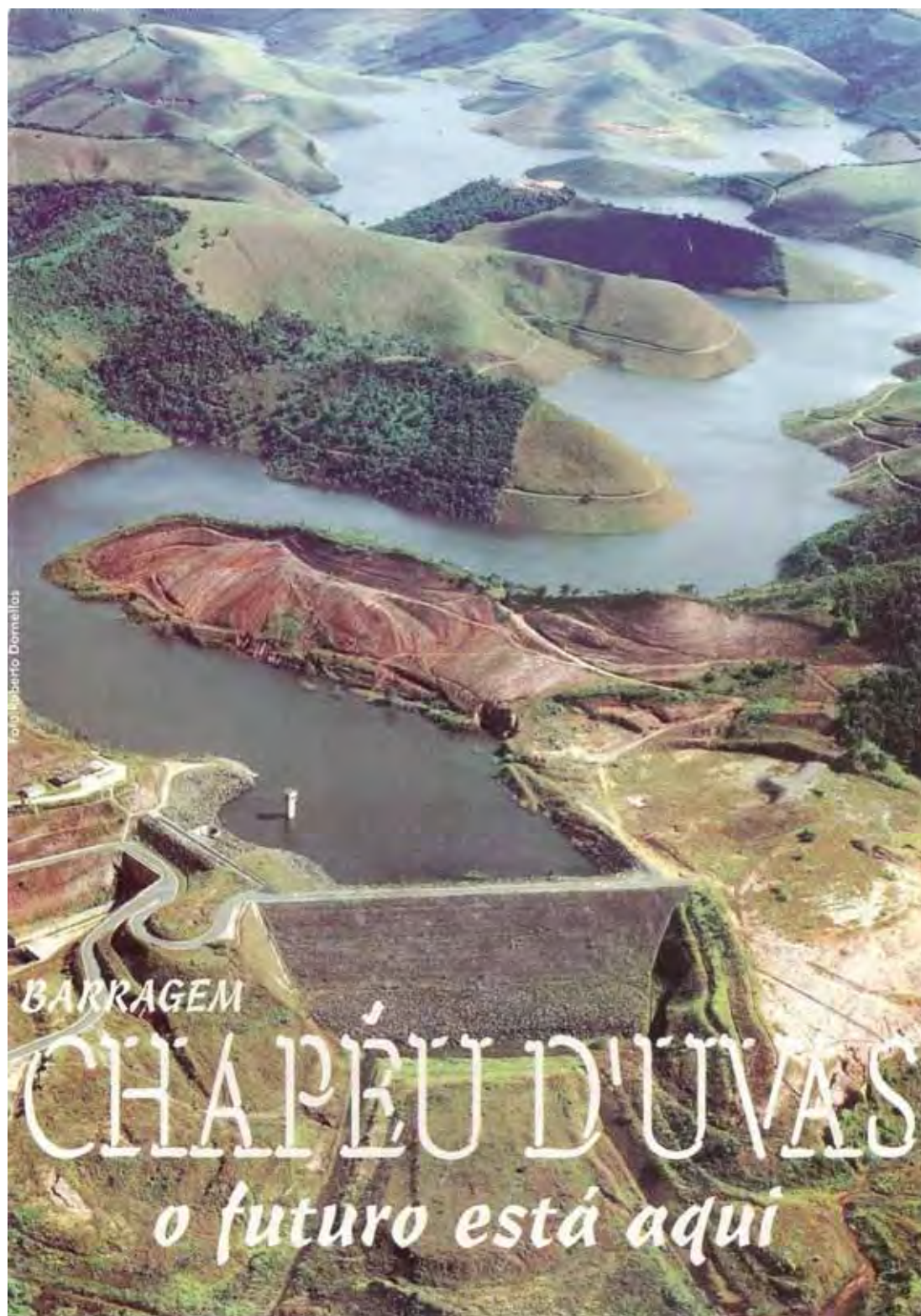


Figura 49: Represa de Chapéu D'Uvas em material de divulgação da CESAMA.

Confirmava-se, assim, a incorporação do manancial ao sistema de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora. A adutora ligará a captação em Chapéu D'Uvas até a ETA Walfrido Machado Mendonça (ETA CDI), que serve ao Sistema

Norte. A adutora, que terá 17,5 km de comprimento e que está sendo construída com tubos de PVC de 900 milímetros de diâmetro, permitirá um aumento da capacidade de produção de água do município em 60%. Na mesma matéria citada, o diretor-presidente da CESAMA na época, o engenheiro André Borges de Souza, ressaltou que a implantação da adutora permitiria que a captação de água no Ribeirão do Espírito Santo fosse mantida como um manancial de “reserva”. Além disso, a CESAMA espera economizar cerca de R\$ 1 milhão por ano em energia elétrica, já que a água da Represa de Chapéu D’Uvas deverá ser conduzida, praticamente, por gravidade, necessitando de bombeamento apenas para atingir a vazão necessária.

Em matéria publicada em 08/06/2011, o jornal *Tribuna de Minas* informava que 70% das obras da captação de água em Chapéu D’Uvas já estavam concluídos. A matéria informava ainda que, a partir da conclusão das obras, o manancial formado pela Represa de Chapéu D’Uvas poderia fornecer um total de 850 l/s para o abastecimento de água de Juiz de Fora, o equivalente a mais da metade da capacidade de produção de todos os mananciais em operação no município. Porém, levando-se em consideração as possibilidades de expansão, Chapéu D’Uvas poderá chegar a uma capacidade de produção igual a 5.000 l/s. Na reportagem, o gerente de expansão da CESAMA, Marcelo Mello do Amaral, ressaltou que a adutora seria responsável por interligar a captação em Chapéu D’Uvas à ETA Walfrido Machado Mendonça (CDI), responsável por tratar também a água captada no Ribeirão do Espírito Santo. Porém, o gerente esclareceu que a intenção da companhia não era a de desativar o manancial representado pelo Ribeirão do Espírito Santo; porém, o mesmo passaria a “operar em caráter de reserva” (Disponível em: <<http://www.tribunademinas.com.br/cidade/chapeu-d-uvass-estara-pronta-para-entrar-em-operacao-em-tres-meses-1.480034>>. Acesso em: 20 dez. 2011).

Uma outra questão levantada pela CESAMA na matéria citada para justificar a estratégia de incorporação da Represa de Chapéu D’Uvas ao sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora é a desativação da Represa de São Pedro. Segundo a mesma reportagem citada anteriormente, a CESAMA pretendia desativar a represa num prazo máximo de até três anos. A represa, localizada na principal área de expansão urbana de Juiz de Fora, é o manancial que apresenta os maiores problemas de degradação qualitativa em toda a cidade. O processo de degradação foi desencadeado por inúmeras atividades incompatíveis desenvolvidas pela ocupação concentrada ao longo de suas

planícies de inundação. A represa apresenta problemas graves de assoreamento, sobretudo na época de estiagem, quando a sua vazão é muito reduzida.

Com a desativação da Represa de São Pedro, será necessária a construção de elevatórias e de reservatórios para levar água de Chapéu D'Uvas até a Cidade Alta, região atualmente abastecida pela Represa de São Pedro, permitindo a reformulação do abastecimento na área e beneficiando bairros como São Pedro, Martelos, Nossa Senhora de Fátima, Jardim Casablanca, Santos Dumont, etc. A CESAMA alega ainda que a expansão urbana na Cidade Alta deixou o manancial cercado pela urbanização e que a passagem da BR-040 a poucos metros de distância de sua lâmina de água o torna muito vulnerável ao risco de contaminação. Além disso, as instalações do sistema de captação, tratamento e distribuição seriam antigas e não comportariam projetos de expansão. Finalmente, a CESAMA argumenta que a incorporação de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora não está pautada pelo esgotamento dos mananciais já utilizados. Sendo assim, a desativação do Sistema Poço D'Antas em 2006, a intenção da companhia de desativar o Sistema São Pedro num prazo de até três anos e a operação do Sistema Dr. João Penido próximo de sua capacidade máxima de produção não seriam explicados pelo esgotamento desses mananciais e não seriam os responsáveis por motivar a implementação de uma nova captação em Chapéu D'Uvas, mas sim a necessidade de se antecipar às demandas futuras, já que as obras de sistemas de abastecimento de água costumam ser relativamente demoradas.

Em matéria datada de 27/08/2011, o jornal *Tribuna de Minas* noticiou a liberação de recursos na ordem R\$ 6 milhões pelo Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (MDMG) para a conclusão das obras da adutora. Na ocasião, estavam concluídos 80% das obras e a previsão era de que o término da construção se daria até novembro de 2011 (Disponível em: <<http://www.tribunademinas.com.br/bdmg-deve-liberar-r-6-mi-para-chapeu-d-uvass-1.822967>>. Acesso em 20 dez. 2011).

Finalmente, em matéria publicada em 30/11/2011 no sítio eletrônico da CESAMA informava que as obras de construção da Adutora de Chapéu D'Uvas e de ampliação da ETA CDI encontravam-se em fase final de execução. A adutora contava com aproximadamente 90% dos trabalhos realizados, enquanto as intervenções na ETA já estavam em um nível de execução de 85%. A previsão era de que as unidades fossem concluídas em dezembro, quando o sistema entraria em fase de teste. A matéria informou ainda que as obras de construção da adutora e de ampliação da ETA estavam

estimadas em R\$ 26,5 milhões, sem levar em conta o valor investido na compra dos tubos, que foi de aproximadamente R\$ 16 milhões (Disponível em: <<http://www.cesam.com.br/?pagina=novidade&id=205>>. Acesso em: 20 dez. 2011). A Foto 41 mostra uma vista parcial da BHRCUDU.



Foto 41: Vista parcial da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas.

Fonte: Jornal Tribuna de Minas. Disponível em: <<http://www.tribunademinas.com.br/bdmg-deve-liberar-r-6-mi-para-chapeu-d-uvas-1.822967>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

4.3 – Prognóstico

4.3.1 – Prognóstico das unidades geoecológicas: cenários de evolução do uso e cobertura da terra na bacia

A elaboração de prognósticos da evolução do uso e cobertura da terra, através de cenários, constitui uma etapa fundamental no processo de planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas. A elaboração de cenários permite que se façam previsões com o objetivo de subsidiar comparações a respeito das possibilidades futuras de evolução de uma determinada temática.

Os cenários de evolução do uso e cobertura da terra subsidiam a elaboração de propostas para o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica como um todo e em suas unidades geoecológicas. As ações de recuperação e controle e as ações de proteção têm como objetivo principal consolidar as perspectivas do cenário ideal de evolução do uso e cobertura da terra, capazes de contribuir para a melhoria do estado ambiental da bacia e, conseqüentemente, garantir a produção de água e o bem-estar da população nela residente ou a ela relacionada.

O roteiro metodológico que orientou o desenvolvimento da pesquisa previu a elaboração de dois cenários de evolução do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas: o cenário tendencial e o cenário ideal.

4.3.1.1 – Cenário tendencial

O cenário tendencial leva em conta a continuidade e a consolidação futura das atuais tendências de uso e cobertura da terra na bacia. A elaboração deste cenário, portanto, envolve a análise de dois aspectos importantes:

a) O primeiro aspecto diz respeito ao arcabouço legal destinado ao ordenamento ou disciplinamento do uso e ocupação da terra na bacia. Como já exposto, não existe atualmente qualquer legislação específica, em nível estadual ou municipal, que verse sobre essa temática. Os municípios que abrangem a bacia não dispõem de planos diretores, leis municipais de uso e ocupação da terra ou legislação específica de ordenamento para as suas áreas de mananciais. A não existência de legislação específica dificulta a elaboração de cenários, pois, sendo assim, não existe previsão legal e oficial para o zoneamento de usos e a projeção da ocupação através de índices e parâmetros urbanísticos na área da bacia. Porém, é possível realizar um exercício de evolução do uso e cobertura da terra na bacia levando-se em conta a tendência atual de implementação de usos incompatíveis em várias áreas da bacia (como no caso das APPs hídricas) e de uma ocupação máxima, também incompatível com a manutenção da função precípua de abastecimento público da Represa de Chapéu D’Uvas. Esse quadro poderia levar à degradação quali-quantitativa das águas do manancial, haja vista a possibilidade de agravamento de problemas como o assoreamento e a introdução de matéria orgânica via esgotos domésticos além de sua capacidade de autodepuração, tendo como consequências, respectivamente, a redução de sua capacidade de armazenamento de água e a poluição e a contaminação de seus recursos hídricos.

b) O segundo aspecto diz respeito aos problemas ambientais já detectados em toda a área da bacia, certamente resultantes da ausência de ordenamento legal de uso e ocupação do solo e da adoção de práticas inadequadas para a preservação da vegetação, o manejo do solo, a conservação dos recursos hídricos, etc.

Portanto, levando-se em consideração que os atuais processos que produzem os principais problemas ambientais da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas continuarão a atuar nos próximos anos e que não serão implantadas medidas para reverter ou minimizá-los, pode-se prever que o seu estado ambiental deverá apresentar uma piora de condições, em função dos seguintes problemas:

a) Em relação ao disciplinamento do uso e ocupação da terra

- Crescimento do uso inadequado e intensificação da ocupação das APPs hídricas;
- Intensificação da poluição e da contaminação das águas dos córregos e da Represa de Chapéu D'Uvas em função da prática da agricultura e da pecuária nas APPs hídricas;
- Possibilidade de ocupação de novas áreas a partir de novos projetos de loteamento, contribuindo para o agravamento dos problemas relacionados ao escoamento das águas pluviais e, conseqüentemente, dos processos erosivos.

b) Em relação aos recursos hídricos

- Intensificação da poluição e da contaminação das águas dos córregos e da Represa de Chapéu D'Uvas em função da continuidade do lançamento de esgotos domésticos provenientes das pequenas propriedades rurais distribuídas por toda a bacia;
- Intensificação dos problemas com a destinação final dos resíduos sólidos, que continuarão a ser depositados nos terrenos baldios e nos córregos;
- Intensificação do processo de assoreamento da Represa de Chapéu D'Uvas em função da não adoção de medidas estruturais e não estruturais de proteção do manancial, especialmente em suas margens;
- Aumento dos custos de captação e de tratamento da água da Represa de Chapéu D'Uvas devido aos processos de assoreamento, poluição e contaminação, prejudicando a manutenção de sua função de manancial de abastecimento público de água.

c) Em relação ao solo

- Degradação do solo em função da realização de queimadas com o objetivo de preparar o solo para o cultivo agrícola;
- Compactação do solo em função do sobrepastoreio do gado;
- Intensificação dos processos erosivos devido ao manejo inadequado do solo no cultivo, principalmente em função da não implantação de curvas de nível;

- Aumento das áreas com problemas de ravinamento e de voçorocamento em função da não adoção de medidas para a contenção e reversão desses processos;
- Intensificação dos processos erosivos no entorno da Represa de Chapéu D'Uvas, contribuindo para a degradação quali-quantitativa das águas do manancial.

d) Em relação à população residente

- Continuidade da insuficiência de equipamentos públicos comunitários para o atendimento das necessidades da população;
- Manutenção de altas taxas de analfabetismo devido à dificuldade de acesso da população adulta à escola;
- Manutenção de baixa renda de parte da população em função da baixa produtividade agrícola nas pequenas propriedades rurais e da inadequabilidade para trabalhos em indústrias e serviços;
- Piora da qualidade de vida população residente em função da insuficiência das soluções alternativas de saneamento básico, inclusive com a possibilidade de aumento das doenças de veiculação hídrica.

4.3.1.2 – Cenário ideal

O cenário ideal leva em conta a melhoria do estado ambiental e a conservação dos recursos hídricos a partir da reversão das atuais tendências de evolução do uso e cobertura da terra. Para tanto, da mesma forma que no cenário tendencial, leva em conta a análise de dois aspectos principais:

a) O primeiro aspecto refere-se à constituição de um arcabouço legal para o disciplinamento do uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, de forma a garantir a manutenção de sua função precípua de abastecimento público de água;

b) A adoção de medidas para a minimização e a reversão dos problemas ambientais verificados atualmente na bacia, de forma que haja a recuperação de seu estado ambiental e a sua conseqüente adequação às exigências da legislação vigente.

Portanto, levando-se em consideração a reversão dos problemas ambientais atualmente presentes na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas através da adoção de uma série de ações de recuperação, controle e proteção, além da implementação de um arcabouço legal para o seu adequado ordenamento territorial, pode-se prever uma melhoria do seu estado ambiental nos seguintes aspectos:

a) Em relação ao disciplinamento do uso e ocupação da terra

- Reversão da tendência de ocupação das APPs hídricas, atendo-as preservadas;
- Adoção de usos compatíveis com as funções ambientais desempenhadas pelas APPs hídricas, com a total regeneração de sua vegetação nativa;
- Garantia de uma ocupação compatível com a manutenção da quantidade e da qualidade das águas da Represa de Chapéu D’Uvas, organizada a partir de projetos de loteamentos que respeitem todas as exigências ambientais legais vigentes em termos de áreas de preservação e da adoção de índices urbanísticos que impeçam o adensamento populacional excessivo.

b) Em relação aos recursos hídricos

- Reversão da tendência de poluição e de contaminação das águas dos córregos e da Represa de Chapéu D’Uvas a partir da destinação ambientalmente adequada dos

esgotos domésticos produzidos por todas as propriedades e domicílios existentes na bacia;

- Reversão da tendência de agravamento dos problemas ambientais causados pelos resíduos sólidos a partir da destinação ambientalmente adequada dos mesmos em todas as propriedades e domicílios existentes na bacia;

- Reversão da tendência de assoreamento da Represa de Chapéu D'Uvas a partir da adoção de todas as medidas estruturais e não estruturais necessárias à proteção do manancial;

- Manutenção da quantidade de água suficiente para garantir o abastecimento dos usuários que dependem do manancial (especialmente o abastecimento urbano de Juiz de Fora) e da qualidade necessária segundo a legislação vigente para todos os seus usos preponderantes, especialmente o abastecimento humano e a dessedentação de animais.

c) Em relação ao solo

- Reversão da tendência de degradação do solo por meio de queimadas, do sobrepastoreio e da prática da agricultura a partir da adoção de práticas adequadas de manejo;

- Reversão e recuperação total das áreas da bacia atingidas por processos de ravinamento e de voçorocamento a partir da adoção de medidas estruturais e não estruturais orientadas para este fim.

d) Em relação à população residente

- Melhoria da qualidade de vida da população residente na bacia a partir da garantia de oferta suficiente de equipamentos públicos comunitários, da universalização dos serviços de saneamento básico, da adoção de programas educacionais para a erradicação do analfabetismo e do aumento da renda a partir da qualificação profissional e da assistência técnica visando o aumento da produtividade agropecuária.

4.3.2 – Prognóstico dos recursos hídricos: cenários do abastecimento de água em Juiz de Fora

É possível elaborar diversos cenários de abastecimento de água para o Município de Juiz de Fora a partir da análise das diversas possibilidades existentes quanto à incorporação ou desativação de mananciais e à ampliação da capacidade de atendimento dos sistemas existentes ou em implantação.

Para tanto, é necessário relacionar a disponibilidade hídrica do Município de Juiz de Fora às suas tendências de crescimento populacional, fator que influencia de maneira direta o comportamento da demanda por água.

Em Juiz de Fora, portanto, a existência de barramentos permite a captação de água em patamares superiores a 30% da $Q_{7,10}$, atendendo às exigências legais pertinentes. Sendo assim, na avaliação da disponibilidade hídrica do município podem ser admitidos vários cenários. Esses cenários podem contemplar pelo menos três situações distintas. O primeiro cenário considera a não incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento existente e a desativação do Sistema São Pedro, obtendo-se assim a menor disponibilidade hídrica possível, o que caracterizaria a situação mais crítica. O segundo cenário considera a incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas com capacidade de produção de 850 l/s e a desativação do Sistema São Pedro, que consiste na situação mais próxima da realidade dentro de um horizonte temporal máximo de três anos projetado pela CESAMA. O último cenário considera a incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento existente com ampliação de sua capacidade de produção para 5.000 l/s e a não desativação do Sistema São Pedro, obtendo-se a máxima disponibilidade hídrica possível, o que caracterizaria a situação mais confortável. A Figura 50 mostra os mananciais de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora.

Em relação às tendências de crescimento demográfico, verifica-se que, após um crescimento populacional explosivo ao longo da primeira metade do século XX, quando a população cresceu a taxas expressivas, acima de 4% ao ano, a partir da década de 1960, Juiz de Fora passou a apresentar, como reflexo do encolhimento da atividade econômica, taxas de crescimento populacional declinantes. Desde então o município vem apresentando taxas de crescimento populacional inferiores à média nacional.

Nas duas últimas décadas, o município apresentou uma queda regular da taxa de crescimento populacional, que variou no período de 1970 a 2000 entre 2,77% e

1,85%. Este padrão é acompanhado pelo envelhecimento da população, uma tendência que se verifica na maioria das cidades brasileiras. Por ser típico, este padrão deve permanecer inalterado nas próximas décadas, não se vislumbrando a possibilidade de reversão deste quadro, com uma eventual inflexão na curva de tendência da taxa de crescimento populacional.

Atualmente, a componente de migração interna do campo para a cidade está próxima da exaustão, não restando contingente populacional suficiente no campo para desencadear um novo processo acelerado de urbanização, conforme ocorrido em meados do século passado. Por outro lado, a tendência da família brasileira de reduzir o número de filhos, reduzindo, por conseguinte, a taxa de natalidade, também contribui para a queda da taxa de crescimento populacional.

Desta forma, não é improvável que, assim como no Brasil, a taxa de crescimento populacional de Juiz de Fora permaneça com a tendência atual. É possível até mesmo imaginar que, no futuro, se verifique uma situação semelhante àquela que tem ocorrido em países desenvolvidos, com a estabilização ou mesmo a redução da população.

A taxa de crescimento da população urbana tem sido superior àquela verificada na área rural de Juiz de Fora, refletindo uma tendência observada em todo o Brasil nas últimas décadas. Nas últimas décadas, observou-se o deslocamento de significativa parcela dos moradores da zona rural para as sedes de municípios e regiões metropolitanas, chegando a ponto de o Brasil, na atualidade, se apresentar como um dos países com maior parcela de população vivendo em áreas urbanas em todo o mundo.

Sendo assim, parece razoável considerar, na elaboração de cenários do abastecimento de água em Juiz de Fora, uma situação de manutenção da tendência atual de queda da taxa de crescimento demográfico, compatível com o comportamento médio observado ao longo das últimas décadas, desconsiderando as seguintes tendências: a) aumento da taxa de crescimento demográfico; b) estabilização da taxa de crescimento demográfico num patamar mínimo que corresponda aos valores apresentados atualmente; c) declínio do crescimento demográfico superior à curva de tendência atualmente observada. Levando-se em conta a importância de se considerar as projeções de demanda por água a fim de se estimar a produção de água suficiente para atendê-la, a Tabela 24 apresenta os consumos progressivos de água em Juiz de Fora e a Tabela 25 apresenta as vazões médias aduzidas em Juiz de Fora.

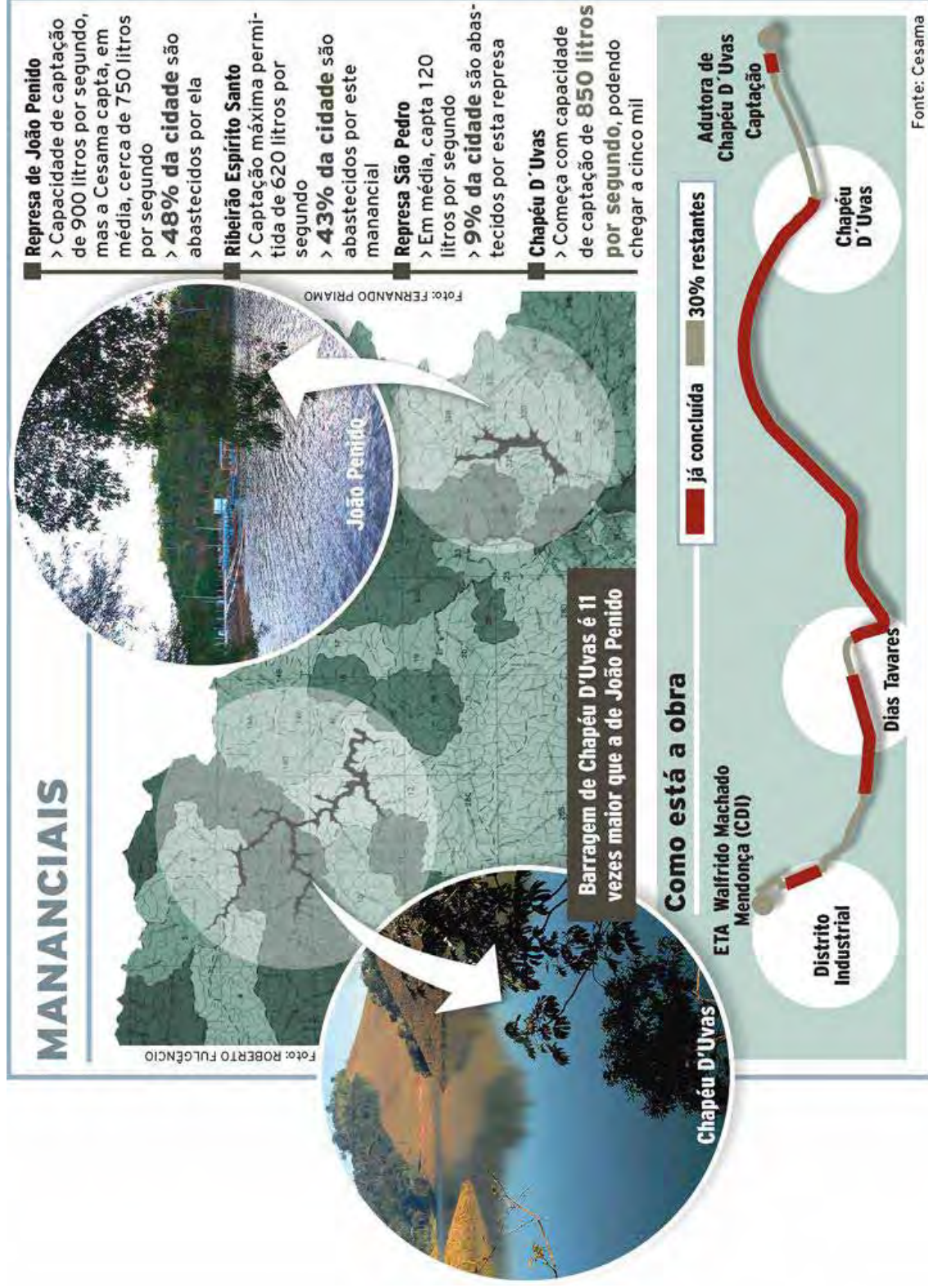


Figura 50: Mananciais de abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora operados pela CESAMA.

Fonte: Jornal Tribuna de Minas. Disponível em: <<http://www.tribunademinas.com.br/chapeu-d-uvas-estara-pronta-para-entrar-em-operacao-em-tres-meses-1.480034>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

Tabela 24 – Consumos progressivos de água para o Município de Juiz de Fora											
Ano	Taxa de crescimento populacional (%)	População urbana (hab.)	N.º de economias domiciliares	Índice de atendimento (%)	N.º de economias domiciliares a abastecer	Consumo médio anual/economia (m³/ano/econ.)	Volume médio total (m³/ano)	Perdas	Produção requerida		
									Média/ano (m³/ano)	Média/dia (l/s)	Máxima/dia (l/s)
2000	1,85	456.796	167.940	100	167.940	159	26.726.906	30	38.181.294	1.211	1.574
2001	1,82	465.092	170.990	100	170.990	159	27.212.300	30	38.874.715	1.233	1.603
2002	1,79	473.417	174.050	100	174.050	159	27.699.392	30	39.570.560	1.255	1.631
2003	1,76	481.769	177.121	100	177.121	159	28.188.063	30	40.268.662	1.277	1.660
2004	1,74	490.146	180.201	100	180.201	159	28.678.197	30	40.968.853	1.299	1.689
2005	1,71	498.546	183.289	100	183.289	159	29.169.677	30	41.670.967	1.321	1.718
2006	1,69	506.967	186.385	100	186.385	159	29.662.386	30	42.374.837	1.344	1.747
2007	1,66	515.406	189.488	100	189.488	159	30.156.147	30	43.080.211	1.366	1.776
2008	1,64	523.863	192.597	100	192.597	159	30.650.962	30	43.787.089	1.388	1.805
2009	1,62	532.335	195.711	100	195.711	159	31.146.655	30	44.495.221	1.411	1.834
2010	1,59	540.820	198.831	100	198.831	159	31.643.108	30	45.204.440	1.433	1.863
2011	1,57	549.316	201.954	100	201.954	159	32.140.205	30	45.914.578	1.456	1.893
2012	1,55	557.822	205.082	100	205.082	159	32.637.886	30	46.625.552	1.478	1.922
2013	1,53	566.334	208.211	100	208.211	159	33.135.919	29	46.670.309	1.480	1.924
2014	1,50	574.853	211.343	100	211.343	159	33.634.362	29	47.372.340	1.502	1.953
2015	1,48	583.374	214.476	100	214.476	159	34.132.921	28	47.406.835	1.503	1.954
2016	1,46	591.898	217.610	100	217.610	159	34.631.656	28	48.099.522	1.525	1.983
2017	1,44	600.422	220.743	100	220.743	159	35.130.391	27	48.123.823	1.526	1.984
2018	1,42	608.944	223.876	100	223.876	159	35.629.009	27	48.806.862	1.548	2.012
2019	1,40	617.462	227.008	100	227.008	159	36.127.393	26	48.820.801	1.548	2.013
2020	1,38	625.976	230.138	100	230.138	159	36.625.543	26	49.493.977	1.569	2.040
2021	1,36	634.482	233.265	100	233.265	159	37.123.225	25	49.497.633	1.570	2.040
2022	1,34	642.980	236.390	100	236.390	159	37.620.438	25	50.160.584	1.591	2.068
2023	1,32	651.468	239.510	100	239.510	159	38.117.067	25	50.822.756	1.612	2.095
2024	1,30	659.937	242.624	100	242.624	159	38.612.589	25	51.483.452	1.633	2.122
2025	1,28	668.384	245.730	100	245.730	159	39.106.830	25	52.142.440	1.653	2.149
2026	1,26	676.806	248.826	100	248.826	159	39.599.576	25	52.799.435	1.674	2.177
2027	1,24	685.198	251.911	100	251.911	159	40.090.611	25	53.454.148	1.695	2.204
2028	1,22	693.558	254.984	100	254.984	159	40.579.716	25	54.106.288	1.716	2.230
2029	1,20	701.880	258.044	100	258.044	159	41.066.673	25	54.755.564	1.736	2.257
2030	1,18	710.163	261.089	100	261.089	159	41.551.260	25	55.401.679	1.757	2.284

Obs.: 1) A taxa de crescimento populacional foi definida pela CESAMA conforme estudo do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Juiz de Fora.

2) Dotação = 2,72 hab./econ.; $Q_{med} = 160,3$ l/hab./dia; $K1 = 1,30$. **Fonte:** MAGNA (2003, p. 05).

Tabela 25 – Vazões médias aduzidas em Juiz de Fora			
Ano	Produção necessária para o dia de maior consumo (l/s)	Produção do sistema atual (l/s)	Vazão média aduzida (l/s)
2005	1.718	1.450	268
2006	1.747	1.450	297
2007	1.776	1.450	326
2008	1.805	1.450	355
2009	1.834	1.450	384
2010	1.863	1.450	413
2011	1.893	1.450	443
2012	1.922	1.450	472
2013	1.924	1.450	474
2014	1.953	1.450	503
2015	1.954	1.450	504
2016	1.983	1.450	533
2017	1.984	1.450	534
2018	2.012	1.450	562
2019	2.013	1.450	563
2020	2.040	1.450	590
2021	2.040	1.450	590
2022	2.068	1.450	618
2023	2.095	1.450	645
2024	2.122	1.450	672
2025	2.149	1.450	699
2026	2.177	1.450	727
2027	2.204	1.450	754
2028	2.230	1.450	780
2029	2.257	1.450	807
2030	2.284	1.450	834

Fonte: MAGNA (2003, p. 06).

Obs.: no cálculo da demanda foram considerados apenas os consumos domésticos, pois, conforme avaliação histórica dos consumos industriais em Juiz de Fora, elaborada pela CESAMA, está ocorrendo uma queda muito grande nestes consumos, resultando assim em pouca influência no estabelecimento dos consumos progressivos. O consumo industrial foi responsável por um volume faturado de $1.664 \times 10^3 \text{ m}^3$ e um volume micromedido de $1.316 \times 10^3 \text{ m}^3$ em 1997, ao passo que em 2002 estes valores foram iguais a $1.103 \times 10^3 \text{ m}^3$ e $912 \times 10^3 \text{ m}^3$, respectivamente (MAGNA, 2003, p. 07).

a) Não incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento existente e desativação do Sistema São Pedro

O cenário que prevê a não incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema existente e a desativação da Represa de São Pedro representa a situação mais crítica para o abastecimento de água em Juiz de Fora. Apesar de a incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas estar próxima de ser concretizada pela CESAMA, a elaboração deste cenário torna-se importante para demonstrar a aproximação entre os atuais valores da oferta de água e da demanda por água no município e a insuficiência dos mananciais atualmente utilizados para o atendimento da demanda futura. Além disso, a desativação da Represa de São Pedro, ainda que não concretizada, já foi anunciada pela CESAMA em diversos meios de comunicação locais, devendo ocorrer num prazo máximo de três anos, sendo a Represa de Chapéu D'Uvas a responsável por abastecer, futuramente, a região atualmente atendida por este manancial.

Considerando-se a disponibilidade hídrica do município como o somatório da capacidade máxima de produção de água dos dois principais mananciais em operação, chega-se a um valor igual a 1.520 l/s. Para tanto, considera-se uma produção de água igual a 900 l/s para a Represa Dr. João Penido e 620 l/s para o Ribeirão do Espírito Santo. Levando-se em conta a capacidade máxima de produção de água dos dois principais mananciais em operação e uma produção requerida estimada a partir de valores médios, conclui-se que a atual disponibilidade seria suficiente para abastecer o município somente até 2015. Levando-se em conta a produção máxima requerida (dia de maior consumo), a capacidade de abastecimento do município já se encontra defasada desde 2000. De 2000 até 2011, a capacidade de produção de água em Juiz de Fora passou de 1.450 l/s para 1.640 l/s (incluindo a Represa de São Pedro), ainda assim insuficiente para atender à demanda máxima por água do município desde 2003.

Este cenário demonstra a necessidade de se incrementar a produção de água do Município de Juiz de Fora para atender às demandas projetadas para médio e longo prazos. Certamente, existe um consenso a respeito da necessidade de ampliação da capacidade de atendimento, tal como mostram os estudos publicados sobre esse tema. A maior parte desses apontou a ampliação da capacidade de produção dos sistemas existentes como suficiente para atender às futuras demandas.

Porém, a incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora foi considerada como a melhor alternativa pelo

poder público municipal para dar uma resposta a essa questão, o que implica em duas reflexões: por um lado, o manancial possibilitará um grande incremento à disponibilidade hídrica do município, garantindo o seu abastecimento por várias décadas; por outro lado, estabelece-se uma situação de dependência de uma alternativa de abastecimento localizada em território de outros municípios (Ewbank da Câmara e Santos Dumont), distante 38 km do centro de Juiz de Fora e que poderia ser mantida como um manancial de reserva para o abastecimento da região.

b) Incorporação da Represa de Chapéu D’Uvas com capacidade de produção de 850 l/s e desativação do Sistema São Pedro

O cenário que prevê a incorporação da Represa de Chapéu D’Uvas ao sistema de produção de abastecimento de Juiz de Fora com uma capacidade de produção de água igual a 850 l/s e a desativação da Represa de São Pedro é aquele que se deve estar em vigor num prazo máximo de três anos.

Nesse cenário, a disponibilidade hídrica de Juiz de Fora seria igual a 2.370 l/s, resultante do somatório da atual capacidade máxima de produção de água da Represa Dr. João Penido (900 l/s), do Ribeirão do Espírito Santo (620 l/s) e da Represa de Chapéu D’Uvas (850 l/s). Inicialmente, verifica-se a existência de uma disponibilidade hídrica superior em um pouco mais de 1,5 vez àquela considerada no item anterior. Tal disponibilidade hídrica seria suficiente para abastecer o Município de Juiz de Fora até 2030, independentemente de se considerar uma produção de água requerida estimada a partir de valores médios ou de valores máximos. Mesmo em 2030 a vazão máxima requeria (2.284 l/s) seria inferior à capacidade de produção de água.

Esse cenário demonstra o grande potencial hídrico da BHRCDU, tendo sido utilizado pela CESAMA para justificar a incorporação do manancial ao sistema de abastecimento de Juiz de Fora. A incorporação de um novo manancial ao sistema de produção de água de Juiz de Fora com tão expressivo potencial hídrico representaria assim, juntamente com a ampliação da capacidade de atendimento do Sistema Norte, a garantia de abastecimento por décadas, tendo-se em vista as demandas projetadas.

c) Incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento existente com ampliação de sua capacidade de produção para 5.000 l/s e não desativação do Sistema São Pedro

O cenário que prevê a incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento existente com uma produção de água igual a 5.000 l/s e a não desativação da Represa de São Pedro é aquele que retrata a situação mais confortável. Tal cenário admite uma disponibilidade hídrica máxima, resultante da incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora, já próxima de ser efetivada, e da máxima ampliação possível de sua capacidade de atendimento.

Neste cenário, a disponibilidade hídrica de Juiz de Fora seria igual a 6.640 l/s, resultante do somatório da disponibilidade hídrica máxima atual dos sistemas Dr. João Penido, Norte e São Pedro e da disponibilidade hídrica máxima futura do Sistema Chapéu D'Uvas. Isso representa uma disponibilidade hídrica mais de quatro vezes superior àquela do cenário 1 e quase três vezes superior àquela do cenário 2. Tal disponibilidade hídrica seria suficiente para atender às demandas projetadas para o Município de Juiz de Fora até 2030, independentemente de se considerar uma produção de água requerida estimada a partir de valores médios ou de valores máximos. Em 2030, por exemplo, a vazão máxima requeria (2.284 l/s) seria quase três vezes menor do que a capacidade de produção de água, considerada aqui como a disponibilidade hídrica municipal.

Este cenário demonstra, ainda mais que o segundo, a possibilidade de um crescimento significativo da disponibilidade hídrica do Município de Juiz de Fora nos próximos anos, viabilizado pela incorporação da Represa de Chapéu D'Uvas ao seu sistema de abastecimento de água e pela futura otimização de sua capacidade de atendimento.

4.4 – Proposição

4.4.1 – Proposição para a melhoria do estado ambiental das unidades geoecológicas: disciplinamento do uso e ocupação da terra

4.4.1.1 – Ações de recuperação e controle

As ações de recuperação e controle para a melhoria do estado ambiental de bacias hidrográficas incluem a **recuperação de áreas degradadas** e o **controle da poluição da água**.

a) Recuperação de áreas degradadas

Um programa de recuperação de áreas degradadas deve ser desenvolvido a partir da identificação e da delimitação das áreas de preservação desmatadas e em processo de degradação. A recuperação de áreas degradadas pode ser assim definida:

A recuperação de uma área degradada pode ser entendida como o retorno do local a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, implicando em uma condição estável, que será obtida em conformidade com os valores ambientais, econômicos, estéticos e sociais da circunvizinhança (MOTA, 2008, p. 147).

Den Berg (2001) ressalta que o programa de recuperação de áreas degradadas por monocultivos deve ser composto por pelo menos três etapas, podendo ser aplicado também em outras situações:

- **Planejamento estratégico:** inclui o mapeamento detalhado da área, definindo-se os impactos existentes e suas intensidades, as áreas prioritárias de recuperação, as áreas que continuarão no processo produtivo e aquelas que serão destinadas à recuperação do ecossistema original. A partir desse mapeamento, são definidas as estratégias e técnicas a serem adotadas para cada situação específica, maximizando a eficiência do processo e minimizando os custos;

- **Recondicionamento do solo:** é a etapa que representa o início da recuperação propriamente dita, incluindo as seguintes medidas: conformação do terreno, de maneira

que sejam evitadas depressões ou valas, e de modo que seja garantido o escoamento das águas pluviais; recobrimento do solo com matéria orgânica (solo orgânico, adubo orgânico, restos vegetais e similares); correção de problemas químicos, se necessário;

• **Implantação da comunidade vegetal:** corresponde à seleção de técnicas para a recuperação de cada área (simples abandono, dispersão artificial, plantio de mudas, etc.), seguida da escolha das espécies e da implantação e do manejo. A escolha do método e das técnicas de recuperação depende das características ambientais da área a ser recuperada, incluindo: levantamentos estruturais da vegetação local, histórico de utilização da área, características do solo, topografia, encharcamento, altura do lençol freático, entre outros. Sempre que possível, o reflorestamento deve ser realizado a partir da implantação de espécies nativas do local a ser recuperado.

Na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, como demonstrado, as áreas de preservação permanente hídricas encontram-se degradadas em função do desenvolvimento de usos incompatíveis com as funções ambientais a serem desempenhadas pelas mesmas segundo a legislação vigente, fato verificado em todas as suas unidades geoecológicas.

A melhoria do estado ambiental das unidades geoecológicas e da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas como um todo deve incluir, necessariamente, um programa de recuperação dessas áreas, consideradas fundamentais para a garantia da produção de água na bacia e a consequente manutenção da reserva de água no manancial.

Existe uma ampla literatura a respeito dos procedimentos, métodos e técnicas a serem utilizados na recuperação de áreas degradadas, inclusive no caso de áreas de preservação permanente. A literatura inclui os trabalhos desenvolvidos e publicados pelos pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa, entre os quais incluem-se Valente e Gomes (2005), Martins (2007) e Martins (2009). Certamente, esses trabalhos poderiam ser utilizados como referência para a elaboração de diretrizes no desenvolvimento de um programa de recuperação das áreas degradadas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, especialmente as APPs hídricas.

b) Controle da poluição da água

Um programa de controle da poluição da água pode ser desenvolvido a partir da aplicação de dois tipos de medidas: **medidas de caráter corretivo** e **medidas de caráter preventivo**.

b.1) Medidas de caráter corretivo

As medidas de caráter corretivo visam corrigir uma situação já existente, buscando-se, com sua aplicação, a melhoria da qualidade da água. Entre as medidas de caráter corretivo, pode-se citar (MOTA, 2008, p. 149-150):

- Implantação ou melhoria de sistemas de coleta e de tratamento de esgoto nos locais onde existem lançamentos dos mesmos nos corpos de água;
- Coibição de lançamentos de esgotos em galerias de drenagem de águas pluviais;
- Adoção de medidas de recuperação de corpos de água poluídos, tais como; remoção de algas e de vegetação aquática em reservatórios eutrofizados; remoção do lodo do fundo por sistemas de dragagem; aeração da água, com o objetivo de aumentar o teor de oxigênio dissolvido; combate a insetos e moluscos transmissores de doenças;
- Remoção de atividades poluidoras da água, situadas próximas a recursos hídricos: depósito de resíduos sólidos a céu aberto; áreas de irrigação com aplicação de fertilizantes e pesticidas; atividades que resultem em lançamento de resíduos sólidos ou líquidos nos corpos de água;
- Recuperação de áreas degradadas situadas às margens de coleções de água;
- Controle do uso da água de rios e reservatórios, evitando-se atividades que resultem na produção e no lançamento de resíduos nos mesmos;
- Substituição ou controle rigoroso dos tipos de fertilizantes e pesticidas utilizados em áreas agrícolas;
- Modificações de processamentos industriais, de modo a diminuir a produção de despejos e eliminar ou minimizar a quantidade de poluentes: mudanças de matérias-primas; alterações nos processos de fabricação; reciclagem da água; aproveitamento de resíduos sólidos.

No caso específico da Represa de Chapéu D'Uvas, o Inventário e o Diagnóstico demonstraram que a Represa de Chapéu D'Uvas apresenta problemas com o lançamento de esgotos domésticos em corpos de água e com a disposição inadequada de resíduos sólidos, de maneira geral, em todas as suas unidades geoecológicas. Por isso mesmo, as medidas de caráter corretivo são de fundamental importância para a melhoria do estado ambiental da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas e a reversão da tendência do processo de degradação verificada em toda a sua extensão. Além disso, a bacia conta com centenas de pequenas propriedades rurais nas quais se pratica a agricultura e a pecuária de subsistência. Ainda que sejam atividades econômicas desenvolvidas em pequena escala, devem-se estabelecer todas as ações corretivas necessárias para reverter os possíveis impactos da atividade agropecuária sobre os recursos hídricos da bacia.

b.2) Medidas de caráter preventivo

As medidas de caráter preventivo visam evitar que o problema de poluição ocorra, devendo ser adotadas antes do início de determinada atividade. Essas medidas são mais eficazes e menos onerosas, pois evitam o surgimento dos problemas decorrentes da poluição da água, com seus prejuízos ecológicos, econômicos e sociais. Entre as medidas de caráter corretivo, pode-se citar (MOTA, 2008, p. 151-158):

- Exigências para o lançamento de efluentes: inclui a definição de critérios e de padrões a serem atendidos pelos efluentes de fontes poluidoras, antes do lançamento dos mesmos nos recursos hídricos, como forma de garantir a qualidade da água de mananciais. No caso do Brasil, a Resolução CONAMA n.º 357/2005 estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes nos corpos de água. Por isso mesmo, uma das medidas fundamentais propostas para a bacia estudada é a continuidade e a consolidação do monitoramento da qualidade da água da Represa de Chapéu D'Uvas pela CESAMA, mas também dos seus principais afluentes. Deve-se monitorar de forma sistemática e ininterrupta o comportamento de todos os parâmetros exigidos pela legislação vigente a fim de detectar possíveis incompatibilidades, garantindo-se a manutenção da função de abastecimento público de água do manancial;

- Implantação de sistemas de coleta e de tratamento de esgotos: é a medida mais eficaz de controle da poluição da água. Devem ser escolhidos, criteriosamente, os corpos receptores para os efluentes tratados, em função de sua capacidade de receber a

carga poluidora, bem como a qualidade necessária aos seus usos. O grau de tratamento a ser aplicado aos esgotos dependerá das capacidades de depuração dos corpos de água receptores. Na falta de sistemas coletivos de esgotamento, como no caso da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, podem ser utilizadas soluções do tipo fossa/sumidouro. Apesar de apresentarem resultados satisfatórios, podem se tornar fonte de poluição de mananciais subterrâneos e mesmo superficiais, exigindo constante monitoramento;

- Coleta e destino adequado dos resíduos sólidos: depósitos inadequados de resíduos sólidos, no solo ou diretamente em corpos hídricos, podem resultar na poluição da água. Na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu, na qual grande parte das pequenas propriedades rurais queima ou enterra o lixo, é necessário universalizar a coleta por serviços de limpeza ou estabelecer a fiscalização das destinações dadas atualmente;

- Controle da utilização de fertilizantes e de pesticidas: incremento do uso da adubação orgânica e da adoção das medidas de controle da erosão, de modo a garantir-se a fertilidade do solo, reduzindo-se a necessidade da utilização de fertilizantes; controle rigoroso da exigência de receituário agrônomo na comercialização desses produtos, da dosagem e dos períodos adequados de aplicação, do enterramento das embalagens e dos restos de produtos e da lavagem de equipamentos de aplicação;

- Manejo ecológico e integrado de pragas e de doenças: objetiva a redução ou mesmo a eliminação do uso de defensivos agrícolas, incluindo práticas agrícolas que evitem ou dificultem o surgimento e a sobrevivência das pragas, que aumentem a resistência das plantas e que melhorem as condições do solo. Inclui medidas como: emprego de variedades de plantas resistentes; uso de sementes e mudas de boa qualidade; adubação orgânica; cobertura morta; adubação verde; rotação, consorciação e intercalação de culturas, evitando-se as monoculturas; destruição de plantas hospedeiras; cultivo de plantas tóxicas para determinados insetos e de “plantas-armadilhas”; emprego de inimigos naturais das pragas (agentes biológicos); utilização de produtos naturais no combate às pragas, como fumo, arruda, manipueira, alho, pimenta, etc.;

- Afastamento das fontes de poluição: especialmente importante para o controle das fontes de poluição difusa. O afastamento pode ser horizontal ou vertical, de modo que ocorra a atenuação do potencial de poluição à medida que haja o escoamento sobre

a superfície do terreno ou através dos vazios do solo. Devem estar devidamente afastados dos mananciais superficiais e subterrâneos as partes inferiores de disposição de esgotos no solo, fossas secas, sumidouros e valas de infiltração, aterros sanitários, cemitérios, lagoas de estabilização e outros sistemas poluidores;

- Reuso de águas: o aproveitamento de águas residuárias pode ser considerado como uma medida de controle da poluição, pois tal prática evita o lançamento de esgotos nos corpos de água. Na adoção do reuso devem ser tomadas alguns cuidados para evitar problemas ambientais, incluindo-se: afastamento adequado de mananciais superficiais; distância satisfatória para o lençol freático; tratamento prévio do esgoto, em função do tipo de reutilização.

4.4.1.2 – Ações de proteção

As ações de proteção para a melhoria do estado ambiental de bacias hidrográficas incluem a **proteção da vegetação**, o **manejo do solo** e o **disciplinamento do uso e ocupação do solo**.

a) Proteção da vegetação

A proteção da vegetação em determinadas áreas é importante para a garantia do equilíbrio natural entre o escoamento e a infiltração da água. Além disso, a presença da vegetação protege o solo com o processo de erosão e suas consequências sobre os recursos hídricos, principalmente as alterações na qualidade da água e o assoreamento.

A vegetação desempenha um papel fundamental nas áreas de preservação permanente, como ao redor de nascentes, topos de morros, margens de cursos de água, etc. A proteção da vegetação deve ser realizada a partir dos critérios e parâmetros estabelecidos pela legislação vigente, tal como já discutido amplamente. No caso específico da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, a proposta é a elaboração de um programa de recuperação da vegetação, especialmente nas áreas de preservação permanente degradadas.

Uma possibilidade interessante para a proteção e a recuperação da vegetação na bacia é o estímulo à implantação e ao desenvolvimento de programas de **pagamento por serviços ambientais** (PSA). Dentre os vários programas já estruturados e em execução, encontram-se o Bolsa Verde e o Promata, ambos do governo estadual de Minas Gerais.

A concessão de incentivo financeiro aos proprietários e posseiros, denominada Bolsa Verde, foi instituída pela Lei Estadual n.º 17.727, de 13 de agosto de 2008, e regulamentada pelo Decreto Estadual n.º 45.113, de 05 de junho de 2009. O Bolsa Verde tem por objetivo apoiar a conservação da cobertura vegetal nativa em Minas Gerais, mediante pagamento por serviços ambientais aos proprietários e posseiros que já preservam ou que se comprometem a recuperar a vegetação de origem nativa em suas propriedades ou posses. A prioridade é para agricultores familiares e pequenos produtores rurais. Também serão contemplados produtores cujas propriedades estejam localizadas no interior de unidades de conservação e sujeitos à desapropriação. O incentivo financeiro é proporcional à dimensão da área preservada. Recebe mais quem

preservar mais até o limite de hectares correspondente a quatro módulos fiscais em seu respectivo município.

As duas modalidades previstas no Programa Bolsa Verde são a manutenção e a recuperação da cobertura vegetal nativa. A primeira é uma forma de remuneração (premiação) pelos serviços ambientais prestados pelos proprietários e posseiros rurais. A segunda visa ao repasse de um montante menor de recursos financeiros e o repasse de insumos para os beneficiados restaurarem, recomporem ou recuperarem a área com espécies nativas.

O Promata (Projeto de Proteção da Mata Atlântica) é um projeto que tem o objetivo de promover ações de proteção, recuperação e uso sustentável na Mata Atlântica do Estado de Minas Gerais, tendo sido desenvolvido pelo Governo do Estado a partir de abril de 2003. O Projeto atua diretamente em 15 Unidades de Conservação e seus entornos, abrangendo uma área total de 140 mil quilômetros quadrados distribuídos em 429 municípios pertencentes ao Alto Jequitinhonha, Vale do Rio Doce, Zona da Mata, Centro-Sul e Sul do Estado. Toda essa área equivale a aproximadamente 25% do território mineiro (Disponível em: <<http://sigap.ief.mg.gov.br/promata/projeto.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2012).

Essa iniciativa resulta do acordo de Cooperação Financeira Brasil-Alemanha por meio do Banco Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), agente financiador do Ministério de Cooperação Internacional da Alemanha (BMZ). As ações do Promata-MG são focadas em cinco componentes interdependentes e complementares: Fortalecimento das Unidades de Conservação; Monitoramento, Fiscalização e Controle; Prevenção e Combate à Incêndios Florestais; Desenvolvimento Sustentável nos entornos das Unidades de Conservação e áreas de conectividade; e Coordenação, Monitoria e Avaliação. A coordenação geral do Projeto fica a cargo da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e o responsável pela execução, gerência e monitoramento é o Instituto Estadual de Florestas (IEF).

b) Manejo do solo

As alterações nas características do solo refletem-se diretamente na quantidade e na qualidade dos recursos hídricos. Portanto, o manejo do solo deve ser realizado levando-se em conta, principalmente, os aspectos de controle da erosão e das condições de escoamento e de infiltração da água.

A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, conforme demonstrado no Diagnóstico, apresenta processos erosivos distribuídos por todas as suas unidades geológicas em função dos processos de degradação em curso. Tais processos podem ser verificados inclusive em todo o entorno da represa, contribuindo para a degradação quali-quantitativa de suas águas e tornando urgente a adoção de medidas para o adequado manejo do solo:

- Identificação, mapeamento e monitoramento dos processos erosivos em toda a área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas;
- Elaboração de um plano de contenção dos processos erosivos (ravinação e voçorocamento) em curso na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas;
- Mapeamento da vulnerabilidade à erosão do solo a partir da análise integrada das características do meio físico e de uso e cobertura da terra, subsidiando a adoção de critérios e parâmetros de uso e ocupação mais rigorosos para as áreas mais vulneráveis;
- Controle da erosão em atividades agrícolas (MOTA, 2008, p. 164-165): plantio em curva de nível; terraceamento; cordões de vegetação; controle de queimadas; alternância de roçados e rotação de culturas; associação de culturas; cobertura morta do solo; adubação orgânica; cobertura verde.
- Controle da erosão durante a realização de obras civis (MOTA, 2008, p. 165-166): realização gradual do desmatamento, somente nas áreas em que o mesmo seja estritamente necessário; cobertura temporária do solo com palhas, capim seco, folhas, madeira, etc.; execução de obras para dirigir ou reter o fluxo da água, tais como valas, canais, drenos, diques interceptadores e barragens de acumulação; nas áreas de empréstimos: acumular os restos vegetais e a primeira camada do solo, mais fértil, para depois espalhar sobre o terreno escavado, após a extração do material; realizar o acerto topográfico, de forma a facilitar o escoamento da água superficial; plantio de gramíneas e implantação de adequados sistemas de drenagem das águas nos taludes de estradas e de outras obras de engenharia.

c) Disciplinamento do uso e ocupação da terra

O disciplinamento do uso e ocupação da terra constitui um importante instrumento para se ordenar o desenvolvimento de uma bacia hidrográfica e se obter a proteção dos recursos naturais, entre eles os recursos hídricos. Em uma bacia

hidrográfica existem áreas que, por suas características, devem ser preservadas, inclusive por exigências legais vigentes, e locais que devem ser ocupados de forma controlada, com restrições, de modo a se manter as condições ambientais necessárias à qualidade de vida humana (MOTA, 2008, p. 189-190).

Mateo Rodriguez et al. (1995, p. 119) ressaltam que a necessidade imperiosa de se regular o padrão geoecológico do território, tendo-se em vista a sua importância para o correto funcionamento de toda a bacia hidrográfica e o interesse em alterar o processo de degradação predominante no território, deve levar ao desenvolvimento de um modelo de organização territorial fundamentado na Geoecologia da Paisagem com as seguintes metas mínimas:

- Aumentar a produtividade e a eficiência econômica na exploração dos recursos naturais renováveis;
- Limitar e, se possível, eliminar a degradação e os processos geoecológicos que deterioram o território;
- Garantir a existência de um equilíbrio funcional adequado para a bacia hidrográfica e para a região na qual está inserida;
- Reabilitar os territórios e os sistemas destruídos e esgotados;
- Construir um meio geoecológico ótimo para a vida da população, com a aspiração de melhorar sua qualidade de vida e a qualidade ambiental.

O Estado de São Paulo, através da Lei Estadual n.º 9.866/1997, estabeleceu as diretrizes e as normas para a proteção e a recuperação de suas bacias hidrográficas de mananciais de interesse regional. O Artigo 12 do Capítulo IV da referida legislação, objetivando o disciplinamento da qualidade ambiental na área dessas bacias, estabeleceu que as mesmas devem ser zoneadas segundo Áreas de Intervenção assim definidas:

• **Áreas de Restrição à Ocupação (Artigo 13):** são Áreas de Restrição a Ocupação, além das definidas pela Constituição do Estado e por lei como de preservação permanente, aquelas de interesse para a proteção dos mananciais e para a preservação, conservação e recuperação dos recursos naturais;

• **Áreas de Ocupação Dirigida (Artigo 14):** são Áreas de Ocupação Dirigida aquelas de interesse para a consolidação ou implantação de usos rurais e urbanos, desde que atendidos os requisitos que garantam a manutenção das condições ambientais necessárias à produção de água em quantidade e qualidade para o abastecimento das populações atuais e futuras;

• **Áreas de Recuperação Ambiental (Artigo 15):** são Áreas de Recuperação Ambiental aquelas cujos usos e ocupações estejam comprometendo a fluidez, potabilidade, quantidade e qualidade dos mananciais de abastecimento público e que necessitem de intervenção de caráter corretivo.

A proposta da lei paulista pode, com as devidas adaptações, ser aplicada na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. O Mapa 18 apresenta uma proposta preliminar de zoneamento ambiental para a bacia de acordo com as categorias propostas pela referida legislação. Deve-se ressaltar que a proposta é preliminar; porém, teve como subsídio o acervo de dados e informações produzido durante as etapas de Inventário e de Diagnóstico desta pesquisa.

A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas ressenete-se da falta de qualquer legislação específica para o disciplinamento do uso e ocupação da terra em sua área de abrangência. Por isso mesmo, a presente proposta, ainda que preliminar, pretende oferecer a sua contribuição na discussão sobre a necessidade do estabelecimento de um arcabouço legal para o disciplinamento do uso e ocupação da terra na bacia e, conseqüentemente, para a melhoria de seu estado ambiental e a conservação dos recursos hídricos.

É importante ressaltar que o estabelecimento de uma legislação de zoneamento deve ser uma iniciativa conjunta e orgânica dos três municípios que abrangem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas. No Brasil, o município detém, segundo o Artigo 30 da Constituição Federal de 1988, a competência de “promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano”. Sendo assim, no caso de bacias hidrográficas de mananciais que abranjam mais de um município, como é o caso da bacia estudada, deve-se buscar uma gestão compartilhada e negociada entre as administrações municipais para a compatibilização das respectivas legislações ou, como no caso do Estado de São Paulo, estabelecer diretrizes e normas gerais para as bacias hidrográficas de mananciais de interesse regional.

Além disso, a definição dessas zonas deve ser precedida pela realização de uma série de estudos que subsidiem a delimitação e a normatização mais precisas e mais bem fundamentadas das mesmas. Para tanto, o processo de definição dessas zonas deve levar em conta, tal como estabelecido no Artigo 17 da Lei Estadual n.º 9.866/1997, do Estado de São Paulo, os seguintes itens: a capacidade de produção hídrica do manancial; a capacidade de autodepuração e assimilação das cargas poluidoras; os processos de

geração de cargas poluidoras; o enquadramento do corpo de água nas classes de uso preponderante; a infraestrutura existente; as condições ambientais essenciais a conservação da qualidade e da quantidade das águas do manancial; e o perfil dos agravos a saúde cujas causas possam estar associadas às condições do ambiente físico.

Além disso, a definição das zonas de uso deve ser complementada por uma série de diretrizes e normas ambientais e urbanísticas de interesse regional, respeitadas as competências dos municípios envolvidos e da União, considerando-se as especificidades e as funções ambientais das diferentes Áreas de Intervenção, com o fim de garantir padrões de qualidade e quantidade de água bruta, passível de tratamento convencional para abastecimento público.

Essas normas e diretrizes, segundo o Parágrafo único do Artigo 16 da Lei Estadual n.º 9.866/1997, são relativas à: condições de ocupação e de implantação de atividades efetiva ou potencialmente degradadoras do meio ambiente, capazes de afetar os mananciais; condições para a implantação, operação e manutenção dos sistemas de: a) tratamento de água; b) drenagem de águas pluviais; c) controle de cheias; d) coleta, transporte, tratamento e disposição de resíduos sólidos; e) coleta, tratamento e disposição final de efluentes líquidos; e f) transmissão e distribuição de energia elétrica; condições de instalação de canalizações que transportem substâncias consideradas nocivas a saúde e ao meio ambiente; condições de transporte de produtos considerados nocivos a saúde e ao meio ambiente; medidas de adaptação de atividades, usos e edificações existentes as normas decorrentes desta Lei; condições de implantação de mecanismos que estimulem ocupações compatíveis com os objetivos das Áreas de Intervenção; e condições de utilização e manejo dos recursos naturais.

O Mapa 18 mostra quatro tipos de zonas ou áreas a serem consideradas no zoneamento ambiental preliminar da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, baseando-se nas premissas estabelecidas pela lei paulista de proteção de mananciais. Essas zonas são assim descritas:

- **Área urbanizada:** corresponde à área de uso e ocupação urbana consolidados da bacia, ou seja, o Distrito de Nova Dores do Paraibuna. O modelo de uso e ocupação atual, característico da área, não necessariamente coincidirá com os futuros modelos a serem propostos, caso em que se torna necessário ajustá-lo, o máximo possível, às exigências a serem feitas para o restante da bacia;

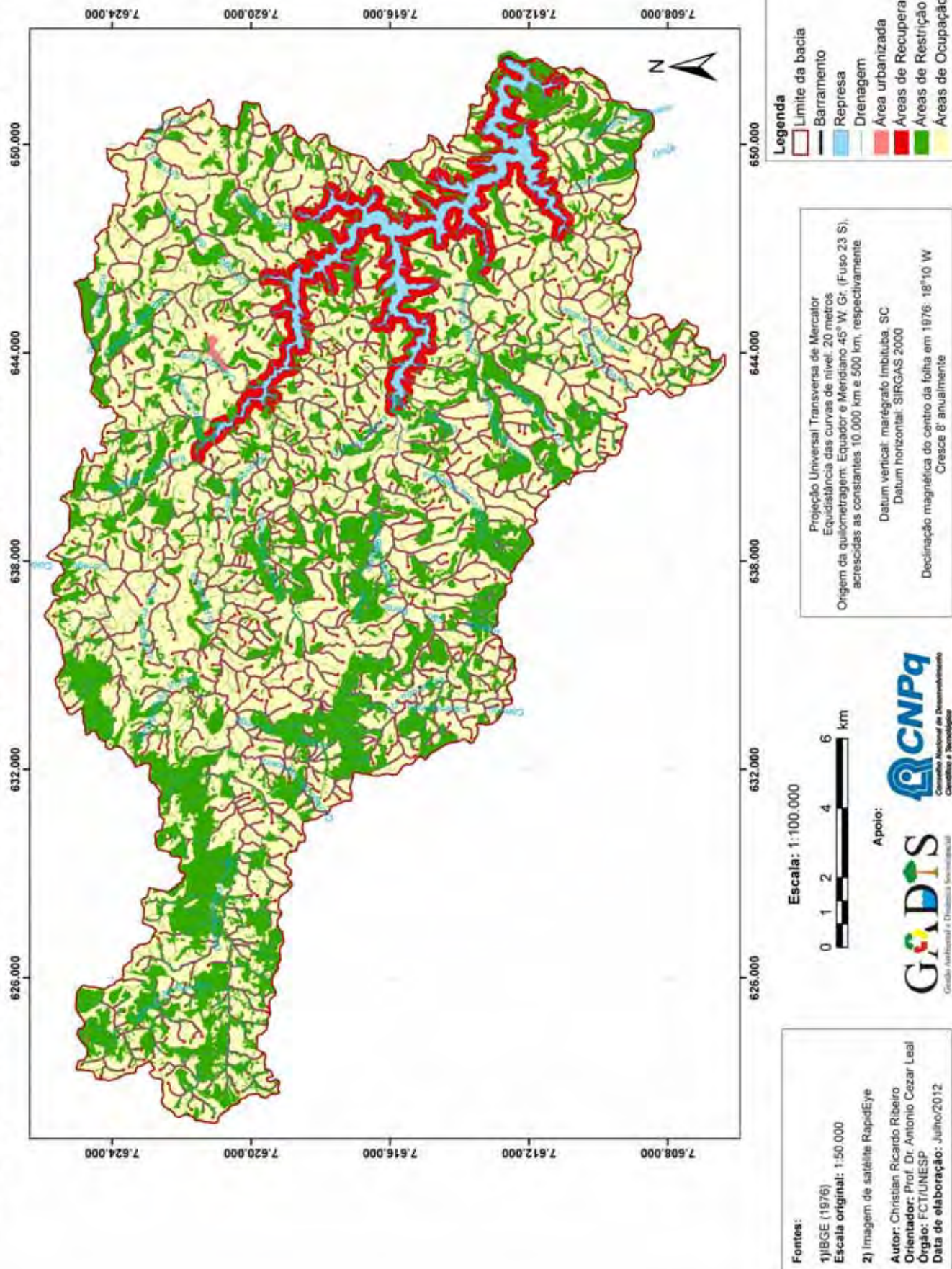
- **Áreas de Restrição à Ocupação:** correspondem às áreas de preservação permanente hídricas definidas pela legislação e às demais áreas ainda cobertas pela

vegetação nativa. No caso das APPs hídricas utilizadas de acordo o seu potencial e das demais áreas vegetadas, deve-se adotar medidas que garantam a manutenção da vegetação;

- **Áreas de Recuperação Ambiental:** correspondem basicamente às APPs hídricas que foram ocupadas e que comportam usos incompatíveis com a manutenção de suas funções ambientais, ou seja, as APPs hídricas que foram desmatadas. Essas áreas devem contar com medidas que viabilizem a recuperação de seu estado ambiental, levando à recomposição da vegetação original. Não deve haver ocupação e os usos devem ser os mais restritivos possíveis, como a apicultura ou outra modalidade de cultura agrícola consorciada que não implique em prejuízos para a vegetação. Tais medidas têm o objetivo de minimizar e até mesmo eliminar os processos geoecológicos responsáveis pelos problemas ambientais verificados em todas as unidades geoecológicas, especialmente aqueles relacionados com a produção hídrica;

- **Áreas de Ocupação Dirigida:** correspondem às demais áreas da bacia, não enquadradas em nenhuma das categorias anteriores. Nessas áreas o uso e a ocupação devem ser controlados a partir da elaboração de uma legislação própria, estabelecendo limites, critérios e parâmetros rigorosos para tanto. A ocupação deve obedecer aos índices estabelecidos pela legislação vigente para as áreas rurais, ou aos índices urbanísticos, quando for o caso. Quanto aos usos, deve-se permitir somente o residencial unifamiliar e o agropecuário, a fim de se evitar o adensamento populacional e habitacional excessivo e o desenvolvimento de atividades econômicas que ofereçam risco ao manancial. Não se exclui a possibilidade do reconhecimento e da futura incorporação de parcelas dessas áreas às categorias de Áreas de Restrição à Ocupação, como no caso das encostas com mais de 45° de declividade, dos topos de morro e das áreas mais vulneráveis à erosão do solo, por exemplo, ou Áreas de Recuperação Ambiental, como aquelas áreas atingidas por processos erosivos, queimadas ou poluição e contaminação dos corpos de água pelo lançamento de esgotos domésticos.

Mapa 18 - Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: Proposta preliminar de zoneamento ambiental



4.4.2 – Proposição para a conservação dos recursos hídricos: instrumentos de gestão de recursos hídricos

A implementação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, conforme preconizado pela Lei Federal n.º 9.433/1997 e pela Lei Estadual n.º 13.199/1999, de Minas Gerais, pode oferecer uma contribuição significativa para a gestão sustentável e a consequente conservação dos recursos hídricos, garantindo a sua disponibilidade em quantidade suficiente e qualidade adequada aos diversos usos e usuários.

Entre esses instrumentos, o enquadramento, a outorga e a cobrança devem ser implementados de maneira mais efetiva na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas a fim de se avançar na gestão dos recursos hídricos tal como proposto pela legislação vigente.

A bacia estudada está inserida na área de atuação de dois comitês estaduais (Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé) e de um comitê federal (Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul). O Rio Paraibuna é um curso de água de domínio da União, ao passo que os seus afluentes na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas são cursos de água de domínio estadual. Por isso mesmo, a implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas deve ser planejada, necessariamente, no âmbito da estrutura e do funcionamento dos referidos comitês.

a) Enquadramento

Já existe legislação de enquadramento das águas do Rio Paraibuna e legislação de enquadramento das águas estaduais de sua bacia hidrográfica. Porém, tais legislações datam, respectivamente, de 1981 e de 1996, sem que tenha havido a necessária revisão. Por essa razão, a principal proposta desta pesquisa no tocante ao enquadramento das águas é a revisão do enquadramento realizado há mais de 30 anos para as águas do Rio Paraibuna e há mais de 15 anos para as águas estaduais de sua bacia. Evidentemente, esse processo de revisão deve ser implementado no âmbito dos comitês cuja área de atuação abrange a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, levando-se em conta a dominalidade federal e estadual de suas águas.

Maciel Júnior (2000) propôs uma metodologia para a realização do zoneamento ou enquadramento das águas, que poderia ser utilizada pelos comitês de bacia hidrográfica responsáveis na revisão e na atualização do enquadramento das águas do Rio Paraíba e das águas estaduais de sua bacia. A metodologia prevê as seguintes fases (MACIEL JÚNIOR, 2000, p. 37):

- **Fase 1 – Enquadramento (Normativa):** fase na qual são definidos os Objetivos de Qualidade dos corpos de água. Tem entre seus produtos finais uma Deliberação Normativa (no caso do Estado de Minas Gerais, tornando-se, portanto, uma norma específica para a bacia hidrográfica. Esta norma tem várias aplicações institucionais, sendo as principais: (1) na regulação de lançamentos de efluentes nos corpos de água; (2) no ordenamento da implantação de fontes poluidoras; (3) nas outorgas para captação/lançamento e cobrança pelo uso da água; (4) como referência ao monitoramento da qualidade e da quantidade das águas; (5) no direcionamento dos conflitos pelo uso das águas; (6) nos Planos de Recursos Hídricos;

- **Fase 2 – Avaliação da Condição (Qualitativa):** fase na qual é realizada a Avaliação da Qualidade dos corpos de água enquadrados, através de análises laboratoriais e utilizando-se de parâmetros subjetivos definidos pela norma vigente, comparando a qualidade preestabelecida com a realidade e identificando as causas dos desvios. Essa fase é da maior importância para monitorar os objetivos de qualidade e possibilitar a correção e os ajustes em todo o processo;

- **Fase 3 – Efetivação do Enquadramento (Operativa):** fase na qual são propostas e executadas as ações para a Efetivação do Enquadramento, ou seja, para a correção dos desvios identificados na fase anterior, assim como para a prevenção de problemas com base no cenário futuro desejado. Entende-se que esta fase também deva ser alvo de Deliberação Normativa, além de ser integrada aos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas e aos Planos de Aplicação dos Recursos Arrecadados das Agências de Bacias.

Além disso, a Resolução CNRH n.º 91, de 05 de novembro de 2008, instituiu as diretrizes básicas e os procedimentos metodológicos necessários ao enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos, contendo as seguintes etapas: diagnóstico e prognóstico; propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento; e programa para efetivação. A Resolução estabelece o conteúdo mínimo de cada uma das quatro etapas.

b) Outorga

A outorga pelo uso de recursos hídricos é um instrumento de gestão ainda em implementação no Estado de Minas Gerais. Porém, já existe todo o arcabouço legal necessário à implementação da outorga na área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, seja para as águas de domínio estadual, seja para as águas de domínio federal.

Os usos insignificantes já foram definidos em legislação própria, tal como já afirmado neste trabalho. Portanto, é necessário investir na cadastro de usuários de recursos hídricos em toda a Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, identificando os usos insignificantes e os usos sujeitos à outorga.

Até o presente momento, existem apenas duas outorgas de recursos hídricos registradas na área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas: a outorga preventiva obtida pela CESAMA para a exploração das águas da Represa de Chapéu D'Uvas (domínio federal) e uma outorga para irrigação (domínio estadual). Sendo assim, em termos de outorga, as propostas da presente pesquisa são:

- Revisão, atualização e regularização da outorga preventiva de direito de uso de recursos hídricos concedida pela ANA à CESAMA para a exploração da Represa de Chapéu D'Uvas através da Resolução n.º 99/2005, tendo a mesma vigorado pelo prazo de três anos;
- Realização de uma campanha de cadastro de usos e usuários da água pelo IGAM e pelas agências de bacias responsáveis na área de abrangência da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. O cadastro contribuiria de maneira significativa para a implementação da outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio estadual nas bacias hidrográficas dos rios Paraibuna, Preto, Pomba e Muriaé e, consequentemente, na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, permitindo que se conhecesse, com maior precisão e fidedignidade, o balanço entre as disponibilidades e as demandas hídricas na bacia, dado fundamental para o adequado planejamento e gestão das águas.

c) Cobrança

Da mesma forma que a outorga, a cobrança também é um instrumento de gestão de recursos hídricos ainda em fase de implementação no Estado de Minas Gerais. Já existe o arcabouço legal necessário à implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. O Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé já aprovaram a implementação deste instrumento em suas respectivas áreas de atuação.

O COMPÉ adotou, em sua área de atuação, os mecanismos, valores e condições estabelecidos pelo CEIVAP para a cobrança pelo uso de recursos hídricos. O mesmo poderia ser feito pelo CBH-Preto e Paraibuna. O CEIVAP tem uma importante contribuição a oferecer, tendo atuado de maneira pioneira na implementação deste instrumento de gestão de recursos hídricos no Brasil.

A efetiva implementação da cobrança depende diretamente da organização dos cadastros de usos e usuários da água e, portanto, da prévia implementação da outorga de direito de uso de recursos hídricos. Além disso, deve ser precedida pelo desenvolvimento de um programa de comunicação social sobre a necessidade econômica, social e ambiental da utilização racional e da proteção das águas; da definição dos usos insignificantes; da instituição de agência de bacia hidrográfica ou entidade a ela equiparada na mesma área de atuação de um ou mais comitês; e da aprovação da metodologia de cobrança pelo CERH-MG, que deve ser tecnicamente fundamentada.

Portanto, a cobrança aparece como o resultado de um processo que envolve uma série de etapas a serem previamente cumpridas, demandando um certo grau de amadurecimento do sistema, da política e dos atores da gestão para a sua efetiva implementação. A maior parte das condições estabelecidas pela legislação vigente para a implementação da cobrança já foi cumprida pelos comitês e respectivas agências de bacias cujas áreas de atuação abrangem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Sendo assim, a principal proposta desta pesquisa no tocante à cobrança é que se realize um esforço institucional conjunto do IGAM, dos comitês de bacia e das respectivas agências de bacias para que sejam satisfeitas todas as condições necessárias à efetiva implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos.

5 – Considerações finais

A Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas apresenta uma série de particularidades que tornam de fundamental importância o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos em seu território. Nesta bacia, os elementos que compõem o meio físico estabelecem inter-relações com as diversas formas de uso e ocupação da terra, inserindo a bacia numa complexa problemática que envolve vários aspectos relevantes: a) a necessidade de uma gestão compartilhada da bacia hidrográfica do manancial, em função de a mesma estender-se sobre o território de três municípios; b) a utilização das águas da Represa de Chapéu D’Uvas para o abastecimento público de água do Município de Juiz de Fora; c) as particularidades de sua geomorfologia, que condiciona de forma significativa o uso e a ocupação da terra; d) os diversos problemas ambientais identificados, destacando-se: a remoção da cobertura vegetal; a ocupação de áreas de preservação permanente; a poluição e a contaminação das águas da represa em função do lançamento de esgotos domésticos; a disposição inadequada de resíduos sólidos; os processos erosivos e o consequente assoreamento dos cursos de água e da represa; a prática da queimada como forma de preparar a terra para o cultivo; os impactos causados pela pecuária, principalmente o pisoteio.

A garantia da produção de água na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas, que passará em breve a abastecer o Município de Juiz de Fora, depende fundamentalmente da evolução das tendências de uso e ocupação da terra na bacia e das políticas de gestão da oferta de água que a Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora, responsável pela exploração do manancial, adotar de forma compartilhada com os municípios que a abrangem.

A complexa problemática hídrico-ambiental que envolve a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas está intrínseca e intensamente relacionada à questão do abastecimento de água do Município de Juiz de Fora. Tendo-se em vista que o manancial será em breve utilizado para o abastecimento urbano deste município, a gestão integrada da oferta de água e da demanda por água constitui uma condição fundamental para se enfrentar os possíveis conflitos de usos e entre usuários da água que podem eclodir na região. Deve-se ressaltar que “a gestão do suprimento de água inclui políticas e ações destinadas a identificar, de forma eficiente, novas fontes de água, enquanto a gestão da demanda inclui os mecanismos e incentivos que promovem a conservação da água e a eficiência de seu uso” (SALATI, LEMOS e SALATI, 2006, p. 50). Em outras palavras, a

gestão do suprimento ou da oferta de água trata de políticas e ações relativas à quantidade e à qualidade da água desde a sua captação até o sistema de distribuição, ao passo que a gestão da demanda por água trata do uso eficiente ou da redução do desperdício da água pelos seus usuários.

Os órgãos colegiados de gestão de recursos hídricos que atuam na área da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas, especialmente o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé, constituem espaços privilegiados para a produção de informações que subsidiem a formulação e a implementação de políticas públicas que viabilizem a utilização sustentável do manancial. Assim, tais organismos, enquanto fóruns de discussão organizados como verdadeiros “parlamentos das águas”, têm o potencial para aglutinar sinergias que representem oportunidades de intervenção e de resolução dos processos de degradação ambiental presentes em toda a bacia hidrográfica.

Espera-se que o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos constituam um processo que proporcione a utilização racional das águas da Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. Pretende-se com isso solucionar as questões relativas à escassez relativa dos recursos hídricos em toda a bacia hidrográfica do manancial, garantindo a múltipla utilização de suas águas e a disponibilidade hídrica em termos quantitativos e qualitativos para as necessidades dos diversos usuários aí presentes ou que dependam de suas águas e, conseqüentemente, evitando ou dirimindo os possíveis conflitos entre eles e maximizando os benefícios econômicos e sociais.

Para tanto, torna-se de fundamental importância oferecer subsídios para o disciplinamento do uso e ocupação da terra e para a implementação de instrumentos de gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas.

O disciplinamento do uso e ocupação da terra constitui etapa fundamental do planejamento ambiental em bacias hidrográficas, cumprindo um papel essencial na proteção dos recursos hídricos e na melhoria do estado ambiental. O planejamento ambiental encontra na cartografia ambiental de síntese e no monitoramento dos processos geoecológicos dois instrumentos fundamentais na produção de dados e de informações que subsidiam o seu desenvolvimento.

Entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos, destacam-se a cobrança pelo uso de recursos hídricos, a outorga de direito de uso de recursos hídricos e o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes. A

informação é a matéria-prima essencial para o desencadeamento do processo de implementação desses instrumentos no interior da estrutura dos comitês de bacia hidrográfica cujas respectivas áreas de atuação incluem a Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas. O conhecimento sistemático e pormenorizado das condições sanitárias e da disponibilidade hídrica da bacia em termos quantitativos e qualitativos é, portanto, indispensável.

Ao concluir este trabalho, não se pode deixar de ressaltar que, efetivamente, o que mais falta às cidades brasileiras, entre as quais inclui-se Juiz de Fora, não é água, mas sim determinado padrão cultural que agregue ética e melhore a eficiência do desempenho político dos governos, da sociedade organizada e das ações públicas e privadas, responsáveis que são por promover o desenvolvimento econômico, em geral, e a proteção da água doce, em particular (REBOUÇAS, 2006, p. 30-31).

É fundamental que os poderes públicos realizem os investimentos necessários para um eficiente gerenciamento, controle e fiscalização do uso e da proteção dos recursos hídricos. De sua parte, as empresas de saneamento básico devem fornecer, com eficiência, água em quantidade suficiente e qualidade adequada aos diversos usos e usuários, coletando e tratando os esgotos, recolhendo e dispondo de forma adequada o lixo doméstico e atuando de forma harmônica com os setores responsáveis pelo ordenamento e pelo controle das condições de uso e ocupação do território, tanto urbano como rural. A sociedade, por sua vez, deverá compreender que não será possível continuar com a atual filosofia de desperdício e de usar e jogar fora, como se a água fosse um recurso ilimitado e de propriedade particular ou individual (REBOUÇAS, 2006, p. 31-32).

É necessário investir-se cada vez mais na implementação de medidas preventivas, utilizando-se o planejamento e a gestão como instrumentos para viabilizar o uso e a ocupação mais racional do solo urbano e rural e dos recursos hídricos. É importante não apenas definir as atividades que sejam economicamente mais viáveis, mas correlacionar o uso mais adequado às características do meio ambiente, a fim de não comprometer o maior e o melhor uso de suas potencialidades. Não é uma simples questão de usar ou não usar, mas, fundamentalmente, saber usar (MACHADO, 1998, p. 143). Trata-se, portanto, de um processo complexo e sistêmico, que transcende as soluções meramente técnicas, demandando mudanças de valores e de comportamentos de todos os atores envolvidos.

Referências bibliográficas

AB’SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3.^a ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2005.

_____. Megageomorfologia do território brasileiro. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. 5.^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009, p. 71-106.

ACIOLY JÚNIOR, C.; DAVIDSON, F. **Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Resolução n.º 399, de 22 de julho de 2004**. Altera a Portaria n.º 707, de 17 de outubro de 1994, do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2004/399-2004.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

_____. **Resolução n.º 99, de 09 de março de 2005**. Emite outorga preventiva de direito de uso de recursos hídricos à Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA) para a captação de água na Barragem de Chapéu D’Uvas, com a finalidade de abastecimento público no Município de Ewbank da Câmara. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2005/099-2005.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

ALCÂNTARA JÚNIOR, L. C. de. **Diagnóstico dos impactos socioambientais da Represa Chapéu D’Uvas e análise de sua importância para o Município de Juiz de Fora**. 2007. 99 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

ALMEIDA, J. R. de. (Coord.); ORSOLON, A. M.; MALHEIROS, T. M.; PEREIRA, S. R. de B.; AMARAL, F.; SILVA, D. M. **Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum – uma necessidade, um desafio**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: Thex/Biblioteca Estácio de Sá, 1999.

ALVES, A. O. **Planejamento ambiental urbano na Microbacia do Córrego da Colônia Mineira – Presidente Prudente/SP**. 2004. 166 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2004.

ANDREOZZI, S. L. **Planejamento e gestão de bacias hidrográficas: uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica**. 2005. 151 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da Bacia do Arroio Boa Vista – Guamiranga – PR. In: **Caminhos de Geografia**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2007, vol. 8, n.º 21, jun., p. 46-58.

ARAÚJO, J. P. de C. **Utilização de métodos e critérios para determinação do rio principal em bacias hidrográficas – o caso do Rio Paraibuna**. 2009. 109 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

ARAÚJO, J. P. de C.; CASTRO, T. G. S. A. de; SILVA, A. C. da; MACHADO, P. J. de O.; ZAIDAN, R. T. Aplicação de métodos e critérios para a determinação de rio principal: o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009, p. 01-18.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2011**. Brasília: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2011.

ATLAS DIGITAL DAS ÁGUAS DE MINAS. Belo Horizonte: Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável/Universidade Federal de Viçosa, 2011. Disponibiliza dados e informações sobre os recursos hídricos superficiais do Estado de Minas Gerais.

Disponível em: <<http://www.atlasdasaguas.ufv.br/home.html>>. Acesso em: 15 out. 2011.

ATLAS DO ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA DO BRASIL. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2010. Disponibiliza dados e informações sobre o abastecimento urbano de água nos municípios brasileiros. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2011.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 8.^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

BARBOSA, Y. B.; CARVALHO, S. M. Análise morfométrica da Bacia do Arroio do Padre, Ponta Grossa – PR. In: **Caminhos de Geografia**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2009, vol. 10, n.º 30, mar., p. 160-173.

BARTH, F. T. A recente experiência brasileira de gerenciamento de recursos hídricos. In: **Cadernos FUNDAP**, n.º 20, mai./ago., 1996, p. 59-75.

_____. Aspectos institucionais do gerenciamento de recursos hídricos. In: BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. da C.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3.^a ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 563-597.

BARTH, F. T.; POMPEU, C. T. Fundamentos para gestão de recursos hídricos. In: BARTH, F. T.; POMPEU, C. T.; FILL, H. D.; TUCCI, C. E. M.; KELMAN, J.; BRAGA, B. P. F. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Nobel/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1987, p. 01-91.

BERTALANFFY, L. von. **Teoria Geral dos Sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. Rio de Janeiro: Vozes, 2008.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. In: **RA'E GA: o espaço geográfico em análise**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004, n.º 8, p. 141-152.

BINSWANGER, H. C. Fazendo a sustentabilidade funcionar. In: CAVALCANTI, C. (Org.). **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. 3.^a ed. São Paulo: Cortez/Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2001, p. 41-55.

BOLÓS I CAPDEVILA, M. de. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. In: **Revista de Geografía**. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1981, vol. 15, p. 45-68.

BORGES, R. F.; BORGES, F. A.; BRITO, J. L. S.; NISHIYAMA, L. Mapeamento de áreas úmidas através de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009, p. 01-20.

BORTOLOZZI, A. **Educação Ambiental e o ensino da Geografia**: bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. 268 f. 1997. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: BOTELHO, R. G. M.; GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da. (Org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 4.^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009, p. 269-300.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 153-192.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2.^a ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRAGA, B.; FLECHA, R.; PENA, D. S.; KELMAN, J. A reforma institucional do setor de recursos hídricos. In: BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. da C.; TUNDISI, J. G. (Org.).

Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3.^a ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 639-676.

BRANCO, S. M. **O meio ambiente em debate.** São Paulo: Moderna, 1988.

BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas.** São Paulo: Edgard Blücher/Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1977.

_____. **Proposições básicas para a proteção ambiental da Represa Dr. João Penido em Juiz de Fora, MG.** São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1986.

BREILH, J. Pilhagens, ecossistemas e saúde. In: MIRANDA, A. C. de et al. (Org.). **Território, ambiente e saúde.** Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2008, p. 159-180.

BRASIL. **Decreto Federal n.º 24.643, de 10 de julho de 1934.** Decreta o Código de Águas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. **Lei Federal n.º 4.771, de 15 de setembro de 1975.** Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. Secretaria Especial do Meio Ambiente. **Lei Federal n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. **Decreto Federal n.º 87.561, de 13 de setembro de 1982.** Dispõe sobre as medidas de recuperação e proteção ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e dá outras providências. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/LiStaTextoIntegral.action?id=104093&norma=127401>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Federal n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal, e altera o artigo 1.º da Lei Federal n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei Federal n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. **Lei Federal n.º 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o Artigo 225, § 1.º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 10 jun. 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.º 302, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.º 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, limites e definições de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <<http://www.caern.rn.gov.br/contenproducao/aplicacao/caern/arquivos/pdf/portaria-ms-2914.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. Agência Nacional de Águas. **Resolução ANA n.º 99, de 09 de março de 2005**. Dispõe sobre concessão de outorga preventiva de direito de uso de recursos hídricos à Companhia de Saneamento Municipal para captação de água no reservatório denominado Barragem de Chapéu D'Uvas. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2005/099-2005.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução n.º 91, de 05 de novembro de 2008**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. **Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre proteção da vegetação nativa; altera as Leis Federais n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis Federais n.ºs 4.771, de 15 de setembro 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 10 jun. 2012.

_____. **Medida Provisória n.º 571, de 25 de maio de 2012.** Altera a Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis Federais n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis Federais n.ºs 4.771, de 15 de setembro 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Mpv/571.htm>. Acesso em: 10 jun. 2012.

_____. **Lei Federal n.º 12.727, de 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis Federais n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis Federais n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do Artigo 167 da Lei Federal n.º 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2.º do Artigo 4.º da Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm>. Acesso em: 20 out. 2012.

CAMPOS, J. N. B.; VIEIRA, V. P. P. B. Gerenciamento de recursos hídricos: a problemática do Nordeste. In: **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1993, vol. 27, n.º 2, abr./jun., p. 81-91.

CARDOSO, M. L. de M. Desafios e potencialidades dos comitês de bacias hidrográficas. In: **Ciência e Cultura**. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2003, vol. 55, n.º 4, out./dez., p. 40-41.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2003.

CARRIJO, M. G. G.; FRANCISCO, A. C. P.; IDE, C. N.; VAL, L. A. A. do; LASTORIA, G.; OLIVEIRA, J. M. Z. P. da S.; MONTEIRO, C. da S. Levantamento de aspectos físicos do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari (MS – Brasil). In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 2, 2002, Campo

Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002, p. 01-19.

CARVALHO, A. C. B. de. **Modelagem de banco de dados a partir das características pedológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna – MG/RJ.** 2010. 40 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

CARVALHO, A. C. B. de; ROCHA, G. C.; ZAIDAN, R, T. Diagnóstico ambiental pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna a partir do Projeto RADAMBRASIL. In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 6, 2010, Tupã. **Anais...** Tupã: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, 2010, p. 01-12.

CASTRO, T. G. S. A. de. **Análise das características geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna – MG/RJ – a partir do Projeto RADAMBRASIL.** 2009. 56 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo – GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: **Scientia Plena.** Aracaju: Associação Sergipana de Ciência, 2009, vol. 05, n.º 2, p. 01-07.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. In: **Notícia Geomorfológica.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1969, vol. 9, n.º 18, dez., p. 35-64.

_____. **Análise de sistemas em Geografia.** São Paulo: Hucitec/Universidade de São Paulo, 1979.

_____. **Geomorfologia.** 2.^a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

_____. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CIVITA, V. Minas Gerais. In: CIVITA, V. (Org.). **Enciclopédia Mundial de Geografia Ilustrada**. São Paulo: Abril Cultural, 1971, vol. 1.

COIMBRA, R.; ROCHA, C. L.; BEEKMAN, G. B. **Recursos hídricos**: conceitos, desafios e capacitação. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. **Políticas públicas para el desarrollo sustentable**: la gestión integrada de cuencas. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 1994.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Relatório-síntese do trabalho de regionalização de vazões da Sub-Bacia 58**. Rio de Janeiro: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Qualidade das águas no Estado de São Paulo. In: **Águas e Energia Elétrica**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1988, ano 5, n.º 14, p. 11-15.

CONEJO, J G. L. A outorga de usos da água como instrumento de gerenciamento dos recursos hídricos. In: **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1993, vol. 27, n.º 2, abr./jun., p. 28-62.

COORDENAÇÃO DE PROJETOS, PESQUISAS E ESTUDOS TECNOLÓGICOS. **Programa de Investimentos de Minas Gerais – Saneamento Básico – Juiz de Fora**. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente/Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul/Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura/Banco Mundial/Governo do Japão, 1999.

_____. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo:** Caderno de Ações da área de atuação do PS1 (Anexo 3 do Relatório Contratual R-10). Rio de Janeiro: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul/Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, 2006.

_____. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo:** Caderno de Ações da área de atuação do COMPÉ (Anexo 5 do Relatório Contratual R-10). Rio de Janeiro: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul/Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, 2006.

CORATO, R. M. S. **A microbacia como unidade fundamental de análise nas Ciências Ambientais.** 2002. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga:** avaliação de aspectos técnicos e conceituais. 2001. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CUNHA, L. V. da; GONÇALVES, A. S.; FIGUEIREDO, V. A.; LINO, M. **A gestão da água:** princípios fundamentais e sua aplicação em Portugal. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980.

CUNICO, C.; OKA-FIORI, C. Zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi – PR: perspectivas para a análise e avaliação das condições socioambientais. In: **Estudos Geográficos.** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2008, n.º 6, vol. 1, p. 37-61.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. In: **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1992, n.º 6, p. 45-60.

DELPOUX, M. Ecossistema e paisagem. In: **Métodos em Questão**. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1974, n.º 7, p. 01-23.

DEN BERG, E. Recuperação de áreas degradadas por monocultivos extensivos. In: **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2001, n.º 210, vol. 22, p. 27-35.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL/COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**: Barbacena (SF.23-X-C-III). Belo Horizonte: Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1991.

_____. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**: Lima Duarte (SF.23-X-C-VI). Belo Horizonte: Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1991.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro – Presidente Prudente/SP**. 2007. 157 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006.

FERNANDES, M. R. **Manejo integrado de sub-bacias hidrográficas**: um projeto mineiro. Belo Horizonte: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais, 1996.

FERREIRA, C. de C. M. **Tipos de tempo e categorias climáticas na Bacia do Rio Paraibuna – MG**. 2002. 285 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FIDALGO, E. C. C.; CREPANI, E.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E.; PINTO, R. M. da S.; DOUSSEAU, S. L. Mapeamento do uso e da cobertura atual da terra para indicação de áreas disponíveis para reservas legais: estudo em nove municípios da Região Amazônica. In: **Árvore**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2003, vol. 27, n.º 6, p. 871-877.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2.^a ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

_____. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRANCISCO, C. N. **Subsídios à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito municipal: o caso de Angra dos Reis, RJ**. 2004. 178 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Centro de Estudos Gerais, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

FRANCO, M. de A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. 2.^a ed. São Paulo: Annablume/Universidade Regional de Blumenau, 2001.

FREITAS, A. J. de. Gestão de recursos hídricos. In: SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. (Ed.). **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília: Universidade Federal de Viçosa/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005, p. 01-120.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE. **Vocabulário básico de meio ambiente**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: FEEMA, 1990.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Bacia do Rio Paraibuna:** enquadramento das águas. Belo Horizonte: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 1996.

GIOVANNETTI, G. e LACERDA, M. **Dicionário de Geografia.** São Paulo: Melhoramentos, 1996.

GIROLETTI, D. **Industrialização de Juiz de Fora - 1850/1930.** Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 1988.

GONDIM FILHO, J. G. C.; VIEIRA, V. P. P. B. Água doce no semi-árido. In: BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. da C.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 3.^a ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 481-505.

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GUATTARI, F. **As três ecologias.** 10.^a ed. Campinas: Papirus, 2000.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 4.^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUIMARÃES, R. P. A ética da sustentabilidade e a formulação de políticas de desenvolvimento. In: VIANNA, G; SILVA, M; DINIZ, N. (Org.). **O desafio da sustentabilidade:** um debate socioambiental no Brasil. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2001, p. 43-71.

HELLER, L. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano.** 2.^a ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2010, vol. 1, p. 29-63.

INÁCIO, C. da S. J.; MOURA, I. H. de; BARBOSA, M. L. F. Climatologia. In: MACHADO, P. J. de O. (Org). **Diagnóstico físico-ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro**: um exercício acadêmico de Gestão dos Recursos Hídricos. Ubá: Geographica, 2010, p. 36-42.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006.

_____. **Primeiros resultados do Censo Demográfico 2010**: população por municípios. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_minas_gerais.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2011.

_____. **Base de informações do Censo Demográfico 2010**: Resultados do universo por setor censitário – Documentação do arquivo. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais**: Relatório Final. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2006.

_____. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais no Estado de Minas Gerais**: Relatório Trimestral. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de gestão das Águas, 2010, vols. 1, 2, 3 e 4.

JARDÍ, M. Paisaje: ¿una síntesis geográfica? In: **Revista de Geografía**. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1990, vol. 24, p.43-60.

JUIZ DE FORA. **Lei Municipal n.º 6.087, de 04 de dezembro de 1981**. Dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo na área da Bacia Hidrográfica da Represa Dr. João Penido, em Juiz de Fora, e dispõe outras providências. Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/showinglaw.pl>>. Acesso em 10 abr. 2011.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Análise morfométrica da Bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil. In: **Revista da Escola de Minas**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2001, vol. 54, n.º 2, p. 121-126.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995.

_____. Gestão dos recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.^a ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007, p. 727-768.

LARA, A. I. de. Plano de gestão e manejo em áreas de mananciais. In: ANDREOLI, C. V. (Ed.). **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão – Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu**. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná/Financiadora de Estudos e Projetos, 2003, p. 385-399.

LEAL, A. C. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca – Campinas – São Paulo**. 1995. 155 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

_____. **Gestão das águas no Pontal do Paranapanema – São Paulo**. 2000. 279 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

_____. Gestão urbana e regional em bacias hidrográficas: interfaces com o gerenciamento de recursos hídricos. In: BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. de. (Org.). **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003, p. 65-85.

LEFF, E. Educação Ambiental e desenvolvimento sustentável. In: REIGOTA, M. (Org.). **Verde cotidiano: o meio ambiente em discussão**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2001, p. 111-129.

_____. **Saber ambiental:** sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. 5.^a ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

LEME ENGENHARIA S.A. **Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área Urbana de Juiz de Fora:** Introdução. Juiz de Fora: Leme Engenharia/Prefeitura de Juiz de Fora, 1985, vol. 1.

LIBÂNIO, M.; FERNANDES NETO, M. de L.; PRINCE, A. de A.; VON SPERLING, M.; HELLER, L. Consumo de água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano.** 2.^a ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2010, vol. 1, p. 107-150.

LIBAULT, A. **Geocartografia.** São Paulo: Companhia Editora Nacional/Universidade de São Paulo, 1975.

LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. de M. C. Microbacias na região do Parque Estadual de Morro do Chapéu (PEMC): uma modelo em SIG para análise ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007, p. 2.769-2.776.

MACHADO, P. J. de O. **Uma proposta de zoneamento ambiental para a Bacia Hidrográfica da Represa de São Pedro – Juiz de Fora/MG.** 1998. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1998.

_____. Crescimento urbano e ocupação de mananciais: o caso de Juiz de Fora/MG. In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 2, 2006, Tupã. **Anais...** Tupã: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, 2006, p. 1-14.

MACHADO, P. J. de O.; SILVA, R. G. da. A utilização da Represa de Chapéu D’Uvas como manancial de abastecimento de Juiz de Fora/MG. In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 3, 2007, Tupã. **Anais...** Tupã: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, 2007, p. 1-16.

MACHADO, G.; SOUZA, J. O. P. de. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Choco – Ibaiti – PR. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 10, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo: 2005, p. 8.366-8.382.

MACIEL JÚNIOR, P. **Zoneamento das águas:** um instrumento de gestão dos recursos hídricos. Belo Horizonte: RC Editora Gráfica, 2000.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos:** realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MAGNA ENGENHARIA LTDA. **Estudo de viabilidade para alternativas de captação de água em Juiz de Fora:** Relatório final das soluções alternativas para captação de água – Memorial Descritivo. Juiz de Fora: Prefeitura de Juiz de Fora/Companhia de Saneamento Municipal, 2003.

_____. **Elaboração de projeto básico do sistema adutor de água bruta em Juiz de Fora, Minas Gerais:** Memorial Descritivo. Juiz de Fora: Prefeitura de Juiz de Fora/Companhia de Saneamento Municipal, 2003, vol. 1.1.

MARQUES NETO, R. Considerações sobre a paisagem enquanto recurso metodológico para a Geografia Física. In: **Caminhos de Geografia.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2008, vol. 9, n.º 26, jun., p. 243-255.

MARTINELLI, M.; PEDROTTI, F. A cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas. In: **Revista do Departamento de Geografia.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001, n.º 14, p. 39-46.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares.** 2.^a ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007.

_____. **Recuperação de áreas degradadas:** ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 2.^a ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010.

MASCARENHAS, A. C. Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é, como funciona, e que papel desempenha na gestão dos recursos hídricos. In: **Plenarium**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2006, ano III, n.º 3, set., p. 134-145.

MATEO RODRIGUEZ, J. M. Planejamento ambiental como campo de ação da Geografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 5, 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 1994, p. 582-594.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.; DE MAURO, C. A.; RUSSO, I. L.; SILVA, C. M. dos S.; BOVO, R.; ARCURI, M. E. P.; MARINHO, V. L. F. Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP). In: **Geografia**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1995, vol. 20, n.º 1, abr., p. 81-129.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. In: **Mercator**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2002, ano 1, n.º 1, p. 95-112.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoeecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 2.^a ed. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará/Banco do Nordeste, 2007.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. In: **RA'E GA**: o espaço geográfico em análise. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004, n.º 8, p. 83-91.

MEIS, M. R. M.; MIRANDA, L. G. H.; FERNANDES, N. F. Desnívelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: Bacia do Médio-Baixo Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1982, p. 1.489-1.509, vol. 4.

MENDONÇA, F. **Geografia e meio ambiente**. 2.^a ed. São Paulo: Contexto, 1996.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MILANI, J. R.; CANALI, N. E. O sistema hidrográfico do Rio Matinhos: uma análise morfométrica. In: **RA'E GA: o espaço geográfico em análise**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000, n.º 4, p. 139-152.

MINAS GERAIS. **Lei Estadual n.º 10.793, de 02 de julho de 1992**. Dispõe sobre a proteção de mananciais destinados ao abastecimento público no Estado. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=10793&comp=&ano=1992>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa n.º 16, de 24 de setembro de 1996**. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da Bacia do Rio Paraibuna. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Minas%20Gerais%20-%20Rio%20Paraibuna%20-%20Bacia%20do%20Para%C3%ADba%20do%20Sul.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Portaria n.º 10, de 30 de dezembro de 1998**. Altera a redação da Portaria n.º 30, de 07 de junho de 1993. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=669>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. **Lei Estadual n.º 13.199, de 29 de janeiro de 1999**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?ano=1999&num=13199&tipo=LEI>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Deliberação Normativa n.º 04, de 18 de fevereiro de 2002**. Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento de Comitês de Bacia Hidrográfica e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=176>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

_____. **Lei Estadual n.º 14.309, de 19 de junho de 2002**. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=176>>.

g.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5306>. Acesso em: 15 jun. 2012.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Deliberação Normativa n.º 06, de 04 de outubro de 2002**. Estabelece as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5704>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Deliberação Normativa n.º 09, de 16 de junho de 2004**. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/arquivos/Deliberacao_09_04.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. **Deliberação Normativa n.º 04/2006**. Estabelece o ano de 2007 para início da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos de Domínio do Estado na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/home/38-ps1/766-deliberacao-normativa-do-cbh--preto-e-paraibuna-no-042006>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. **Deliberação Normativa n.º 04/2006**. Aprova a Implantação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos de Domínio do Estado na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé a partir de 2007. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/home/40-ps2/781-deliberacao-cbh--pomba-e-muriae-no-042006>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. **Deliberação Normativa n.º 07/2007**. Dispõe sobre a definição dos usos dos recursos hídricos a serem considerados insignificantes na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/home/38-ps1/770-deliberacao-cbh-preto-e-paraibuna-no-072007>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. **Deliberação Normativa n.º 09/2007**. Dispõe sobre a cobrança pelo uso de

recursos hídricos nos corpos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais nas sub-bacias dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/home/40-ps2/786-deliberacao-compe-no-092007>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental/Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Deliberação Normativa Conjunta n.º 01, de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. **Lei Estadual n.º 17.727, de 13 de agosto de 2008**. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, para os fins que especifica, e altera as Leis Estaduais n.ºs 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8952>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

_____. **Lei Estadual n.º 18.024, de 09 de janeiro de 2009**. Altera a Lei Estadual n.º 15.910, de 21 de dezembro de 2005, que dispõe sobre o Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (FHIDRO), e o Artigo 23 da Lei Estadual n.º 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=18024&comp=&ano=2009>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. **Deliberação Normativa n.º 15/2010**. Estabelece o Regimento Interno do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/new/index.php?option=com_content&task=view&id=775&Itemid=730>. Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. **Deliberação Normativa n.º 20/2010**. Estabelece o Regimento Interno do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/home/40-ps2/798-deliberacao-compe-no-202010>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto RADAMBRASIL**: levantamento de recursos naturais – Folhas SF.23/24 (Rio de Janeiro/Vitória). Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983, vol. 32.

MINISTÉRIO DO INTERIOR. **Portaria n.º 86, de 04 de junho de 1981**. Enquadra os cursos de água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul que menciona. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/PortariaMinter_.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006, vol. 1.

MIRANDA, E. E. **Água na natureza e na vida dos homens**. Aparecida do Norte: Idéias e Letras, 2004.

MKM ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA. **Estudo de concepção do sistema de esgotamento sanitário de Juiz de Fora**: estudos preliminares e projeção populacional. Juiz de Fora: MKM Engenharia Ambiental/Prefeitura de Juiz de Fora, 2002, vol. 1.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável:** meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1981.

_____. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2.^a ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995.

_____. **Gestão ambiental de recursos hídricos.** 3.^a ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2008.

MÜLLER, G. Desenvolvimento sustentável: notas para a elaboração de um esquema de referência. In: BECKER, D. F. (Org.). **Desenvolvimento sustentável:** necessidade e/ou possibilidade?. 3.^a ed. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2001, p. 117-138.

NAPOLEÃO, R. P. **Zoneamento ambiental como subsídio à gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (SP).** 2003. 194 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

NOBRE, M. “Crescimento econômico” *versus* “preservação ambiental”: origens do conceito de desenvolvimento sustentável. In: NOBRE, M.; AMAZONAS, M. de C. (Org.). **Desenvolvimento sustentável:** a institucionalização de um conceito. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2002, p. 27-48.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto:** princípios e aplicações. 2.^a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano.** São Paulo: Humanitas/Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2001.

NUCCI, N. L. R., ARAÚJO, J. L. B.; SILVA, R. J. C. **Tratamento de esgotos municipais por disposição no solo e sua aplicação no Estado de São Paulo**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima, 1978.

OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E. Geomorfologia da área do Parque Marumbi – Serra do Mar (PR). In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3, 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1987, p. 41-58.

OLIVEIRA, M. R. de. **Juiz de Fora vivendo a história**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 1994.

OLIVEIRA, E. C. de. **O comitê de bacia e a gestão das águas no Médio Paranapanema**: um estudo sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável. 2009. 288 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=576>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

ORLANDO, P. H. K. **Produção do espaço e gestão hídrica na Bacia do Rio Paraibuna (MG-RJ)**: uma análise crítica. 2006. 295 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

PEREIRA, M. J. de A. **Estudos limnológicos preliminares da Represa Dr. João Penido – Juiz de Fora - MG**. 1991. 92 f. Monografia (Especialização em Ecologia e Manejo de Águas Interiores) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

PEREIRA, J. S. **Análise de critérios de outorga e de cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio dos Sinos, RS**. 1996. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) –

Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

PEREIRA, J. L. G.; BATISTA, G. T.; ROBERTS, D. A. Classificação da cobertura da terra na Região Amazônica através de classificação de regiões em imagens de proporção de componentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Santos. **Anais...** Santos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998, p. 1.483-1.494.

PETRELLA, R. **O manifesto da água:** argumentos para um contrato mundial. Petrópolis: Vozes, 2002.

PILETTI, N.; PILETTI, C. **História e vida:** Brasil – da pré-história à independência. 11.^a ed. São Paulo: Ática, 1977.

PINTO, V. M. **A produção do eucalipto no Município de Quartel Geral/MG:** um olhar socioeconômico. 2006. 68 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

POMPEU, C. T. **Direito de Águas no Brasil.** São Paulo: Revista dos Tribunais, 2006.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **O desafio ambiental.** Rio de Janeiro: Record, 2004.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Juiz de Fora sempre:** Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Juiz de Fora: Fundação Cultural Alfredo Ferreira Lage, 2004.

REBOUÇAS, A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. da C.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 3.^a ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 01-35.

REMPEL, C.; PÉRICO, E.; ECKHARDT, R. R. **Zoneamento econômico-ambiental do Vale do Taquari.** Lajeado: Centro Universitário Univates/Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, 2007.

RIBEIRO, W. C. **Geografia política da água**. São Paulo: Annablume, 2008.

RIBEIRO, C. R. **Avaliação da sustentabilidade hídrica do Município de Juiz de Fora/MG**: um subsídio à gestão sustentável dos recursos hídricos em âmbito municipal. 2009. 359 f. Monografia (Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

RIBEIRO, G. do N.; TEOTIA, H. S.; MARACAJÁ, V. P. B. B.; BARROS, D. F. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal no Agreste Paraibano: municípios de Pocinhos e Puxinamã. In: **Caatinga**. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2008, vol. 21, n.º 2, abr./jun., p. 231-244.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. In: **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001, n.º 14, p. 69-77.

RODRIGUES, D. da P.; NOLASCO, M. C.; JESUS, T. B. de. Geoprocessamento aplicado ao estudo da análise morfométrica: o caso da Microbacia do Rio Coisa Boa – Igatu – Chapada Diamantina – BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011, p. 3.947-3.954.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1994, n.º 8, p. 63-74.

_____. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

RUFFINO, P. H. P.; SANTOS, S. A. M. dos. Proposta do Programa de Educação Ambiental. In: MASCARENHAS, S. et al. (Org.). **O estudo de bacias hidrográficas**: uma estratégia para Educação Ambiental. 2.^a ed. São Carlos: Rima, 2003, p. 09-13.

SÁ, J. A. C. de A.; CAMPOS, L. R. O Direito e a gestão de águas. In: CAMPOS, N.; STUDART, T. (Ed.). **Gestão de águas: princípios e práticas**. 2.^a ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003, p. 207-225.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1986.

_____. **Desenvolvimento incluyente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SALATI, E.; LEMOS, H. M. de; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. da C.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3.^a ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 37-62.

SALGADO, M. P. G.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W.; TARGA, M. dos S. Caracterização de uma microbacia por meio de geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais...** Natal: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009, p. 4.837-4.843.

SANTIAGO, B. da; BOHRER, C. B. de. Aspectos da fragmentação florestal no Município de Juiz de Fora/MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009, p. 01-18. Comunicação coordenada.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SÃO PAULO. **Lei Estadual n.º 9.866, de 28 de novembro de 1997**. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1997/lei%20n.9.866,%20de%2028.11.1997.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

SARAIVA, F. Considerações acerca da pesquisa em Geografia Física aplicada ao planejamento ambiental a partir de uma perspectiva sistêmica. In: **RA'E GA: o espaço geográfico em análise**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005, n.º 9, p. 83-93.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na Geografia. In: **RA'E GA: o espaço geográfico em análise**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003, n.º 7, p. 79-85.

SERRA AZUL ENGENHARIA. **Barragem de Chapéu D'Uvas**: informações complementares ao Relatório de Controle Ambiental/Plano de Controle Ambiental. Juiz de Fora: Companhia de Saneamento Municipal, 1997, vol. 2.

SETTI, A. A. Legislação para uso dos recursos hídricos. In: SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. (Ed.). **Gestão de recursos hídricos**: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Brasília: Universidade Federal de Viçosa/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005, p. 121-412.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2.^a ed. Brasília: Agência Nacional de Águas/Agência Nacional de Energia Elétrica/Organização Meteorológica Mundial, 2000.

SHIEL, D.; TUNDISI, J. G. A bacia hidrográfica como laboratório experimental para o ensino de Ciências, Geografia e Educação Ambiental. In: MASCARENHAS, S. et al. (Org.) **O estudo de bacias hidrográficas**: uma estratégia para Educação Ambiental. 2.^a ed. São Carlos: Rima, 2003, p. 03-08.

SILVA, T. M. da. **A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro**. 2002. 265 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, S. A.; MARA, D. D. **Tratamentos biológicos de águas residuárias**: lagoas de estabilização. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1979.

SILVA, R. G. da. **O uso da Represa de Chapéu D'Uvas como manancial de abastecimento urbano**. 2007. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

SILVEIRA, A. L. L. da; SILVEIRA, G. L. da. Vazões mínimas. In: PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de. (Org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/Universidade Federal de Santa Maria, 2001, p. 125-163.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. In: **Métodos em questão**. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1977, n.º 16, p. 01-52.

_____. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. In: **Biogeografia**. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1978, n.º 14, p. 01-24.

SOUZA, F. de F. C. de. Avaliação de solos no diagnóstico ambiental da Bacia do Rio Paraibuna. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009, p. 01-10.

STAICO, J. **A Bacia do Rio Paraibuna em Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 1977.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. In: **Revista do Centro Universitário de Araraquara**. Araraquara: Centro Universitário de Araraquara, 2007, n.º 20, p. 137-156.

TOLEDO JÚNIOR, A. P.; KAWAI, H. **Modelo para a avaliação do perfil vertical de oxigênio dissolvido na Represa Billings**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1977.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977.

TROPPMAIR, H. **Sistemas, geossistemas, geossistemas paulistas, ecologia da paisagem**. Rio Claro: Edição do Autor, 2004.

TROPPMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. In: **Mercator**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2006, ano 5, n.º 10, p. 79-89.

TUCCI, C. E. M. Vazões médias. In: PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de. (Org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/Universidade Federal de Santa Maria, 2001, p. 113-124.

_____. Água no meio urbano. In: BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. da C.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3.^a ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 399-432.

_____. Regionalização de vazões. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.^a ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007, p. 573-619.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA/FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS/UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS/FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.

VALVERDE, O. Estudo regional da Zona da Mata, de Minas Gerais. In: **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1958, ano XX, n.º 1, jan./mar., p. 03-82.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e Geografia. In: **Geografia**. Rio Claro: Associação de Geografia Teórica, 2003, vol. 28, n.º 3, set./dez., p.323-344.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VIOLA, E. Globalização, democracia e sustentabilidade: as novas forças sociopolíticas transnacionais. In: BECKER, B. K.; MIRANDA, M. (Org.). **A geografia política do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997, p. 63-91.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e sua inserção na Geografia Física. In: **Mercator**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2007, ano 6, n.º 11, p. 71-78.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

YASSUDA, E. R. O gerenciamento de bacias hidrográficas. In: **Cadernos FUNDAP**. São Paulo: Fundação do Desenvolvimento Administrativo, 1989, ano 9, n.º 16, junho, p. 46-53.

_____. Gestão dos recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. In: **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1993, vol. 27, n.º 2, abr./jun., p. 05-18.

Anexos

Tabela 26 - Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas - 2006													
Parâmetros	Meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
pH		8,25	8,62	7,19	6,92	6,77	6,93	7,32	7,71	7,46	7,50	7,67	7,38
Cor (mg Pt/L)		20,0	17,5	5,0	25,0	20,0	12,5	7,5	7,5	7,5	50,0	15,0	15
Turbidez (NTU)		5,18	5,49	3,98	2,41	3,01	2,66	3,20	3,31	3,72	6,25	9,65	7,3
Ferro (mg/L)		0,31	0,29	0,09	0,32	0,44	0,09	0,08	0,40	0,08	X	0,22	0,16
Manganês (mg/L)		0,2	0,8	0,6	<0,1	0,2	1,1	X	0,2	<0,01	X	0,0	0,2
Fósforo Total (mg/L)		X	0,32	0,7	0,49	0,44	0,25	0,42	0,26	<0,06	0,36	0,07	0,13
Nitrogênio Total (mg/L)		X	1,0	0,3	<0,5	<0,5	0,4	1,0	10,4	2,5	<0,5	0,8	<0,5
Oxigênio Consumido (mg/L)		3,0	0,5	X	X	X	X	X	X	X	X	0,4	1,3
Alcalinidade HCO ₃ (mg/L)		13,9	13	9,7	9,1	46,9	12,5	55,0	12,9	29,8	X	17,6	12,7
Alcalinidade OH (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	X	0,0	X
Alcalinidade CO ₃ (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	X	0,0	X
Dureza (mg/L)		8,2	8,3	7,7	18,3	7,6	10,0	11,2	17,5	7,5	X	9,7	13,4
Cloreto (mg/L)		6,429	8,183	8,183	14,612	7,598	7,014	53,189	11,105	8,183	X	7,62	6,38
DQO (mg/L)		12,0	21,0	24,0	16,0	27,0	28,0	22,0	28,0	6,0	X	X	X
DBO _{5,20} (mg/L)		34,5	30,6	6,4	12,0	4,7	1,6	2,7	9,8	X	X	15,3	16,4
Condutividade Elétrica (uS/cm)		23,8	21,4	20,6	22,4	21,8	19,7	X	22,6	20,1	X	X	21,8
Oxigênio Dissolvido (mg/L)		X	6,3	7,6	7,1	X	X	X	X	X	X	X	X
Coliformes Totais (NMP/100mL)		>2419,2	1046,2	>2419,2	165,0	>2419,2	>2419,2	2419,2	1553,1	>2419,2	275,5	>2419,2	>2419,20
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)		<1,0	29,3	7,4	<1,0	3,1	<1,0	2,0	3,0	<1,0	<1,0	18,3	1,0
Cianobactérias (cél/mL)		1703	4160	2379	670	650	1430	1638	2886	1976	1586	2730	2470

Obs.: 1) Coleta realizada com balsa, em superfície, em local próximo ao futuro ponto de captação.

2) * = Técnica utilizada: Substrato Cromogênico-Enzimático.

3) ** = Técnica utilizada: Presença-Ausência.

4) Detecção de cianobactérias: utilização da Câmara de Sedgwich-Rafter. Cianobactéria encontrada: *Cylindrospermopsis sp.*

5) X = dados não disponíveis.

Tabela 27 - Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas - 2007													
Parâmetros	Meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
pH		7,38	5,62	7,36	7,12	6,71	6,95	6,85	7,53	7,47	7,79	7,41	6,52
Cor (mg Pt/L)		15,0	7,5	12,5	15,0	20,0	5,0	10,0	10,0	5,0	25,0	0,0	20,0
Turbidez (NTU)		9,80	3,46	5,57	3,38	2,88	1,80	2,10	2,74	3,95	5,09	4,00	8,8
Ferro (mg/L)		0,89	0,22	0,22	1,10	0,42	0,10	0,19	0,14	0,08	0,11	0,14	0,73
Manganês (mg/L)		0,1	<0,01	0,1	0,1	0,1	0,0	<0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1
Fósforo Total (mg/L)		>3,50	0,14	0,34	0,76	0,56	1,03	<0,02	0,52	0,53	0,80	0,31	<0,06
Nitrogênio Total (mg/L)		3,5	1,1	2,9	0,6	0,6	1,4	0,9	0,6	0,5	0,8	1,0	0,8
Oxigênio Consumido (mg/L)		3,3	0,6	0,1	1,6	0,4	0,5	0,8	0,2	1,4	1,8	0,8	10,1
Alcalinidade HCO ₃ (mg/L)		19,7	10,9	12,5	11,6	11,4	15,3	13,7	11,9	13,5	9,5	13,3	9,2
Alcalinidade OH (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Alcalinidade CO ₃ (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dureza (mg/L)		14,8	5,8	5,9	8,6	7,2	19,7	12,2	12,8	7,1	9,0	8,4	6,3
Cloreto (mg/L)		7,72	3,33	4,92	3,40	6,73	9,926	8,55	6,38	7,62	6,34	5,31	4,96
Oxigênio Dissolvido (mg/L)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	6,86	6,00	7,10
DBO _{5,20} (mg/L)		43,0	14,7	13,7	11,5	4,9	13,7	2,5	14,7	15,8	20,8	3,2	10,1
Condutividade Elétrica (uS/cm)		29,5	23,2	22,4	22,5	24,0	25,90	20,6	24,00	25,7	24,4	24,6	20,8
Coliformes Totais (NMP/100mL)		>2419,2	>2419,2	>2419,20	2419,2	>2419,2	>2419,2	>2419,2	>2419,2	195,6	>2419,2	248,1	410,6
Escherichia coli (NMP/100mL)		238,2	<1	14,5	1,0	<1	12,1	<1	4,1	5,2	816,4	<1,0	7,4
Cianobactérias (cél/mL)		1022	1794	2587	1404	236	177	137	355	335	988	5070	2652

Obs.: 1) Coleta realizada com balsa, em superfície, em local próximo ao futuro ponto de captação.

2) * = Técnica utilizada: Substrato Cromogênico-Enzimático.

3) ** = Técnica utilizada: Presença-Ausência.

4) Detecção de cianobactérias: utilização da Câmara de Sedgwich-Rafter. Cianobactéria encontrada: *Cylindrospermopsis sp.*

5) X = dados não disponíveis.

Tabela 28 - Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas - 2008													
Parâmetros	Meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
pH		6,83	7,61	7,30	7,43	6,86	6,94	6,94	7,40	7,23	7,48	6,85	8,28
Cor (mg Pt/L)		15,0	15,0	20,0	20,0	5,0	7,5	5,0	12,5	7,5	20,0	10,0	12,5
Turbidez (NTU)		3,70	4,92	3,86	4,19	2,00	2,60	1,40	3,6	3,32	5,8	6,50	5,35
Ferro (mg/L)		0,23	0,43	1,79	0,18	0,36	0,17	0,07	0,08	0,05	0,13	0,11	0,13
Manganês (mg/L)		0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,1	0,1
Fósforo Total (mg/L)		0,62	0,25	0,37	0,27	0,27	0,22	0,13	0,17	0,27	0,15	0,02	0,14
Nitrogênio Total (mg/L)		4,5	2,8	1,8	<0,5	2,3	1,4	0,01	1,3	1,4	1,1	0,1	0,0
Oxigênio Consumido (mg/L)		0,0	0,0	1,4	1,5	0,0	0,2	0,0	1,2	0,6	1,25	0,9	X
Alcalinidade HCO ₃ (mg/L)		12,0	12,0	16,2	10,6	9,8	11,8	11,3	13,4	10,3	10,2	10,7	0,0
Alcalinidade OH (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Alcalinidade CO ₃ (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6
Dureza (mg/L)		7,1	7,0	8,8	5,8	7,9	10,5	8,30	6,8	7,5	6,7	7,1	6,3
Cloreto (mg/L)		5,67	3,54	8,50	8,15	9,93	6,73	5,7	5,67	3,19	2,97	4,70	7,70
Oxigênio Dissolvido (mg/L)		6,64	7,57	6,95	7,49	6,58	6,93	6,90	X	5,5	8,5	7,8	8,4
DBO _{5,20} (mg/L)		14,3	12,0	14,4	13,2	7,1	3,2	0,0	7,1	8,7	18,6	4,3	16,4
Condutividade Elétrica (uS/cm)		21,3	22,6	22,8	22,3	24,1	20,7	22,1	20,7	20,9	22,1	22,3	22,80
Coliformes Totais (NMP/100mL)		>2419,2	>2419,2	>2419,2	>2419,2	613,1	>2419,2	172,4	>2419,2	>2419,2	1986,3	547,5	980,4
Escherichia coli (NMP/100mL)		2,0	5,2	8,5	365,4	1,0	<1,0	<1,0	1,0	1299,7	14,8	<1,0	8,5
Cianobactérias (cél/mL)		503	2301	2678	1846	878	177	360	897	1482	2782	2743	3523

Obs.: 1) Coleta realizada com balsa, em superfície, em local próximo ao futuro ponto de captação.

2) * = Técnica utilizada: Substrato Cromogênico-Enzimático.

3) ** = Técnica utilizada: Presença-Ausência.

4) Detecção de cianobactérias: utilização da Câmara de Sedgwich-Rafter. Cianobactéria encontrada: *Cylindrospermopsis sp.*

5) X = dados não disponíveis.

Tabela 29 - Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas - 2009													
Parâmetros	Meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
pH		7,72	7,03	7,00	7,13	7,20	7,10	7,46	7,29	7,75	7,62	7,60	7,50
Cor (mg Pt/L)		15,0	12,5	10	7,5	2,5	2,5	5	0	0	10	20	5,0
Turbidez (NTU)		5,80	29,2	4,00	3,25	1,30	1,68	2,05	2,70	2,30	4,00	7,3	99,1
Ferro (mg/L)		0,09	0	0,17	0,16	0,13	0,06	0,05	1,35	0,05	X	X	0,10
Manganês (mg/L)		<0,01	0,1	0,1	0,2	<0,01	0,4	0,4	X	0,1	X	X	0,1
Fósforo Total (mg/L)		0,21	0,36	X	0,15	0,10	0,11	0,31	X	X	X	X	0,18
Nitrogênio Total (mg/L)		1,2	X	X	1,2	0,1	<0,5	X	X	0,3	X	X	0,0
Oxigênio Consumido (mg/L)		0,8	0,75	0,24	0,8	0,40	0,1	1,25	0,64	0,8	0,40	1,4	0,8
Alcalinidade HCO ₃ (mg/L)		10,2	10,3	7,5	11,15	18,0	7,72	9,05	9,8	9,6	9,0	9,15	9,92
Alcalinidade OH (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	X
Alcalinidade CO ₃ (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	X
Dureza (mg/L)		8,9	5,9	9,2	8,5	7,4	8,2	X	X	X	5	6,2	6,86
Cloreto (mg/L)		6,12	4,61	3,84	4,25	10,3	10,2	2,70	3,36	3,94	5,85	2,73	2,52
Oxigênio Dissolvido (mg/L)		8,1	7,9	7,3	7,0	5,6	3,4	2,6	3,2	X	X	3,6	X
DBO _{5,20} (mg/L)		X	15,3	3,2	14,2	s/leitura	5,4	4,9	2,7	13,1	X	16,4	X
Condutividade Elétrica (uS/cm)		21,7	20,6	20,1	21,1	20,2	21,7	20,0	20,1	20,6	19,8	19,1	21,2
Coliformes Totais (NMP/100mL)	>2419,2*	>2419,2*	>2419,2*	>2419,3*	>2419,2*	>2419,2*	>2419,2*	179,3*	158,5*	>2419,2*	>2419,2*	P **	>2419,2*
Escherichia coli (NMP/100mL)	9,8 *	9,8 *	33,7 *	5,2 *	3,1 *	<1 *	3,1 *	<1 *	<1 *	<1 *	20,1 *	P **	20,1 *
Cianobactérias (cél/mL)	3.094	3.094	1.820	962	676	962	294	390	459	592	944	1.404	944

Obs.: 1) Coleta realizada com balsa, em superfície, em local próximo ao futuro ponto de captação.

2) * = Técnica utilizada: Substrato Cromogênico-Enzimático.

3) ** = Técnica utilizada: Presença-Ausência.

4) Detecção de cianobactérias: utilização da Câmara de Sedgwich-Rafter.

5) X = dados não disponíveis.

Tabela 30 - Parâmetros de qualidade da água bruta da Represa de Chapéu D'Uvas - 2010													
Parâmetros	Meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
pH		7,30	7,39	7,50	7,50	6,78	6,95	6,85	7,16	6,97	6,28	7,41	7,55
Cor (mg Pt/L)		12,5	5,72	7,50	2,50	40	7,5	25	2,50	40	5,01	10,60	7,50
Turbidez (NTU)		4,70	4,0	2,74	2,19	4,05	2,41	6,55	1,82	13,9	36,62	4,61	3,07
Ferro (mg/L)		0,05	X	<0,01	0,08	0,76	0,04	0,66	0,66	0,04	0,05	0,05	0,03
Manganês (mg/L)		0,1	0,32	0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,1	0,0
Fosfato Total (mg/L)		0,55	0,44	0,19	0,80	0,12	0,39	0,21	0,28	0,24	0,22	0,20	0,25
Nitrogênio Total (mg/L)		<0,5	0,1	0,8	0,70	10,6	2,1	0,9	0,94	1,9	0,1	0,4	X
Oxigênio Consumido (mg/L)		1,1	1,1	0,45	0,0	0,75	1,7	0,90	1,00	1,7	0,67	1,05	3,5
Alcalinidade HCO ₃ (mg/L)		10,47	8,0	7,76	8,85	9,70	8,80	10,70	9,5	8,63	7,33	4,07	8,17
Alcalinidade OH (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Alcalinidade CO ₃ (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dureza (mg/L)		5,20	6,27	6,37	7,05	7,28	6,8	7,0	5,8	6,82	9,6	6,44	X
Cloreto (mg/L)		3,61	3,49	0,85	2,90	2,69	6,72	5,10	2,90	3,36	8,4	9,15	2,97
Oxigênio Dissolvido (mg/L)		7,81	8,38	4,13	4,68	3,88	4,57	4,25	4,22	3,84	3,24	X	X
DBO _{5,20} (mg/L)		X	11,0	20,2	16,4	9,8	3,20	11,5	6,5	0,0	1,0	15	X
Condutividade Elétrica (uS/cm)		20,0	21,3	22,8	22,1	19,31	18,90	19,7	20,6	23,0	20,1	20,1	21,4
Coliformes Totais (NMP/100mL)		>2419,2*	>2419,2*	P **	P **	P **	P **	>2419,2*	>2419,2*	>2419,2*	P **	>2419,2	P **
Escherichia coli (NMP/100mL)		10,47 *	2,0 *	P **	N **	P **	P **	1,00 *	18,3 *	2,0 *	P **	10,7	P **
Cianobactérias (cél/mL)		728	735	486	546	185,16	5.098,3	1.355,75	4.790,01	2.881,49	3.764,31	13.621,60	2.656,96

Obs.: 1) Coleta realizada com balsa, em superfície, em local próximo ao futuro ponto de captação.

2) * = Técnica utilizada: Substrato Cromogênico-Enzimático.

3) ** = Técnica utilizada: Presença-Ausência.

4) Detecção de cianobactérias: utilização da Câmara de Uthermol (a partir de maio).

5) X = dados não disponíveis.