



Usina Hidrelétrica de Funil

Relatório Ambiental Volume 1



Março 2004



ÍNDICE GERAL

Volume 1

1	INTRODUÇÃO	12
2	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E DA CONSULTORA	13
3	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	15
3.1	LOCALIZAÇÃO	15
3.2	HISTÓRICO	16
3.3	CARACTERIZAÇÃO	22
3.3.1	Usina e Barragem Principal	22
3.3.2	Barragem de Nhangapi	30
3.3.3	Infra-estrutura Associada	31
3.3.4	Disposição de Resíduos Sólidos	35
3.3.5	Reservatório	36
3.3.6	Características Técnicas	36
4	ÁREAS DE INFLUÊNCIA	38
4.1	ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA – AII	38
4.1.1	Meios Físico e Biótico	38
4.1.2	Meio Sócio-econômico	39
4.2	ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – AID	39
4.3	ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA	39
5	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	40
5.1	MEIO FÍSICO	41
5.1.1	Caracterização Geral da Bacia do Rio Paraíba do Sul	41
5.1.2	Caracterização Geral do Reservatório	42
5.1.3	Clima	43
5.1.3.1	Área de Influência Indireta (AII)	43
5.1.3.2	Área de Influência Direta (AID)	44
5.1.4	Recursos Hídricos Superficiais	48
5.1.4.1	Hidrologia – Área de Influência Indireta (AII)	48
5.1.4.2	Hidrologia – Área de Influência Direta (AID)	49
5.1.4.3	Qualidade de Água – Área de Influência Indireta (AII)	54
5.1.4.4	Qualidade de Água – Área de Influência Direta (AID)	57
5.1.4.5	Uso dos Recursos Hídricos – Área de Influência Indireta (AII)	58
5.1.4.6	Uso dos Recursos Hídricos – Área de Influência Direta (AID)	59
5.1.5	Geologia e Geomorfologia	60
5.1.5.1	Área de Influência Indireta (AII)	60
5.1.5.2	Área de Influência Direta (AID)	62
5.1.6	Pedologia	62
5.1.6.1	Área de Influência Indireta (AII)	62

5.1.6.2	Área de Influência Direta (AID)	64
5.1.7	Erosões	65
5.1.7.1	Área de Influência Indireta (AII)	66
5.1.7.2	Área de Influência Direta (AID)	68
5.1.8	Recursos Minerais	74
5.1.8.1	Área de Influência Indireta (AII)	75
5.1.8.2	Área de Influência Direta (AID)	77
5.1.9	Áreas Degradadas	77
5.1.9.1	Área de Influência Indireta (AII)	77
5.1.9.2	Área de Influência Direta (AID)	77
5.1.10	Assoreamento e Estabilidade de Encostas	78
5.2	MEIO BIÓTICO	80
5.2.1	Área de Influência Indireta (AII)	80
5.2.1.1	Cobertura Vegetal e Ocupação do Solo	81
5.2.1.2	Fauna Silvestre	95
5.2.2	Área de Influência Direta (AID)	102
5.2.2.1	Características Limnológicas	108
5.2.2.2	Diagnóstico Limnológico	130

Volume 2

5.3	MEIO SOCIOECONÔMICO	155
5.3.1	Formação Histórica e Aspectos Regionais	156
5.3.2	Patrimônio Arqueológico, Cultural e Histórico	158
5.3.2.1	Contexto Cultural dos Municípios Integrantes da AII da UHE Funil	159
5.3.3	Comunidades Indígenas	166
5.3.4	Uso e Ocupação das Áreas do Entorno do Reservatório	166
5.3.5	Dinâmica Demográfica	167
5.3.6	Nível de Vida	171
5.3.6.1	Educação	178
5.3.6.2	Saúde	180
5.3.6.3	Infra-Estrutura	182
5.3.7	Estrutura Produtiva	184
5.3.7.1	Caracterização dos Setores Econômicos	184
5.3.7.2	Receitas e Despesas Públicas	201
5.3.8	Organização Institucional	213
5.3.9	Relação Comunidade – Empreendimento	215
6	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	219
6.1	IMPACTOS DETECTADOS	220
6.1.1	Ocorrência de processos erosivos	220
6.1.2	Alteração do regime hidrológico	221
6.1.3	Regularização de vazões	221
6.1.4	Eutrofização do reservatório	222
6.1.5	Alteração na qualidade das águas	223
6.1.6	Alteração na composição da ictiofauna	224

6.1.7	Supressão da vegetação	225
6.1.8	Fragmentação e perda de habitats	226
6.1.9	Efeito Estendido de Reservatório.....	227
6.1.10	Alteração da paisagem local.....	227
6.1.11	Valorização das propriedades lindeiras.....	228
6.1.12	Ocupação do entorno do reservatório	228
6.1.13	Desenvolvimento municipal	229
6.1.14	Incremento da receita pública	230
6.1.15	Geração de empregos e renda	230
6.1.16	Migração involuntária das populações residentes	231
6.1.17	Reassentamento da população atingida	231
6.1.18	Perda de áreas produtivas.....	232
6.1.19	Submersão da infra-estrutura viária e de serviços.....	232
6.1.20	Interferência na infra-estrutura geral	233
6.1.21	Geração de resíduos sólidos	234
6.1.22	Geração de energia.....	234
6.1.23	Otimização de energia firme na UHE Santa Cecília e captação de água para o Estado do Rio de Janeiro.....	235
6.2	REDES DE INTERAÇÃO DOS IMPACTOS	239
6.3	RESUMO DOS IMPACTOS	241
7	PROGRAMAS AMBIENTAIS	243
7.1	METODOLOGIA.....	243
7.2	PROGRAMA DE ICTIOFAUNA	243
7.2.1	Introdução.....	243
7.2.2	Objetivo.....	244
7.2.3	Metas.....	244
7.2.4	Justificativa	244
7.2.5	Metodologia	244
7.2.5.1	Localização dos pontos amostrais	244
7.2.5.2	Equipamento	245
7.2.5.3	Conservação das Amostras	246
7.2.5.4	Periodicidade.....	246
7.2.5.5	Cálculo dos índices.....	246
7.2.5.6	Produtos.....	247
7.2.6	Cronograma e Entidades Envolvidas.....	248
7.3	PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	248
7.3.1	Introdução.....	248
7.3.2	Objetivo.....	248
7.3.3	Metas.....	248
7.3.4	Justificativa	249
7.3.5	Metodologia	249
7.3.5.1	Localização dos pontos amostrais	249
7.3.5.2	Equipamentos e parâmetros	249
7.3.5.3	Periodicidade.....	251



7.3.5.4	Cálculo dos Índices.....	251
7.3.5.5	Produtos.....	252
7.3.6	Cronograma e Entidades Envolvidas.....	252
7.4	PROGRAMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	252
7.4.1	Introdução.....	252
7.4.2	Objetivo.....	252
7.4.3	Metas.....	252
7.4.4	Justificativa.....	253
7.4.5	Atividades Previstas.....	253
7.4.6	Produtos.....	253
7.4.7	Cronograma e Entidades Envolvidas.....	254
7.5	PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	254
7.5.1	Introdução.....	254
7.5.2	Objetivo.....	254
7.5.3	Metas.....	254
7.5.4	Justificativa.....	254
7.5.5	Atividades Previstas.....	255
7.5.5.1	A Revegetação das Margens.....	256
7.5.5.2	Procedimentos Gerais.....	261
7.5.6	Produtos.....	262
7.5.7	Cronograma e Entidades Envolvidas.....	262
7.6	PROGRAMA DE SEGURANÇA DA BARRAGEM.....	263
7.6.1	Introdução.....	263
7.6.2	Objetivos.....	263
7.6.3	Metas.....	263
7.6.4	Justificativa.....	263
7.6.5	Atividades Previstas.....	263
7.6.6	Produtos.....	264
7.6.7	Cronograma e Entidades Envolvidas.....	264
7.7	PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO.....	264
7.7.1	Introdução.....	264
7.7.2	Objetivo.....	265
7.7.3	Metas.....	265
7.7.4	Justificativa.....	265
7.7.5	Atividades Desenvolvidas.....	265
7.7.6	Produtos.....	265
7.7.7	Cronograma e Entidades Envolvidas.....	265
8	PROPOSTA PARA A RESOLUÇÃO CONAMA 02/96.....	266
9	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	268
10	LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	283
11	EQUIPE TÉCNICA.....	285

Índice de Tabelas

Volume 1

Tabela 1 – Características gerais do reservatório da UHE Funil.....	36
Tabela 2 – Características gerais de operação da UHE Funil.....	37
Tabela 3 – Valores de IQA utilizados no Estado de São Paulo.....	55
Tabela 4 – Índice de Qualidade das Águas – IQA – 2001 E 2002.	56
Tabela 5 – Dados gerais de demandas de três municípios da UGRHI – 02 (ICF-Kaiser & Logos, 1999).....	58
Tabela 6 – Vazões captadas, consumidas e cargas de DBO a montante da UHE Funil.	58
Tabela 7 – Tipos de solo encontrados nas áreas de influência da UHE Funil.	63
Tabela 8 – Áreas de interesse mineral nas áreas de influência da UHE Funil.	75
Tabela 9 – Índices de Riqueza (S), Diversidade (H') e Equitabilidade (E), Densidade e outras condições do dossel e do sub-bosque nos fragmentos florestais estudados no entorno do reservatório da UHE Funil.....	86
Tabela 10 – Classes de Uso nas Áreas de Influência do Empreendimento	90
Tabela 11 – Tamanho de malha (comprimento e altura (m)) utilizados na pesca experimental no reservatório da UHE Funil de 2000 a 2002.....	106
Tabela 12 – Grupos tróficos considerados para a caracterização da estrutura trófica da ictiofauna do reservatório da UHE Funil.....	108
Tabela 13 – Lista de espécies do fitoplâncton encontradas no reservatório da UHE Funil de 2000 a 2001.....	118
Tabela 14 – Posição taxonômica e nome popular das espécies capturadas na pesca experimental no reservatório da UHE Funil no período de 2000-2002.....	124
Tabela 15 – Espécies capturadas de 2000 a 2002 no reservatório de Funil , com seu nome popular, abundância relativa e hábito alimentar.	125
Tabela 16 – Número de indivíduos capturados, média e desvio padrão, amplitude de comprimento (Cmax e Cmin) e peso(Pmax e Pmin) das espécies encontradas no reservatório da UHE Funil no período de 2000 a 2002.....	129

Volume 2

Tabela 17 – População Total do Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e da All da UHE Funil, 1960/1970/1980/1991/2000.	168
Tabela 18 – Taxa de Fecundidade no Rio de Janeiro, São Paulo e na All da UHE Funil, em 1991/2000	170
Tabela 19 – Taxas de População Urbana e Rural, no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na All da UHE Funil, em 1970/1980/1991/2000	170
Tabela 20 – Escores do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Brasil, Rio de Janeiro e São Paulo e do IDHM na All da UHE Funil – 1970/1980/1991/2000	173
Tabela 21 – Índice de Desenvolvimento Humano para Educação no Brasil, Rio de Janeiro e São Paulo e na All da UHE Funil – 1970/1980/1991/2000.....	174
Tabela 22 – Índice de Desenvolvimento Humano para Longevidade no Brasil, Rio de Janeiro e São Paulo e na All da UHE Funil – 1970/1980/1991/2000.....	175
Tabela 23 – Índice de Desenvolvimento Humano para Renda no Brasil, Rio de Janeiro e São Paulo e na All da UHE Funil – 1970/1980/1991/2000	175
Tabela 24 – Índice de Gini para Concentração de Renda, no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na All da UHE Funil–1991/2000.....	176
Tabela 25 – Intensidade de Pobreza e Percentagem de Pessoas Pobres no Rio de Janeiro, São Paulo e na All da UHE Funil–1991/2000	177

Tabela 26 – Estabelecimentos de Ensino Fundamental (nº), Médio e Superior na AII da UHE Funil, em 2000	178
Tabela 27 – Taxa de Analfabetismo, População com 15 anos e mais (%), no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, 1970/1980/1991/2000	179
Tabela 28 – Defasagem Escolar Média de Crianças entre 10 e 14 anos, no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, 1970, 1980, 1991	180
Tabela 29 – Número de Hospitais e Coeficientes de Leitos (por 1.000 hab.) na AII da UHE Funil, dezembro de 2002.....	181
Tabela 30 – Esperança de Vida ao Nascer (anos), no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, em 1970/1980/1991/2000	181
Tabela 31 – Percentual da População com Abastecimento de Água Adequado, no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, em 1970/1980/1991/2000	182
Tabela 32 – Percentual de Pessoas com acesso a Rede de Esgoto, no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, em 1970/1980/1991	183
Tabela 33 – Percentual de Moradores com acesso ao Serviço Coleta de Lixo, no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e AII da UHE Funil, em 1991/2000.....	183
Tabela 34 – Percentual de Pessoas que Vivem em Domicílios com Energia Elétrica, no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, em 1991/2000.....	184
Tabela 35 – Taxas médias anuais de crescimento do PIB – Brasil, MG, SP e municípios da AII da UHE Funil(1970-1996)	186
Tabela 36 – Utilização da Terra na AII da UHE Funil, em 1970 /1975/ 1980/ 1985/ 1995-96	189
Tabela 37 – Valor Nominal da Produção Agropecuária*, sem a Indústria Rural, no Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, em 1970/1975/1980/1985/1996 (R\$ mil).....	191
Tabela 38 – Número Total de Tratores, no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, em 1970/1975/1980/1995	191
Tabela 39 – Área Plantada (ha) das Lavouras Temporárias e Lavouras Permanentes no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, em 2002	192
Tabela 40 – Principais Efetivos Pecuários* do Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e AII da UHE Funil, em 1996.	193
Tabela 41 – Estabelecimentos Produtivos nos Municípios da AII, 2001.....	194
Tabela 42 – Consumidores de Energia por Classe (Industrial, Comercial, Rural) na AII, 1996-2000	195
Tabela 43 – População em Idade Ativa (PIA) e Emprego Formal nos municípios da AII da UHE Funil, 2001	195
Tabela 44 – Resende: Locais turísticos mais procurados.....	199
Tabela 45 – Número de agências bancárias existentes nos municípios da AII, 2002.....	201
Tabela 46 – Receita Públicas dos Municípios da AII (2001)	202
Tabela 47 – Compensação Financeira paga aos municípios da AII (1997-2002).....	208
Tabela 48 – Estrutura das Despesas Públicas da AII, 2001	211
Tabela 49 – Instrumentos de Planejamento Municipal na AII, 2001.....	213
Tabela 50 – Resumo dos Convênios assinados com o Governo Federal pelos Municípios da AII da UHE de Funil, 1996-2004. (valores em Reais)	214
Tabela 51 – Matriz de Avaliação de Impactos Quali-Quantitativa (fl.1/3)	236
Tabela 52 – Espécies utilizadas – Ano Agrícola 2001/2002.	259

Índice de Figuras

Volume 1

Figura 1 – Sistema FURNAS de Geração e Transmissão de Energia (FONTE: FURNAS).	14
Figura 2 – Esquema ilustrativo da barragem de Nhangapi e do Canal de Vazão do ribeirão Itatiaia (FONTE: FURNAS).	19
Figura 3 – Desenho esquemático de uma turbina tipo Francis (FONTE: Comitê Brasileiro de Grandes Barragens – CBGB).	27
Figura 4 – Vista da Bacia do Paraíba do Sul.	42
Figura 5 – Forma do reservatório da UHE Funil.	42
Figura 6 – Perfil da variação pluviométrica na região da UHE Funil (período 1972-1994) (FONTE: Diagnóstico Ambiental do Reservatório de Funil).	45
Figura 7 – Pontos de amostragem de qualidade da água (CETESB e FEEMA).	55
Figura 8 – Perfis de temperatura da coluna d' água no ano de 2001.	110
Figura 9 – Perfis de oxigênio dissolvido na coluna d' água nos três locais de amostragem do reservatório de Funil realizados durante o ano de 2001.	111
Figura 10 – Transparência da coluna d' água nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	112
Figura 11 – Valores de pH registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	113
Figura 12 – Valores de condutividade registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	113
Figura 13 – Valores de amônia registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	113
Figura 14 – Valores de nitrito registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	114
Figura 15 – Valores de nitrato registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	114
Figura 16 – Valores de nitrogênio total Kjeldahl registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	115
Figura 17 – Concentrações de ortofosfato nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	115
Figura 18 – Concentrações de P-total registradas nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	116
Figura 19 – Concentrações de silicato registradas na zona eufótica, nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	116
Figura 20 – Sólidos totais em suspensão registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	116
Figura 21 – Concentração de clorofila registradas nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).	117
Figura 22 – Abundância total (Indivíduos/ml) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante os anos 2000 e 2001.	119
Figura 23 – Número de indivíduos por divisão algal nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante os anos de 2000 e 2001.	120
Figura 24 – Diversidade (H') da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante os anos de 2000 e 2001.	121
Figura 25 – Abundância total (Indivíduos/m ³) da comunidade zooplanctônica nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante o ano 2001.	121

Figura 26 – Abundância de grupos zooplancônicos nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante o ano 2001.....	122
Figura 27 – Abundância relativa por tamanho de malha das espécies capturadas no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil .	126
Figura 28 – Abundância relativa das principais espécies no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil	126
Figura 29 – CPUE média de número e peso por tamanho de malha das quatro espécies mais capturadas no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil	127
Figura 30 – Diversidade (Shanon-Wiener) e Riqueza de espécies no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil (Fonte: FURNAS, 2001).....	128
Figura 31 – Abundância relativa dos principais grupos tróficos encontrados no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil	128

Volume 2

Figura 32 – Mapa da malha ferroviária do estado de São Paulo, com destaque para a Estrada de Ferro São Paulo Railway (FONTE: www.estacoesferroviarias.com.br).....	160
Figura 33 – Percentual de Pessoas entre 18 e 22 anos com Acesso ao Ensino Superior na Região Sudeste, em 2000 (Fonte: IPEA – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil).....	179
Figura 34 – Percentual de Pessoas que vivem em Domicílios com Água Encanada na Região Sudeste, 2000 (Fonte: IPEA: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil).....	182
Figura 35 – Representação topológica da localização das principais usinas com capacidade superior a 30 MW (FONTE: GRUPO DA COORDENAÇÃO INTERLIGADA – GCOI, 1997).....	209
Figura 36 – Pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil – FL10 (ictiofauna) e FL20, FL30 e FL40 (qualidade da água).....	245
Figura 37 – Classificação das Áreas Marginais do Reservatório.....	262
Figura 38 – Esquema demonstrativo do sistema implantado na barragem (FONTE: FURNAS).....	264

Índice de Fotos

Volume 1

Foto 1 – Vista do reservatório de Funil (FONTE: FURNAS).....	16
Foto 2 – Vista do Salto do Funil (FONTE: FURNAS).....	18
Foto 3 – Maquete da Barragem e da Casa de Força (FONTE: FURNAS)	20
Foto 4 – Vista da construção da Barragem Auxiliar de Nhangapi (FONTE: FURNAS).....	20
Foto 5 – Vista da construção da Barragem Principal (FONTE: FURNAS).....	21
Foto 6 – Vista da colocação das turbinas (FONTE: FURNAS).	21
Foto 7 – Vista aérea da Barragem após o enchimento do reservatório (FONTE: FURNAS).	22
Foto 8 – Vista do vertedouro da margem esquerda (FONTE: MRS).....	23
Foto 9 – Maquete da usina, mostrando as torres da tomada d'água (FONTE: MRS).....	23
Foto 10 – Maquete da barragem (foto original em preto e branco) mostrando as torres da tomada d'água (FONTE: FURNAS).	24
Foto 11 – Vista da válvula difusora, a jusante da casa de força (FONTE: FURNAS).	24
Foto 12 – Conduto forçado, no interior da casa de força (FONTE: MRS).	25
Foto 13 – Vista da casa de força da usina (FONTE: MRS).....	26
Foto 14 – Vista da sala de controle da UHE Funil (FONTE: MRS).....	26
Foto 15 – Vista dos transformadores principais (FONTE: MRS).....	27
Foto 16 – Vista do eixo da turbina, com o gerador acima e a turbina abaixo (FONTE: MRS).....	28
Foto 17 – Plataforma dos geradores (FONTE: MRS).	29
Foto 18 – Vista da ponte rolante da plataforma dos geradores (FONTE: MRS).....	29
Foto 19 – Vista do Dique de Nhangapi (FONTE: MRS).....	31
Foto 20 – Vista da subestação principal de 138 kV (FONTE: MRS).	32
Foto 21 – Vista do escritório do Horto Florestal (FONTE: MRS).....	32
Foto 22 – Vista dos canteiros de produção de mudas (FONTE: MRS).	33
Foto 23 – Vista da praça da Vila Residencial de FURNAS (FONTE: MRS).	33
Foto 24 – Vista do Hotel (FONTE: MRS).	34
Foto 25 – Vista da Estação de Tratamento de Água – ETA da Vila Residencial (FONTE: MRS).	34
Foto 26 – Vista de erosão localizada às margens do rio Paraíba do Sul, em trecho situado ao lado da Via Presidente Dutra (FONTE: MRS).	67
Foto 27 – Vista da erosão em detalhe (Localização: Mapa 11, Foto 13) (FONTE: MRS).	67
Foto 28 – Vista de ponto de erosão na margem do reservatório de Funil registrado em 1993 (FONTE: FURNAS).	68
Foto 29 – Vista de ponto de erosão na margem do reservatório de Funil registrado em 1993 (FONTE: FURNAS).	69
Foto 30 – Vista de erosão localizada próximo à UHE Funil (FONTE: MRS).....	70
Foto 31 – Área de erosão no reservatório de Funil (FONTE: MRS).....	70
Foto 32 – Vista aérea uma erosão (FONTE: MRS)	70
Foto 33 – Vista de uma das erosões (FONTE: MRS).....	70
Foto 34 – Vista aérea de erosão (FONTE: MRS).	70
Foto 35 – Vista de ponto de erosão (FONTE: MRS).....	70
Foto 36 – Vista de erosão com área de pastagem (FONTE: MRS).	71
Foto 37 – Vista de várias erosões (FONTE: MRS).....	71
Foto 38 – Vista de dois pontos de erosão (FONTE: MRS).	71
Foto 39 – Vista de uma erosão e um pequeno fragmento de mata secundária (FONTE: MRS).....	71
Foto 40 – Vista das erosões localizadas em frente ao Dique de Nhangapi (FONTE: MRS).	71
Foto 41 – Vista das erosões de Nhangapi em aproximação (FONTE: MRS).	71

Foto 42 – Vista da erosão em frente a Nhangapi (FONTE: MRS).....	72
Foto 43 – Detalhe da erosão em Nhangapi (FONTE: MRS).....	72
Foto 44 – Vista de erosão na margem do reservatório (FONTE: MRS).....	72
Foto 45 – Vista de outro ponto de erosão em sentido norte (FONTE: MRS).....	72
Foto 46 – Vista da erosão, sentido sul (FONTE: MRS).....	72
Foto 47 – Vista de outro ponto de erosão, sentido sul (FONTE: MRS).....	72
Foto 48 – Vista de uma erosão com fragmento de mata secundária ao fundo (FONTE: MRS).....	73
Foto 49 – Vista de solapamento ao lado em área de plantio de eucaliptos às margens do reservatório (FONTE: MRS).....	73
Foto 50 – Vista de uma erosão em uma ilha do reservatório (FONTE: MRS).....	73
Foto 51 – Vista de um ponto de erosão (FONTE: MRS).....	73
Foto 52 – Vista de ponto de erosão (FONTE: MRS).....	73
Foto 53 – Vista de erosão na margem do reservatório (FONTE: MRS).....	73
Foto 54 – Área de exploração mineral localizada próximo à cidade de Queluz (All) (FONTE: MRS)..	76
Foto 55 – Área de exploração mineral (draga) no rio Paraíba do Sul (FONTE: MRS).....	76
Foto 56 – Área de dragagem na margem do rio Paraíba do Sul em detalhe (FONTE: MRS).....	77
Foto 57 – Área de empréstimo da construção do Dique de Nhangapi, que resultou em erosão no local (FONTE: MRS).....	78
Foto 58 – Vista de uma erosão localizada na margem do reservatório em detalhe, apresentando a deposição de material proveniente do solapamento (FONTE: MRS).....	79

Volume 2

Foto 59 – UHE Funil (forma de abóboda).....	156
Foto 60 – Estação Ferroviária de Queluz (SP) (FONTE: www.estacoesferroviarias.com.br).....	162
Foto 61 – Estação Ferroviária de São José do Barreiro (SP) (FONTE: www.estacoesferroviarias.com.br).....	162
Foto 62 – Vista das Indústrias Nucleares do Brasil – INB com o reservatório da UHE Funil ao fundo (FONTE: MRS).....	198
Foto 63 – Reservatório da UHE Funil com indicação de presença de algas (FONTE: MRS).....	222
Foto 64 – Vista da entrada do Horto Florestal da UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	256
Foto 65 – Horto da UHE Funil (FONTE: MRS).....	257
Foto 66 – Horto da UHE Funil (FONTE: MRS).....	257
Foto 67 – Seleção de frutos (FONTE: FURNAS).....	258
Foto 68 – Plantio em saquinhos (FONTE: MRS).....	258
Foto 69 – Área de beneficiamento (FONTE: MRS).....	258
Foto 70 – Mudras em detalhe (FONTE: MRS).....	258
Foto 71 – Processo de irrigação (FONTE: FURNAS).....	259

Índice de Gráficos

Volume 1

Gráfico 1 – Níveis médios mensais do reservatório no período 1999 – 2002 (FONTE: FURNAS).....	43
Gráfico 2 – Pluviosidade mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	45
Gráfico 3 – Evaporação mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	46
Gráfico 4 – Temperatura média mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	46
Gráfico 5 – Umidade do ar média mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	47
Gráfico 6 – Velocidade do vento média mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	47
Gráfico 7 – Relação cota x área do reservatório da UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	50
Gráfico 8 – Relação cota x volume do reservatório da UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	50
Gráfico 9 – Vazões afluentes e defluentes máximas mensais (FONTE: FURNAS).....	51
Gráfico 10 - Vazões afluentes e defluentes médias mensais (FONTE: FURNAS).....	52
Gráfico 11 - Vazões afluentes e defluentes mínimas mensais (FONTE: FURNAS).....	52
Gráfico 12 – Vazões afluentes da UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	53
Gráfico 13 – Vazões defluentes da UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	53
Gráfico 14 – Vazões turbinadas e vertidas da UHE Funil (FONTE: FURNAS).....	54

Volume 2

Gráfico 15 – Taxas de Crescimento Demográfico no Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e na AII da UHE Funil, 1960/70; 1970/80; 1980/91; 1991/2000 (Fonte: IPEA – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil / IBGE – Censo Demográfico (Elaboração dos autores)).....	169
Gráfico 16 – Estrutura Etária da População na AII da UHE Funil, em 2003 (Fonte: DataSUS/IBGE - Censos e Estimativas (Elaboração dos Autores)).....	171
Gráfico 17 – Índices do PIB - Brasil, SP, RJ e Municípios da AII, da UHE Funil, 1970-1996 (1970=100) (FONTE: Ipeadata).....	185
Gráfico 18 – Evolução do PIB do município de Resende, 1970-1985. (Fonte: Ipeadata).....	187
Gráfico 19 – Evolução do PIB agregado da AII da UHE Funil por setores econômicos, 1970-1985 .	187
Gráfico 20 – PIB dos municípios da AII da UHE Funil, 1970-1996.....	188
Gráfico 21 – Efeito Substituição de Utilização da Terra para a AII da UHE Funil, 1970-1996 (Fonte: IPEA – Ipeadata (Elaboração dos Autores)).....	189
Gráfico 22 – Total de Bovinos na AII, em 1970/1975/1980/1985/1996 (Fonte: IPEA – Ipeadata/Dados Regionais (Elaboração dos Autores)).....	190
Gráfico 23 – Emprego Formal, como proporção da PIA – Brasil, São Paulo, Rio de Janeiro e Municípios da AII (Fonte: IBGE e CAGED).....	196
Gráfico 24 – Estabelecimentos, Pessoal Ocupado e Remuneração da AII, 2001 (Fonte ; IBGE).....	200
Gráfico 25 – Participação dos municípios nas receitas totais da AII, 2001 (Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional (MF)).....	204
Gráfico 26 – Receita <i>Per Capita</i> dos Municípios da AII, de São Paulo, Minas Gerais e do Brasil, 2001 (Fonte: elaborado a partir dos dados da Secretaria do Tesouro Nacional(MF)).....	205
Gráfico 27 – Valores anuais de CFURH repassados aos Municípios da AII, pela energia gerada pela UHE Funil, 1995-2002 (Fonte: ANEEL).....	207
Gráfico 28 – Participação dos Recursos da Compensação Financeira nas Receitas (total e tributária) dos Municípios da AII (Fonte ANEEL e FINBRA).....	208
Gráfico 29 – Dispendios selecionados como proporção dos Gastos Totais – Brasil, São Paulo, Rio de Janeiro e os Municípios da AII (Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional - Finanças do Brasil, 2001).....	210

1 INTRODUÇÃO

A construção de uma barragem e a formação do seu reservatório é uma das atividades humanas que modificam as condições naturais do ambiente, especialmente de um curso d'água e da paisagem. Este processo de transformação do ambiente repercute nos meios físico, biótico e socioeconômico a curto, médio e longo prazos.

A Usina Hidrelétrica Funil está localizada no município de Itatiaia, a oeste do Estado do Rio de Janeiro. O reservatório da usina, formado a partir de barramento no rio Paraíba do Sul, apresenta uma área inundada de 40 km², inserida nos municípios de Resende e Itatiaia, no Estado do Rio de Janeiro, e Queluz, Areias e São José do Barreiro no Estado de São Paulo.

Por ter sido construída em período anterior à promulgação da Política Nacional de Meio Ambiente, de 31/08/81, não houve exigência de Licenciamento Ambiental. Contudo, a Resolução nº 006/87, Art. 12º, § 5º, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente aquelas nas quais a União tenha interesse relevante, como a geração de energia elétrica, estabelece que os empreendimentos que entraram em operação em data anterior a 1º de fevereiro de 1986, devem ser regularizados mediante a obtenção da Licença de Operação (L.O.) sem a necessidade de apresentação de RIMA.

A Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, estabelece em seu art. 4º que compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, localizadas ou desenvolvidas em dois ou mais estados, o que remete o licenciamento da UHE Funil ao âmbito federal, pois esta tem sua área inundada localizada nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Nesse caso particular, o IBAMA, ressalvada sua competência supletiva, poderia delegar aos estados o licenciamento em foco, uniformizando, quando possível, as exigências. Mediante consulta formal do empreendedor, FURNAS Centrais Elétricas S.A., o IBAMA assumiu, oficialmente, o licenciamento ambiental da UHE Funil, tendo orientado a empresa a elaborar um Relatório Ambiental, segundo as diretrizes do "Termo de Referência para Estudo Ambiental referente à regularização das Usinas Hidrelétricas implantadas antes de 1986", emitido pelo IBAMA em outubro de 2000.

Esse relatório ambiental visa, portanto, obter a Licença de Operação da UHE Funil, mediante atendimento das diretrizes estabelecidas pelo Termo de Referência supracitado, contemplando a descrição geral do empreendimento e dos fatos históricos relevantes; a caracterização dos meios físico, biótico e antrópico da sua área de influência; os impactos ambientais provocados pelo empreendimento; e as medidas mitigadoras e/ou compensatórias adotadas ou em vias de adoção.

2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E DA CONSULTORA

FURNAS Centrais Elétricas S.A., responsável por 66% de toda a energia consumida no País, é administrada indiretamente pelo Governo Federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, e controlada pela ELETROBRÁS.

A Empresa conta com dez usinas hidrelétricas e duas termelétricas, 43 subestações e mais de 18.000 km de linhas de transmissão, atendendo ao Distrito Federal, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Goiás, Tocantins, Mato Grosso e Paraná (Figura 1).

A seguir são apresentados os dados referentes à identificação do Empreendedor, da UHE Funil e da consultora contratada para execução do presente Relatório, a MRS Estudos Ambientais Ltda.

Empreendedor	
Razão Social: FURNAS Centrais Elétricas S. A. CNPJ: 23.274.194/0001-19 Endereço: Rua Real Grandeza, 219 – Botafogo – Rio de Janeiro – RJ – CEP: 22.283-900	
Usina	
Razão Social: FURNAS Centrais Elétricas S. A. CNPJ: 23.274.194/0019-48 Endereço: Rodovia Presidente Dutra, km 318 – Itatiaia – RJ – CEP: 27.580-000	
Consultora	
MRS Estudos Ambientais Ltda.	
CTF: 196572	CREA: 82.171
Matriz: Rua Barros Cassal, 738 – Bom Fim – Porto Alegre, RS – CEP: 90.035-030 Fone/Fax: (51) 3029-0068 – e-mail: mrs@mrsrs.com.br	
Filial: SCN Quadra 5, Bloco A, sala 1.108 – Brasília Shopping – Asa Norte – Brasília, DF CEP: 70.715-970 – Fone/Fax: (61) 3201-1800 – e-mail: mrs@mrsdf.com.br	

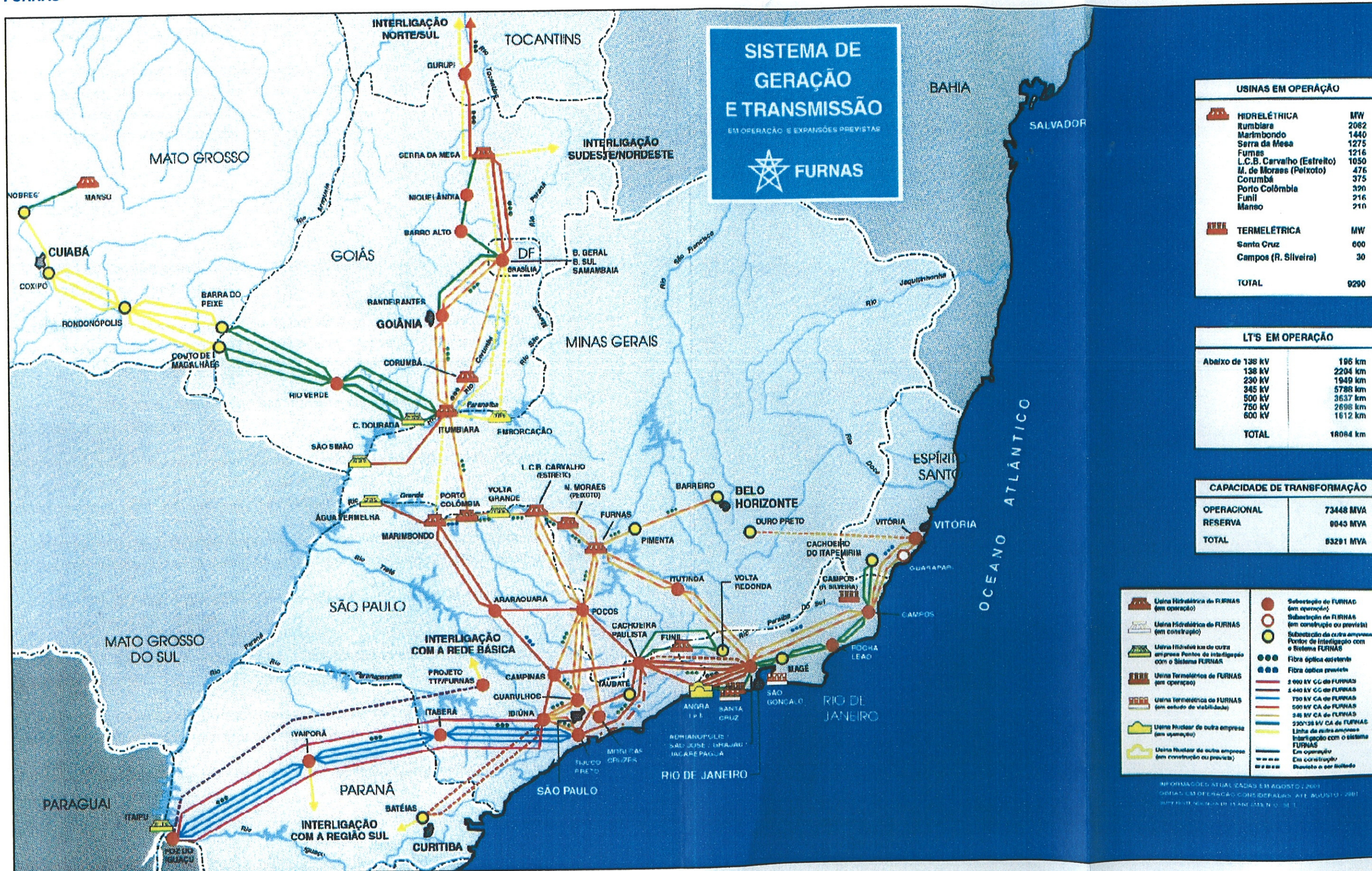


Figura 1 – Sistema FURNAS de Geração e Transmissão de Energia (FONTE: FURNAS).

3 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Segundo o termo de referência emitido pelo IBAMA, o conhecimento dos fatos decorrentes da implantação de uma usina hidrelétrica, mesmo que ocorridos há vários anos, se faz importante para que seja possível a adequação do empreendimento aos parâmetros de uso sustentável dos recursos naturais.

3.1 LOCALIZAÇÃO

A UHE Funil está localizada no curso médio do rio Paraíba do Sul, a 22°31'43" de Latitude Sul, 44°34'02" de Longitude Oeste, e a 402,00 metros acima do nível do mar, na região oeste do Estado do Rio de Janeiro.

A distância entre a usina e o município de Itatiaia é de 4 km, até Resende são 21 km e até a cidade do Rio de Janeiro são 180 km. A cidade de Queluz, já no estado de São Paulo, está localizada a 26 km a montante da usina, distando 273 km da cidade de São Paulo.

As cidades limítrofes ao reservatório são: Itatiaia - RJ, Resende - RJ, Queluz - SP, Areias - SP e São José do Barreiro - SP.

O acesso à usina é realizado pela rodovia Presidente Dutra (BR – 116). Partindo do Rio de Janeiro são 176 Km até o trevo de acesso à Itatiaia. De São Paulo, são 269 km até o mesmo trevo. A partir daí, percorre-se 4 km em estrada asfaltada, até a sede da usina.

O reservatório (Foto 1) localiza-se na bacia do Atlântico Leste, na sub-bacia do rio Paraíba do Sul, sendo influenciado, a montante, principalmente pelos rios Paraitinga e Paraibuna.

As usinas localizadas a montante são: Paraibuna – SP – CESP, Santa Branca – SP – LIGHT e Jaguari – SP – CESP.

O Mapa 01 – Situação (Anexo), mostra a localização exata da usina nos contextos local, regional e Nacional.

O Mapa 02 – Localização (Anexo) mostra os barramentos, as cidades, as estradas e as bacias hidrográficas onde se insere o empreendimento.

O Mapa 03 – Reservatório e Usina (Anexo) mostra o reservatório e a usina em maior detalhe.



Foto 1 – Vista do reservatório de Funil (FONTE: FURNAS).

3.2 HISTÓRICO

A criação de FURNAS foi decorrente da necessidade de solucionar uma grave crise energética que afetava Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte, três das principais cidades do país, no final da década de 50 e início da década de 60.

Em 28 de fevereiro de 1957, por meio do Decreto Federal nº 41.066, foi criada a Central Elétrica de FURNAS S.A., com o objetivo de criar e operar a primeira usina hidrelétrica brasileira de grande porte. A UHE Furnas (1ª usina de FURNAS) começou a operar em 1963, próximo à cidade de Passos - MG, funcionando como sede da companhia até junho de 1971, quando esta se transferiu para o Rio de Janeiro, onde se encontra até hoje. Ainda no ano de 1971, a denominação da empresa passou a ser FURNAS Centrais Elétricas S.A..

A Usina de Funil

O aproveitamento hidrelétrico de Funil constituiu uma das principais etapas da exploração do potencial existente no rio Paraíba do Sul. Depois das usinas do Sistema LIGHT e da Companhia Brasileira de Energia Elétrica, que possuíam algumas usinas operando desde o início do século, Funil se integrou ao sistema de geração do Centro-Sul com grande vantagem, por estar localizada próxima aos grandes centros consumidores dos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo.

A usina foi construída no local conhecido como Salto do Funil, situado no médio curso do rio Paraíba do Sul (Foto 2), no estado do Rio de Janeiro.

O aproveitamento de Funil foi inicialmente previsto na década de 30, com o objetivo de permitir a eletrificação da Estrada de Ferro Central do Brasil (EFCB). Em 1954, o projeto para a construção da usina foi incluído no Plano Nacional de Eletrificação, quando foram iniciados os estudos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE/SP), concluindo os trabalhos somente em 1960. A partir de 1956, a Comissão de Desenvolvimento Econômico do Vale do Paraíba iniciou sua participação no projeto, visando a regularização da vazão do rio Paraíba do Sul, função que é desempenhada pela UHE Funil.

Coube à SERVIX Engenharia S. A., a concepção original do projeto, sob a supervisão da Comissão Especial de Estudos do Salto-Funil, instituída pelo Decreto nº 38.970, de 04 de abril de 1956. Três anos mais tarde, o Decreto nº 46.170, de 04 de junho de 1959, criou um grupo de trabalho no âmbito do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), com a missão de estabelecer as bases econômicas de viabilização do projeto, com recursos provenientes do Fundo Federal de Eletrificação (FFE) e aprovados por meio do Decreto nº 47.810, de 22 de fevereiro de 1960.

A Companhia Hidrelétrica do Vale do Paraíba (CHEVAP), foi criada e organizada especialmente para executar o projeto. As obras iniciaram-se em 1961, tendo sido transferidas, em 14 de abril de 1967, à Central Elétrica de FURNAS.

O projeto civil da usina foi elaborado pela COBA - Consultores de Barragens e Aproveitamentos Hidráulicos Ltda., de Portugal, e pela Geotécnica S.A., responsável pelo dique de Nhangapi. As partes elétrica e mecânica foram projetadas pelo consórcio TECHINT - SADE - COTECOSA e concluído pela Engevix S.A. - Estudos e Projetos de Engenharia.

A construção foi realizada pela Christiani Nielsen S.A. - Engenheiros e Construtores e pelo consórcio Stenobrás (Servix Engenharia S.A. e Construtora Cavalcanti Junqueira S. A.). A montagem dos equipamentos elétricos e mecânicos coube ao Consórcio TECHINT - SADE - COTECOSA, sendo todos os serviços fiscalizados por técnicos de FURNAS.



Foto 2 – Vista do Salto do Funil¹ (FONTE: FURNAS).

Para evitar a inundação de trechos da rodovia Presidente Dutra e da Estrada de Ferro Central do Brasil, foi projetado e construído o Dique Auxiliar de Nhangapi, em aterro compactado. Com a construção desta Barragem Auxiliar, o leito do ribeirão Itatiaia ficou obstruído, sendo necessária a criação de um canal de desvio. O canal possui 1.900 metros de comprimento e corre paralelamente ao Dique de Nhangapi, até entrar num túnel de 3.500 metros de comprimento, que faz com que as águas do ribeirão Itatiaia desemboquem no rio Paraíba do Sul, a cerca de 1.000 metros a jusante da usina (Figura 2).

¹ Foto originalmente em preto e branco.

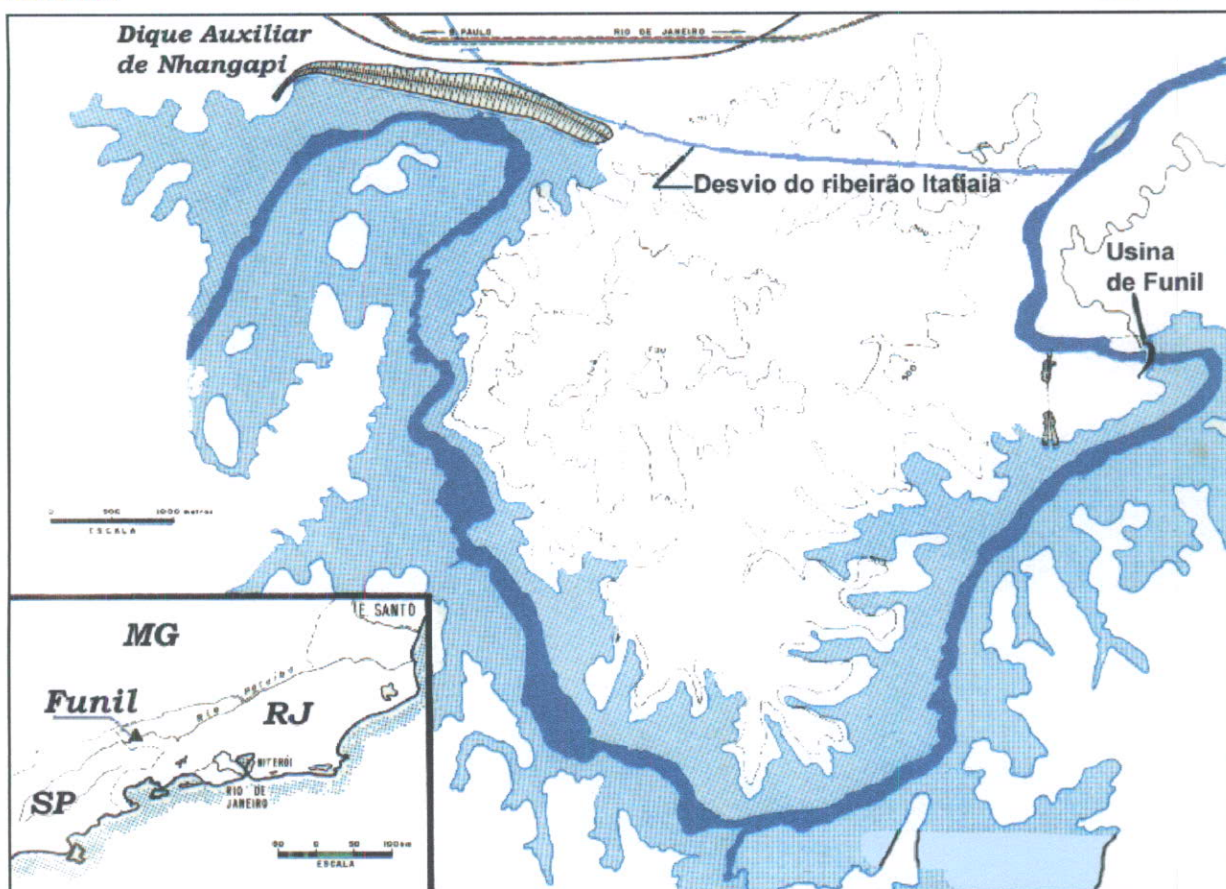


Figura 2 – Esquema ilustrativo da barragem de Nhangapi e do Canal de Vazão do ribeirão Itatiaia (FONTE: FURNAS).

As turbinas foram fornecidas pela Ansaldo Giorgio (Itália) e pela COEMSA – Construções Eletromecânicas S.A., do estado do Rio Grande do Sul. Os geradores foram fabricados pela General Eletric do Brasil S. A.. Também participaram do fornecimento de equipamentos as seguintes empresas:

- Bardella S.A. Indústrias Mecânicas, com as pontes rolantes e as comportas do vertedouro da margem direita;
- Mecânica Pesada S.A., com comportas e stop-log;
- Companhia Industrial Santa Matilde, com comportas de ensecadeira e grades de proteção;
- Voith S.A., com a válvula de descarga de fundo.

O fechamento da galeria de desvio do rio Paraíba do Sul para enchimento do reservatório foi concluído no dia 08 de junho de 1969. A partir deste ano, até abril de 1970, as três unidades geradoras entraram em operação comercial, a unidade 2 em 17 de dezembro de 1969, a



unidade 1 em 20 de março de 1970 e a unidade 3 em 20 de abril de 1970, totalizando 216 MW de capacidade instalada.

As fotos a seguir mostram a construção da UHE Funil.

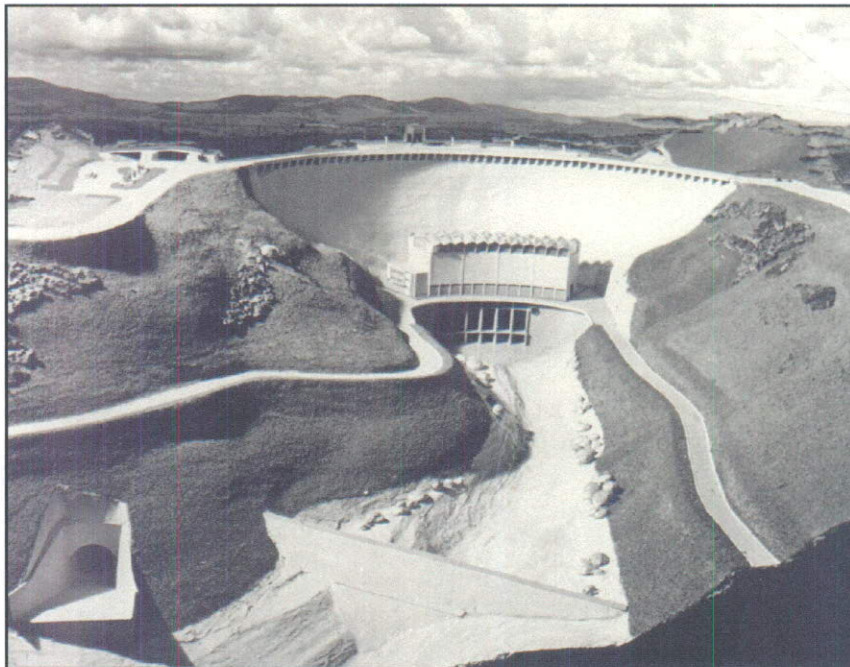


Foto 3 – Maquete da Barragem e da Casa de Força (FONTE: FURNAS)



Foto 4 – Vista da construção da Barragem Auxiliar de Nhangapi (FONTE: FURNAS).

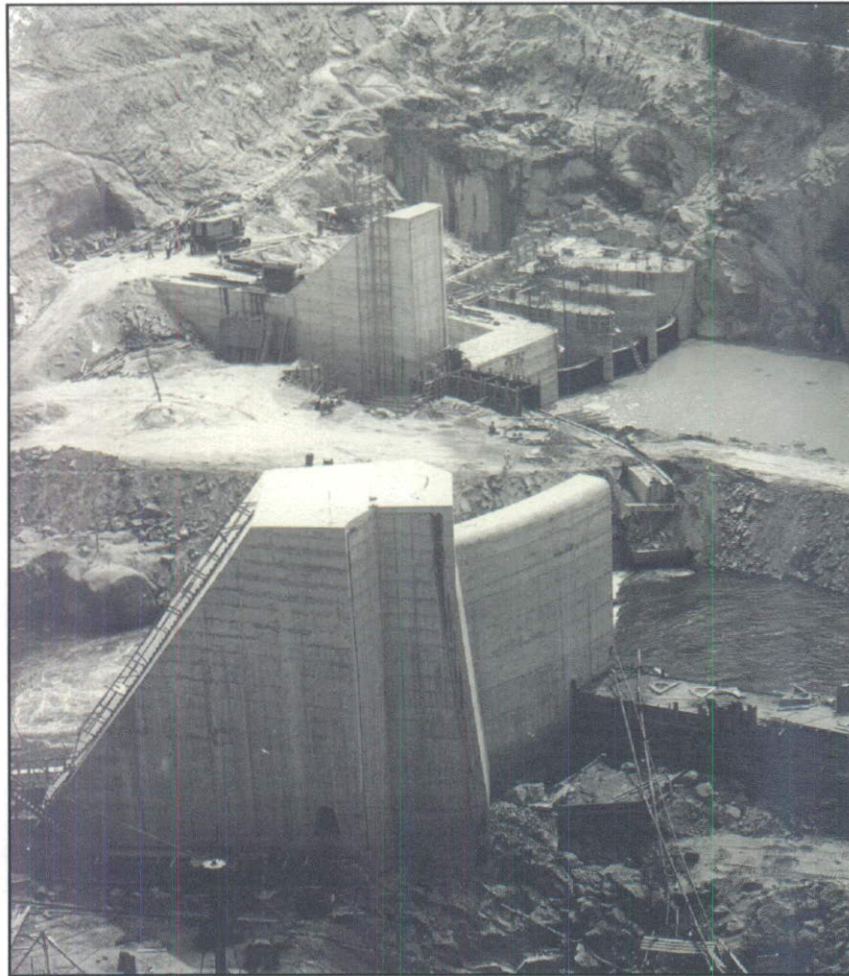


Foto 5 – Vista da construção da Barragem Principal (FONTE: FURNAS).

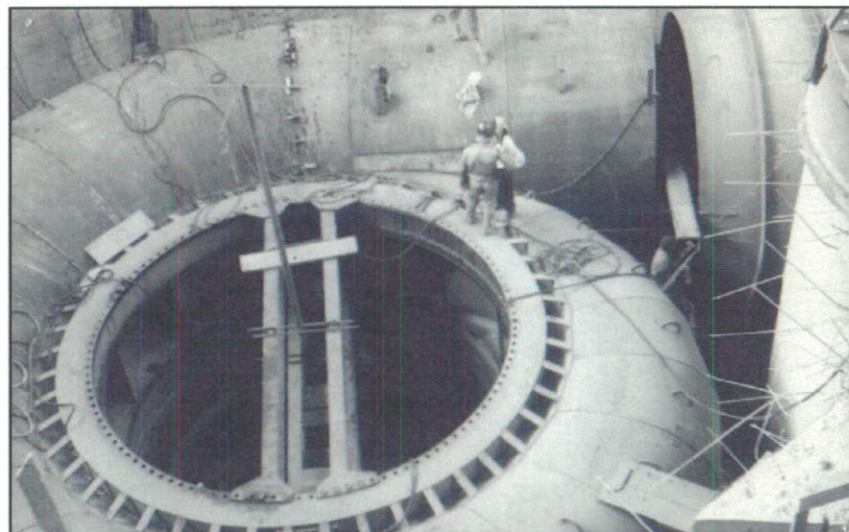


Foto 6 – Vista da colocação das turbinas (FONTE: FURNAS).



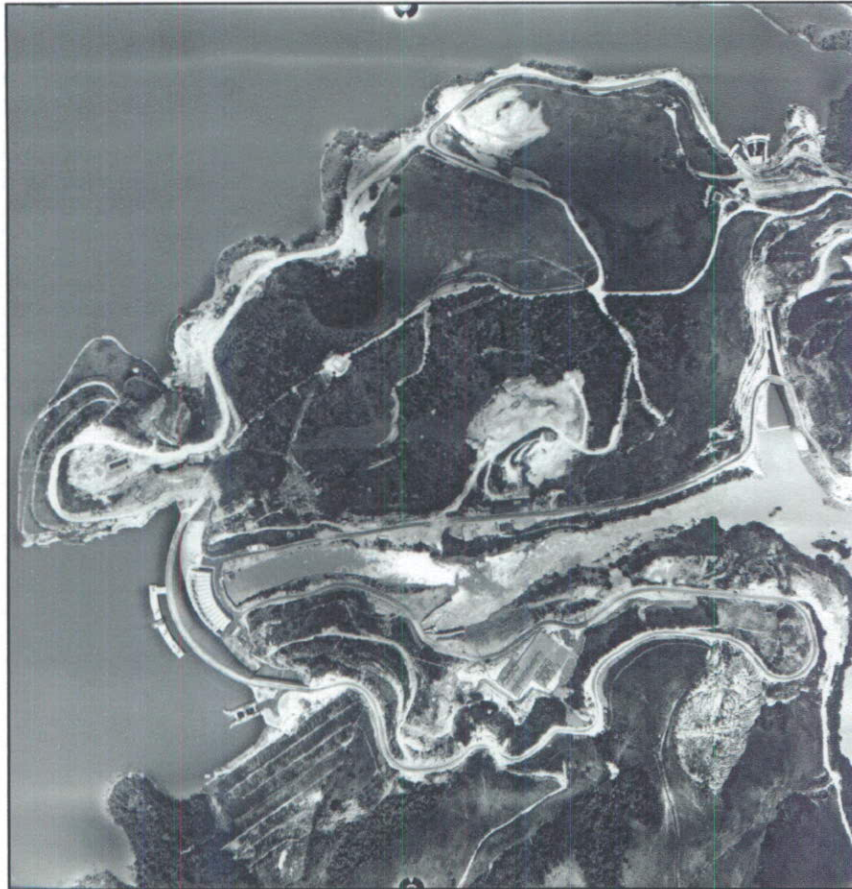


Foto 7 – Vista aérea da Barragem após o enchimento do reservatório (FONTE: FURNAS).

3.3 CARACTERIZAÇÃO

3.3.1 Usina e Barragem Principal

O arranjo geral da usina mostra uma barragem do tipo abóbada de concreto de dupla curvatura, com 85m de altura e 385m de crista, sendo a única deste gênero construída no País. A espessura da base da abóbada é de 1,70m e a espessura no coroamento é de 3,60m, totalizando $286 \times 10^6 \text{ m}^3$ de volume.

As estruturas são de concreto do tipo gravidade e incluem um vertedouro na margem direita com uma comporta do tipo segmento e capacidade de vazão de $1.700 \text{ m}^3/\text{s}$ e um vertedouro na margem esquerda (Foto 8), com duas comportas do tipo segmento e capacidade de vazão de $2.700 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto 8 – Vista do vertedouro da margem esquerda (FONTE: MRS).

A tomada d'água está localizada a montante da barragem principal e é formada por quatro torres de estruturas independentes interligadas por uma ponte de serviço. No piso das torres estão instaladas quatro comportas planas, tipo lagarta, sendo três para geração (uma para cada unidade geradora) e uma para descarga de fundo (Foto 9 e Foto 10).



Foto 9 – Maquete da usina, mostrando as torres da tomada d'água (FONTE: MRS).



Foto 10 – Maquete da barragem (foto original em preto e branco) mostrando as torres da tomada d'água (FONTE: FURNAS).

A usina possui, ainda, uma válvula difusora (Foto 11) para descarga de fundo, que além de promover a limpeza do fundo do reservatório, é um vertedouro de emergência. Tal equipamento é do tipo jato cônico e possui uma capacidade de 210 m³/s.

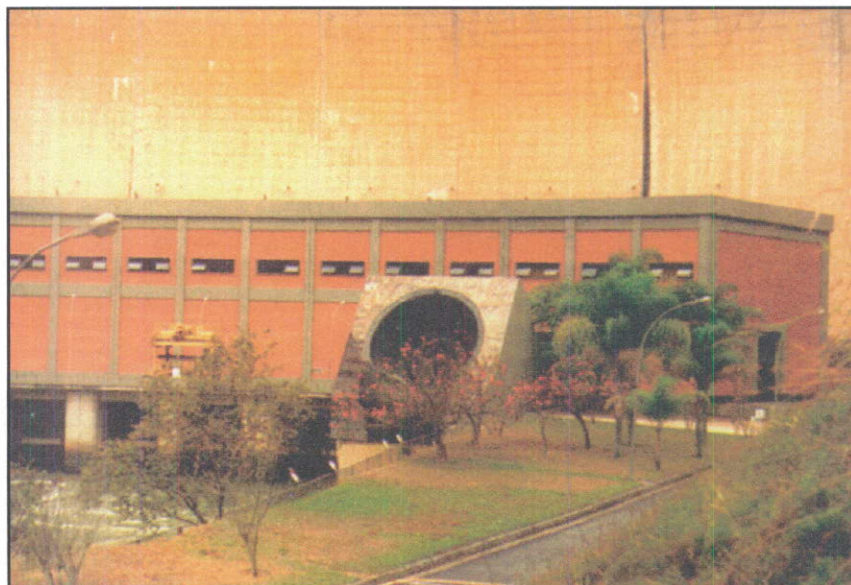


Foto 11 – Vista da válvula difusora, a jusante da casa de força (FONTE: FURNAS).

Embutidos no corpo da barragem estão os condutos forçados (Foto 12), que fazem a ligação entre a tomada d'água e as turbinas, sendo um para cada turbina e um para descarga de fundo.

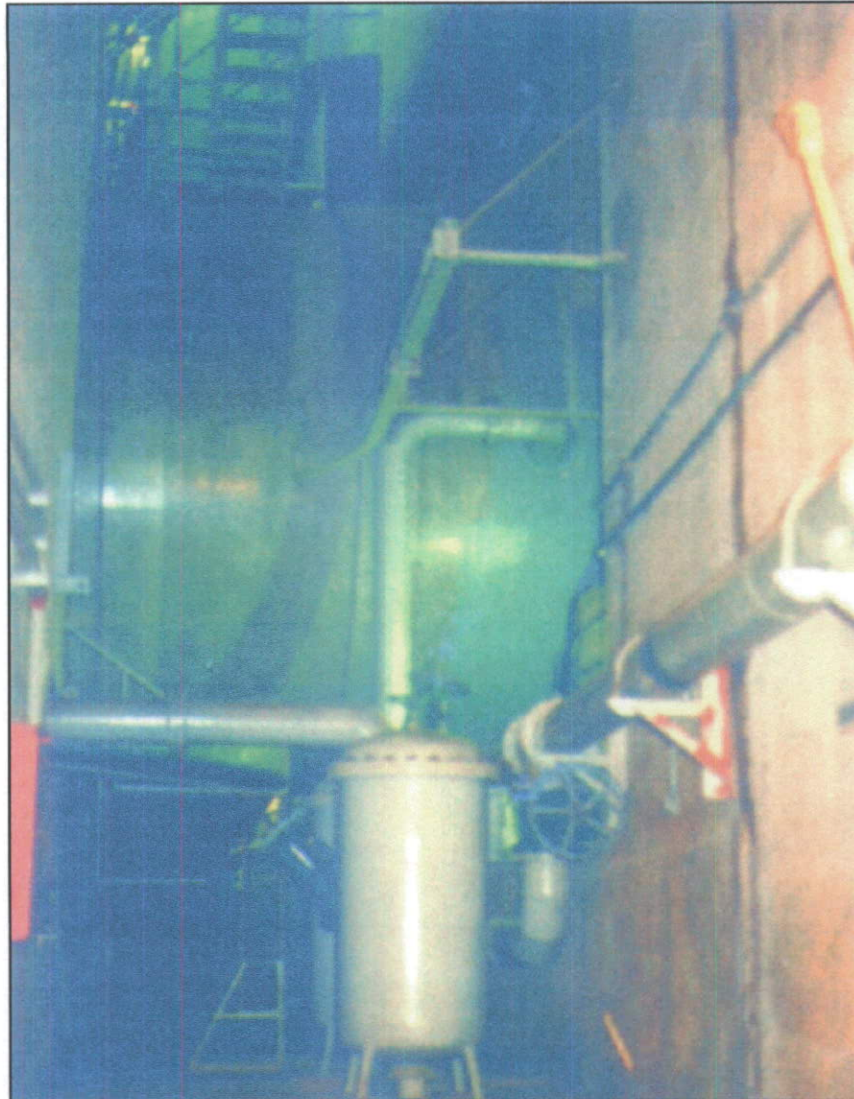


Foto 12 – Conduto forçado, no interior da casa de força (FONTE: MRS).

A casa de força é do tipo abrigada e está localizada ao pé da barragem principal, no sentido transversal ao leito do rio, acompanhando a curvatura da mesma (Foto 13). Possui 90 metros de comprimento e 21 metros de largura. É na casa de força que está localizada a Sala de Controle da usina (Foto 14). A usina conta com três unidades geradoras, que totalizam uma potência nominal de 216 MW.



Foto 13 – Vista da casa de força da usina (FONTE: MRS).

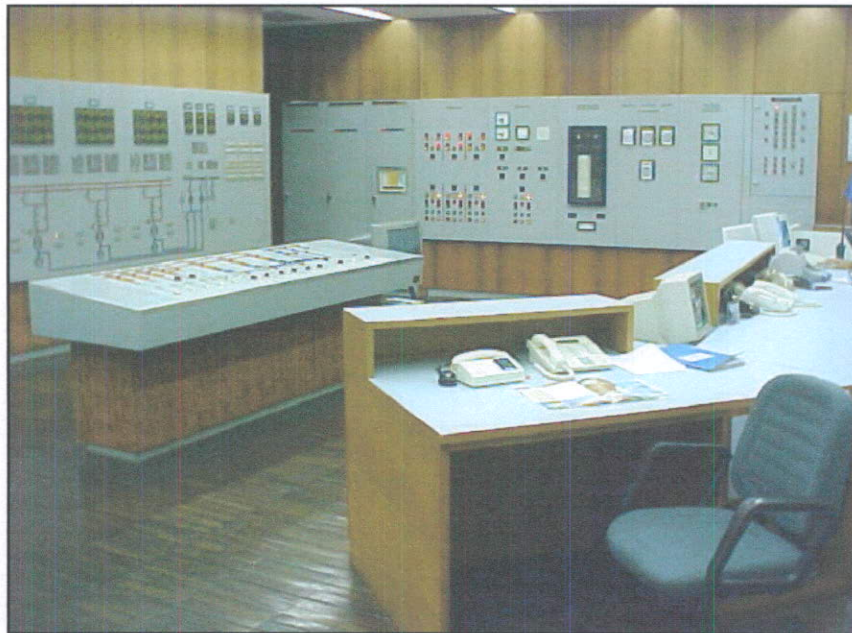


Foto 14 – Vista da sala de controle da UHE Funil (FONTE: MRS).

Os transformadores principais (Foto 15) foram fabricados pela GESA e estão instalados, entre a barragem principal e a casa de força, na cota 402,00m. São do tipo monofásico imerso em líquido isolante, com uma potência de 30.000 kVA e uma tensão de 13,8/138 kV. Estão dispostos em três bancos de três transformadores, além de um de reserva.



Foto 15 – Vista dos transformadores principais (FONTE: MRS).

A usina conta com três turbinas tipo Francis (Figura 3), que estão localizadas no centro da caixa espiral, entre o tubo de sucção e a caixa de vedação. As turbinas possuem eixo vertical e 73.000 kW de potência, sendo acopladas a geradores de 87.300 kW.

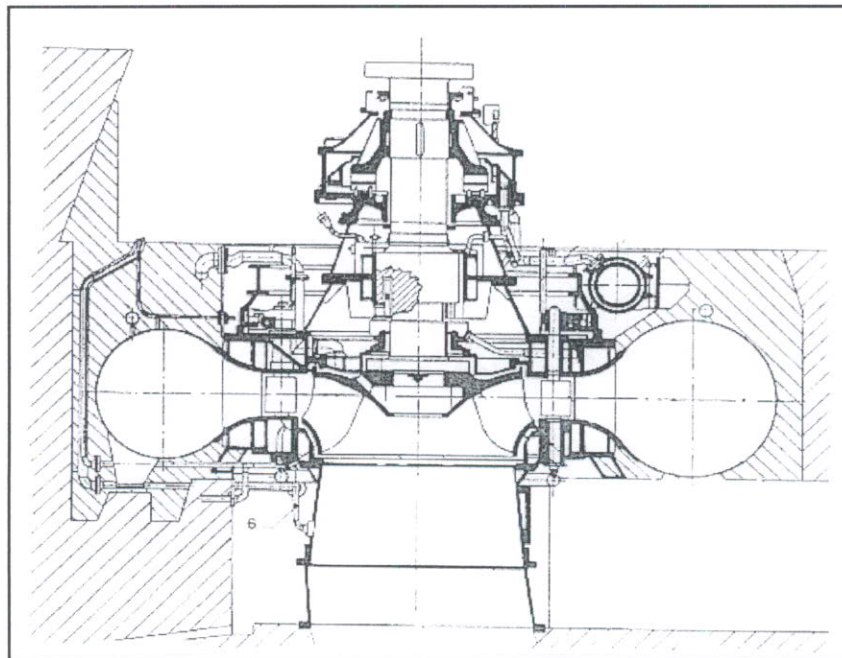


Figura 3 – Desenho esquemático de uma turbina tipo Francis (FONTE: Comitê Brasileiro de Grandes Barragens – CBGB).

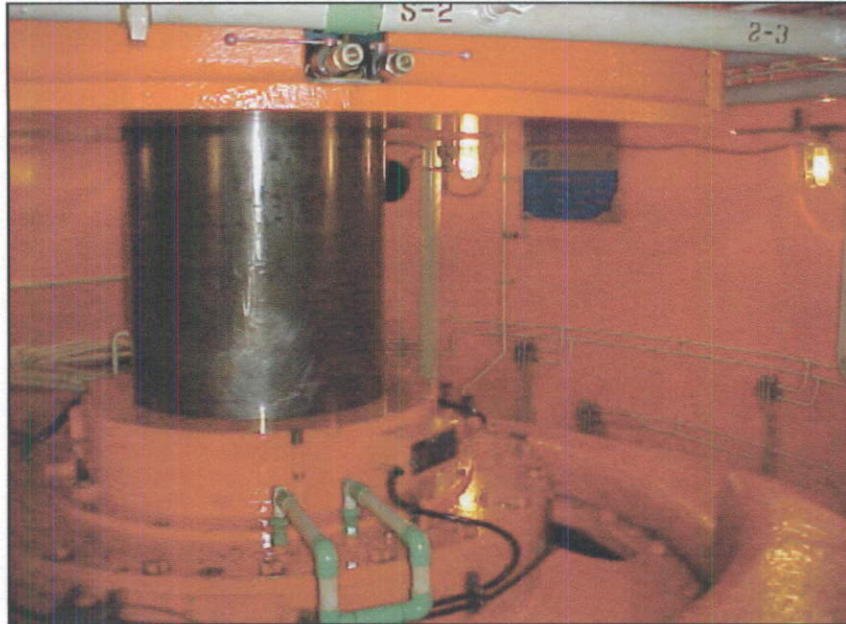


Foto 16 – Vista do eixo da turbina, com o gerador acima e a turbina abaixo (FONTE: MRS).

Os geradores estão localizados na parte superior do eixo e perfazem um total de três unidades, que possuem uma tensão de geração de 13,80 kV. São do tipo ATI-FW – eixo vertical – umbrela trifásico, com uma velocidade nominal de 163,6 rpm no sentido anti-horário.

No alto do gerador se encontra o regulador de tensão, cuja excitatriz principal está acoplada no mesmo eixo do gerador principal. A Foto 17 mostra a plataforma dos geradores e os reguladores de tensão no alto das unidades. Cada unidade geradora conta, ainda, com um sistema independente de regulador de velocidade, cujos principais componentes são: tanque pressurizado; atuador; tanque sem pressão e os servomotores.



Foto 17 – Plataforma dos geradores (FONTE: MRS).

Acima da plataforma dos geradores se encontram as pontes rolantes da casa de máquinas, que foram fabricadas pela Bardella S.A. e possuem uma velocidade de translação de 15m/minuto. A capacidade do guincho principal é de 145t, o guincho auxiliar suporta até 20t. A Foto 18 mostra o teto da plataforma dos geradores, onde se encontram as pontes rolantes da casa de força.



Foto 18 – Vista da ponte rolante da plataforma dos geradores (FONTE: MRS).

A usina conta, também, com um sistema de esgotamento e drenagem, que direciona toda a água proveniente de vazamentos e refrigeração das unidades geradoras para um poço de drenagem, de onde é bombeada para o canal de fuga.

O sistema de água da casa de máquinas é formado por três subsistemas a saber:

- Sistema de água de refrigeração de serviço;
- Sistema de água tratada, que é composta de uma unidade de tratamento d'água;
- Sistema de água de incêndio, que é composto de 23 hidrantes e 10 válvulas angulares ao longo da casa de máquinas.

3.3.2 Barragem de Nhangapi

Esta barragem faz parte do aproveitamento hidrelétrico de Funil e foi construída com o objetivo de conter o reservatório junto a Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA (antiga EFCB) e a rodovia Presidente Dutra (BR – 116).

Esse dique de terra compactada, com seção homogênea, possui 2.680m de comprimento, 49,5m de altura máxima e um volume de aterro de 7×10^6 m³. A crista do dique tem 8,80m de largura (estrada) e está numa elevação de 469,5m (Foto 19).

Para proteção do talude de montante do dique foi construído um rip-rap de material rochoso e para proteção a jusante foi efetuado um plantio de gramíneas. A drenagem interna é feita por meio de filtro vertical de areia, monitorado por instrumentação através de piezômetros, drenos e medidores de nível e de deslocamento.

Em julho de 2000, FURNAS solicitou orientação ao IBAMA de como proceder para regularização da obra de rebaixamento do canal do ribeirão Itatiaia, uma vez que o nível do seu leito vinha provocando o represamento do fluxo d'água, especialmente no período chuvoso, impedindo a operação plena dos drenos de alívio da barragem de Nhangapi, comprometendo sua segurança e possibilitando o risco de alagamento e interdição da rodovia Presidente Dutra, nas proximidades dessa barragem auxiliar.

Nesse sentido, e por orientação do IBAMA, FURNAS elaborou o relatório "Serviço de Recuperação da Seção Hidráulica de Projeto do Ribeirão Itatiaia".

O IBAMA autorizou a realização da referida obra em setembro de 2000, por meio do Ofício GP/Nº 01.624/2000 – IBAMA / Diretoria de Controle Ambiental.



Foto 19 – Vista do Dique de Nhangapi (FONTE: MRS).

3.3.3 Infra-estrutura Associada

As principais infra-estruturas associadas à UHE Funil são:

- Subestação de 13,8 kV – localizada na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, à 2 km da casa de força e ocupando uma área de 463 m²;
- Subestação Principal de 138 kV – localizada na margem direita do rio Paraíba do Sul, quinhentos metros a jusante da casa de força, numa área de 4.351 m² (Foto 20).



Foto 20 – Vista da subestação principal de 138 kV (FONTE: MRS).

- Horto Florestal – está localizado na estrada de acesso à casa de força. Possui uma área total de 13.890 m² para produção de espécies nativas, onde se encontram o escritório (Foto 21), o galpão de repicagem de mudas, o depósito de insumos e ferramentaria, a área para produção de húmus e 73 canteiros (Foto 22).



Foto 21 – Vista do escritório do Horto Florestal (FONTE: MRS).



Foto 22 – Vista dos canteiros de produção de mudas (FONTE: MRS).

- Vila Residencial – localizada a 10 km da usina por estrada pavimentada, possui uma área total de 250.084,50 m², onde foram implantadas uma praça (Foto 23), áreas gramadas, bosque de eucaliptos, 1.800m de ruas pavimentadas, uma guarita de segurança, uma casa de visitas, um hotel (Foto 24), um clube recreativo, sistema próprio de distribuição de energia, Estação de Tratamento de Água – ETA (Foto 25) e 30 residências (de seis tipos diferentes).



Foto 23 – Vista da praça da Vila Residencial de FURNAS (FONTE: MRS).





Foto 24 – Vista do Hotel (FONTE: MRS).



Foto 25 – Vista da Estação de Tratamento de Água – ETA da Vila Residencial (FONTE: MRS).

- Estrada de acesso à usina – possibilita o acesso de funcionários e equipamentos às unidades físicas da usina. Em fevereiro de 2002, FURNAS requereu ao IBAMA autorização para a realização de obra de estabilização dessa estrada, mediante a apresentação da planta do levantamento planialtimétrico, intitulada “UHE Funil – Trecho com Recalque”, na escala de 1:750. O IBAMA concedeu a autorização para a execução dessa obra em agosto de 2002, por meio do Ofício nº 657/2002 – DILIQ.

3.3.4 Disposição de Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos gerados nas instalações da UHE Funil, onde trabalham 26 funcionários de FURNAS e 132 terceirizados que residem em Itatiaia e arredores, podem ser classificados quanto à sua constituição, em:

a) Resíduos sólidos industriais Classe II (conforme NBR-10.004)

São os resíduos originados das atividades da área administrativa ou mesmo da manutenção da usina, que possam ser classificados como Classe II. Estes resíduos são recolhidos sem nenhum tipo de segregação na origem, sendo coletados pela Prefeitura Municipal de Itatiaia e dispostos em Resende. Segundo informações do corpo técnico de FURNAS, há um local licenciado onde ocorre a segregação do material e disposição adequada dos resíduos, bem como o tratamento dos efluentes gerados (chorume).

b) Resíduos Classe I – Perigosos (segundo NBR-10.004)

A manutenção da usina está a cargo de 6 funcionários, que fazem o recolhimento, armazenamento e disposição ou encaminhamento final. Os resíduos gerados nos processos diários de manutenção com características de Classe I são recolhidos conforme procedimentos criados pela própria rotina do trabalho, não havendo um monitoramento dos processos, nem tampouco a quantificação dos resíduos gerados. Dentre os resíduos com características Classe I, os principais são:

- **Óleo isolante de transformador e graxa**, recolhidos em tambores de 200 litros e armazenados no almoxarifado. Atualmente, existem 15 tambores armazenados de óleo e 1 de graxa, aguardando processo de licitação para destinação final;
- **Graxa lubrificante**, descartada através de toalhas industriais recicláveis, que são recolhidas por uma empresa terceirizada, que recolhe as usadas e traz as recicladas para reutilização;
- **Lâmpadas fluorescentes e baterias**, recolhidos e armazenados no almoxarifado da usina, sendo posteriormente realizada licitação para que uma empresa certificada se encarregue da destinação final;
- **Askarel**, constituinte isolante de alguns transformadores, cujas carcaças estão sendo armazenadas em uma área especialmente construída para este fim, aguardando o recolhimento por parte de uma empresa vencedora de processo licitatório para disposição final.

Cabe ressaltar, ainda, que a UHE Funil dispõe de um programa para eventuais acidentes com ASKAREL, resíduo Classe I extremamente perigoso, e que por isso requer todo cuidado no seu manuseio.

3.3.5 Reservatório

O reservatório da Usina Hidrelétrica de Funil é do tipo bacia de acumulação e sua barragem permite a acumulação de um volume total de 890 milhões de m³ de água, inundando uma área de 40 km² dos municípios de Resende e Itatiaia, no Rio de Janeiro, e Areias, Queluz e São José do Barreiro, em São Paulo.

A cota de desapropriação do reservatório é de 470,00m e a profundidade média é de 22,2m. O rio Paraíba do Sul (principal formador) chega ao reservatório com uma vazão média anual de 200 m³/s. Além deste, ocorrem contribuições de pequenos cursos d'água, como os ribeirões Vermelho, Santana e Barreiro.

O lago apresenta um formato tentacular, com dois braços secundários e um canal central, que chega a atingir uma profundidade de 70m.

3.3.6 Características Técnicas

As tabelas a seguir mostram as características gerais do reservatório e de operação da UHE Funil.

Tabela 1 – Características gerais do reservatório da UHE Funil.

Características Gerais	
Nível D'água Máximo Normal a Montante	466,50 m
Nível D'água Máximo Normal a Jusante	401,00 m
Nível Mínimo de Operação	444,00 m
Nível Mínimo do Canal de Fuga	394,30 m
Cota de Segurança (Desapropriação)	468,00 m
Volume Total	890 x 10 ⁶ m ³
Volume Útil	6,2 bilhões m ³
Área Inundada	40 km ²
Perímetro	320 km
Vazão Máxima dos Vertedouros	4.400,00 m ³ /s
Vazão Turbinada Nominal Total	123 m ³ /s
Tempo de Reposição	55 dias

Tabela 2 – Características gerais de operação da UHE Funil.

Características Gerais	
Turbinas	Francis
Potência Nominal Unitária	72 MW
Potência Total	216 MW
Queda Bruta Nominal	62,00 m
Tipo de Operação	Bacia de acumulação
Altura da Barragem	85,00 m
Comprimento da barragem (crista)	385,00 m
Estruturas de Concreto	270.000,00 m ³
Dispositivo de Descarga	3 Vertedouros tipo superfície e de fundo com controle e comporta tipo segmento com 5 vãos.
Número de Unidades Geradoras	3
Engolimento Nominal/Máximo	123 m ³ /s
Mecanismos de Transposição e Operação	Não
Mecanismos de Transposição de Peixes	Não
Número de funcionários de FURNAS	26
Números de pessoal terceirizado	132

4 ÁREAS DE INFLUÊNCIA

As áreas de influência do estudo foram definidas a partir da análise dos aspectos relevantes para cada meio (físico, biótico e sócio-econômico). Tais aspectos foram discutidos em reuniões da equipe técnica responsável pelo presente relatório e em reuniões entre a coordenação do trabalho e técnicos de FURNAS.

Foi levada em consideração, ainda, a reunião entre técnicos de FURNAS e técnicos do IBAMA, realizada em 20/02/2001, para tratar de assuntos referentes ao Termo de Referência emitido pelo IBAMA em 2000 e encaminhado a FURNAS por meio do Ofício nº 250/2000 – IBAMA / Diretoria de Controle Ambiental.

4.1 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA – All

4.1.1 Meios Físico e Biótico

Para os estudos dos meios físico e biótico, a delimitação da Área de Influência Indireta – All considerou os seguintes aspectos:

- Bacia hidrográfica;
- Barragens de montante e jusante;
- Trecho de rio de jusante;
- Municípios que fazem limite com o reservatório;
- Municípios localizados a montante e a jusante do reservatório;

Tais elementos abrangem os fatores preponderantes para os meios físico e biótico, além de poderem refletir a dinâmica de uso e ocupação da área do empreendimento.

Dessa maneira, a definição da All do empreendimento resultou num polígono que ocupa uma área de 896,3 km², considerando as principais bacias e tributários do reservatório, as ocupações existentes e a região a jusante influenciada pela operação da UHE Funil. A All é limitada pela bacia do rio Paraíba do Sul no trecho ocupado pelos municípios de Resende – RJ, Itatiaia – RJ, Areias – SP, Queluz – SP e São José do Barreiro – SP, além da bacia de contribuição dos cursos d'água localizados nas margens direita e esquerda do rio Paraíba do Sul e os formadores do reservatório, como os ribeirões Vermelho, Santana e Barreiro.

O Mapa 04 – Áreas de Influência 1, apresenta a Área de Influência Indireta – All para os meios físico e biótico da UHE Funil.

4.1.2 Meio Sócio-econômico

Na delimitação da Área de Influência Indireta – AII do Meio Sócio-econômico foi considerada a área dos municípios que são banhados pelo reservatório, resultando num polígono formado pela união dos limites dos municípios de Resende (RJ), Itatiaia (RJ), Queluz (SP), Areias (SP) e São José do Barreiro (SP).

O Mapa 05 – Área de Influência 2, apresenta a Área de Influência Indireta do meio sócio-econômico da UHE Funil.

Cabe ressaltar que é desconsiderada a contribuição da energia produzida na UHE, que, ao ser introduzida no sistema interligado, extrapola sobremaneira a área de influência indireta definida.

4.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – AID

A Área de Influência Direta – AID está definida como aquela oriunda da união entre as áreas de empréstimo da construção e a cota de segurança (ou desapropriação) do reservatório (468,00 metros), totalizando uma área de cerca de 43,8 km².

O Mapa 04 – Área de Influência 1 (Anexo), mostra a Área de Influência Direta – AID da UHE Funil.

4.3 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA

A Área Diretamente Afetada – ADA se refere ao reservatório e áreas industriais da UHE Funil, incluindo a área de depleção do mesmo. Dessa maneira, é utilizada, para os estudos de Meio Físico, Biótico e Sócio-Econômico, a união entre o polígono formado pela cota máxima de operação (466,50 m) e o formado pela área industrial.

O Mapa 04 – Área de Influência 1 (Anexo), mostra a Área Diretamente Afetada – ADA da UHE Funil.

5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

O Diagnóstico Ambiental visa refletir a dinâmica de uso e ocupação da área do reservatório, de forma a estabelecer um padrão que considere o histórico de ocupação da região e o momento presente.

Os levantamentos primários foram realizados de forma a caracterizar cada meio, bem como fornecer subsídios para comparação com os dados secundários obtidos. Para os levantamentos de meio físico e biótico, foi realizado um sobrevôo na área do reservatório, que definiu as áreas prioritárias para os levantamentos terrestres e permitiu uma caracterização da ocupação da área de influência e das margens.

Embora tenha sido realizado de forma conjunta, o diagnóstico ambiental a seguir é dividido em: Diagnóstico da Área de Influência Indireta (AII) e Diagnóstico da Área de Influência Direta (AID), esta última também aborda a Área Diretamente Afetada (ADA), em virtude da proximidade espacial entre estas.

O diagnóstico da AII busca estabelecer as características da região de entorno do reservatório, sendo considerados os aspectos relativos aos meios físico, biótico e socioeconômico da região que excetua o reservatório e suas margens. Já o diagnóstico da AID enfoca principalmente o reservatório.

5.1 MEIO FÍSICO

5.1.1 Caracterização Geral da Bacia do Rio Paraíba do Sul

A bacia do rio Paraíba do Sul, onde se insere a UHE Funil, encontra-se compreendida entre os paralelos 20°26' e 23°38' Sul e os meridianos 41°00' e 46°30' Oeste, abrangendo os Estados de São Paulo com 13.900 km², Minas Gerais com 20.700 km² e Rio de Janeiro com 20.900 km² e drenando um total de cerca de 55.500 km². Tem forma alongada, com comprimento cerca de três vezes maior que a largura máxima, e distribui-se na direção leste-oeste entre as Serras do Mar e da Mantiqueira. Situa-se em uma das poucas regiões do país de relevo muito acidentado, de colinoso a montanhoso, chegando a mais de 2.000 metros nos pontos mais elevados, onde se destaca o Pico das Agulhas Negras no Maciço do Itatiaia, ponto culminante da bacia, a 2.787 metros de altitude. Em toda sua extensão, na Bacia do rio Paraíba do Sul há atualmente 180 municípios, dos quais 36 estão parcialmente inseridos na bacia.

O rio Paraíba do Sul é formado pelos rios Paraitinga e Paraibuna, nascendo nas bordas da Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, numa altitude de 1.800 metros e deságua no norte fluminense, no município de São João da Barra, percorrendo uma extensão aproximada de 1.150 Km. No estado de São Paulo, o rio Paraíba do Sul pertence à Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul e à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 02 (UGRHI – 02), agregando 503 sub-bacias.

O curso do rio Paraíba do Sul apresenta-se dividido nos seguintes trechos:

- Curso superior, com uma extensão de 317 km, apresentando forte declive e regime torrencial, desde a nascente até a cidade de Guararema no Estado de São Paulo, que se encontra a 572 metros de altitude;
- Curso médio superior, onde o rio encontra-se bastante sinuoso e meandrante, passando por terrenos sedimentares de grandes várzeas, de Guararema (SP) a Cachoeira Paulista (SP), percorrendo uma extensão de 208 km;
- Curso médio inferior, onde o Paraíba do Sul apresenta-se encaixado e com trechos encachoeirados, percorrendo uma distância de 480 km, da cidade de Cachoeira Paulista (SP) até São Fidélis (RJ);
- Curso inferior ou trecho final do rio Paraíba do Sul, com extensão de 95 km, desde a cidade de São Fidélis (RJ) até a foz em São João da Barra (RJ), abrangendo a Baixada Campista, extensa Planície Litorânea.

Os principais afluentes do rio Paraíba do Sul são os rios Jaguari, Paraibuna, Pirapetinga, Pomba e Muriaé pela margem esquerda e Bananal, Piraí, Piabanha e Dois Rios, pela margem direita.

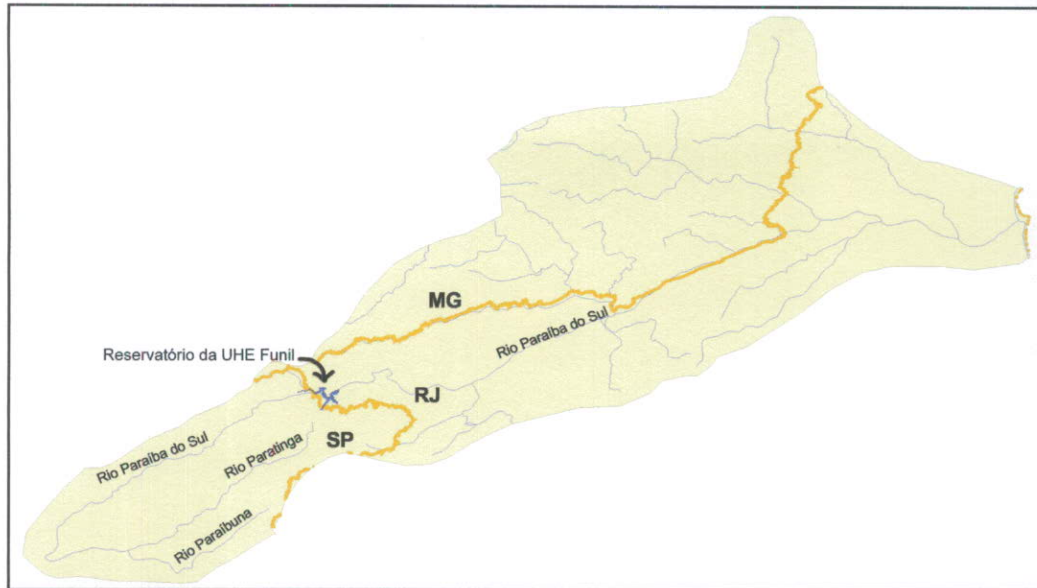


Figura 4 – Vista da Bacia do Paraíba do Sul.

5.1.2 Caracterização Geral do Reservatório

O reservatório de Funil opera com alocação sazonal de volume com depleção forçada de nível no período imediatamente anterior às cheias que ocorrem entre outubro e dezembro, e apresenta uma forma característica tentacular, como pode ser observado na Figura 5. Possui um canal principal de cerca de 35 km, entre o município de Queluz (SP) e a barragem (25 km em linha reta), apresentando um desnível de 70 metros e declividade média de 2/1000.

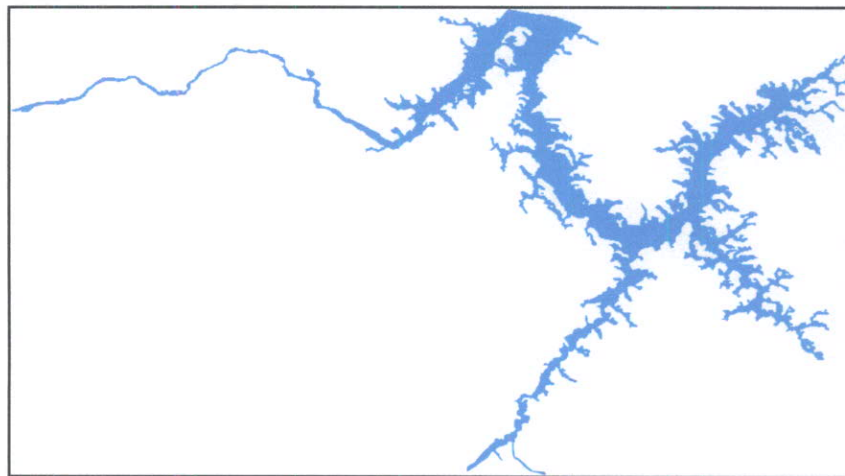


Figura 5 – Forma do reservatório da UHE Funil.

O Gráfico 1 apresenta os níveis médios mensais do reservatório da UHE Funil no período 1999 – 2002. A observação permite visualizar a época de depleção que antecede o período

de cheias, quando ocorre a preparação para recepção do grande volume d'água que aporta no reservatório nos meses de outubro a dezembro/janeiro.

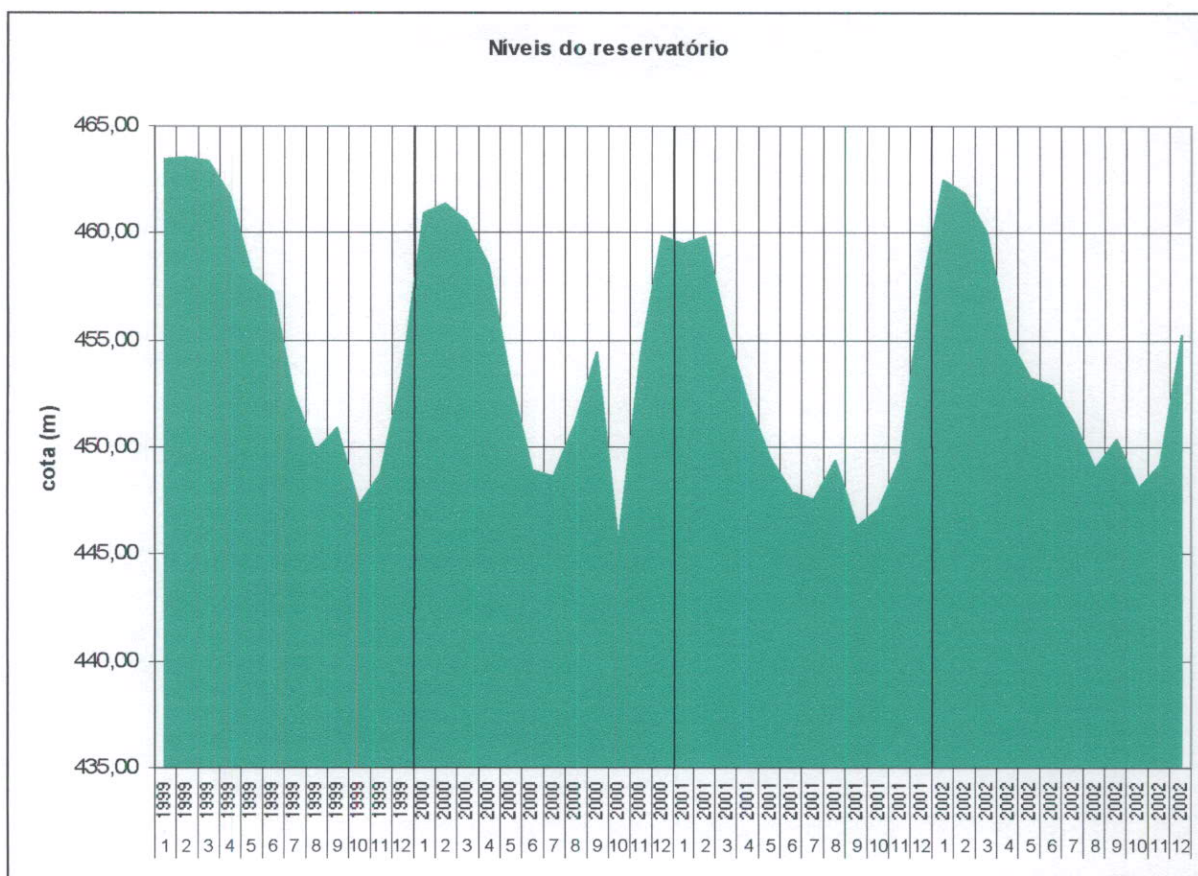


Gráfico 1 – Níveis médios mensais do reservatório no período 1999 – 2002 (FONTE: FURNAS).

5.1.3 Clima

5.1.3.1 Área de Influência Indireta (AII)

A região onde se insere o reservatório possui características topográficas e morfológicas como um corredor climático, entre as áreas planálticas sujeitas a clima úmido. “A região na qual se localiza a bacia apresenta clima tropical, com temperatura média anual oscilando entre 18°C e 24°C” (COPPE/UFRJ).

As máximas precipitações ocorrem nas cabeceiras mineiras da bacia e nos pontos mais altos das serras do Mar e da Mantiqueira, chegando a valores de 2.250 mm/ano (CPRM, 1988 apud COSTA, 1994). Os meses que vão de novembro a janeiro são caracterizados como sendo os de maior pluviosidade durante o ano, e os meses de junho a agosto são considerados mais secos.

Segundo o Relatório Zero – Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-02, que contempla a compilação, reformatação e complementação dos dados do PQA (Programa de Qualidade das Águas e controle da Poluição Hídrica) da bacia do Paraíba do Sul, o clima do Vale do Paraíba Paulista pode ser considerado subtropical quente, de verões chuvosos e invernos secos. A temperatura média anual situa-se na faixa dos 21° C, com umidade relativa média anual em torno de 70%.

De acordo com a classificação de *Köppen*, existem três tipos climáticos na região da UGRHI – 02:

- **Cwa** – Clima de “verões”, subindo as médias anuais para 20° C, com a temperatura inferior a 18°C no mês mais frio e acima de 22° C no mês mais quente;
- **Cwb** – Clima de inverno seco e verão chuvoso, com a temperatura inferior a 18°C no mês mais frio e abaixo de 22° C no mês mais quente;
- **Cfb** – clima temperado sem estação seca, com a temperatura inferior a 18°C no mês mais frio e abaixo de 22° C no mês mais quente.

O regime de chuvas na bacia do Paraíba do Sul é caracterizado por um período seco entre junho e setembro e um bastante chuvoso entre novembro e janeiro, conhecido como período de cheias do rio Paraíba do Sul.

Outro aspecto importante de ressaltar é que o paralelismo das escarpas da Serra do Mar e da Mantiqueira, opondo-se frontalmente à direção dos ventos das correntes de circulação atmosférica perturbada, representada pelas descontinuidades polares, exerce influência nas precipitações, fazendo com que estas aumentem de acordo com a altitude. Assim, as serras do Mar e da Mantiqueira apresentam pluviosidade maior do que o vale do Paraíba do Sul.

5.1.3.2 *Área de Influência Direta (AID)*

A UHE Funil está situada na região do médio inferior do Paraíba do Sul, onde predomina o clima tipo **Cwa**. A região do reservatório recebe intensa radiação solar, aproximadamente 2.000 horas anuais, que gera um processo de evaporação e condensação, contribuindo para o acréscimo de chuvas. A Figura 6 mostra o perfil da variação pluviométrica do período 1972-1994, presente no *Diagnóstico Ambiental do Reservatório de Funil (COPPE/UFRJ)*, de 1997.

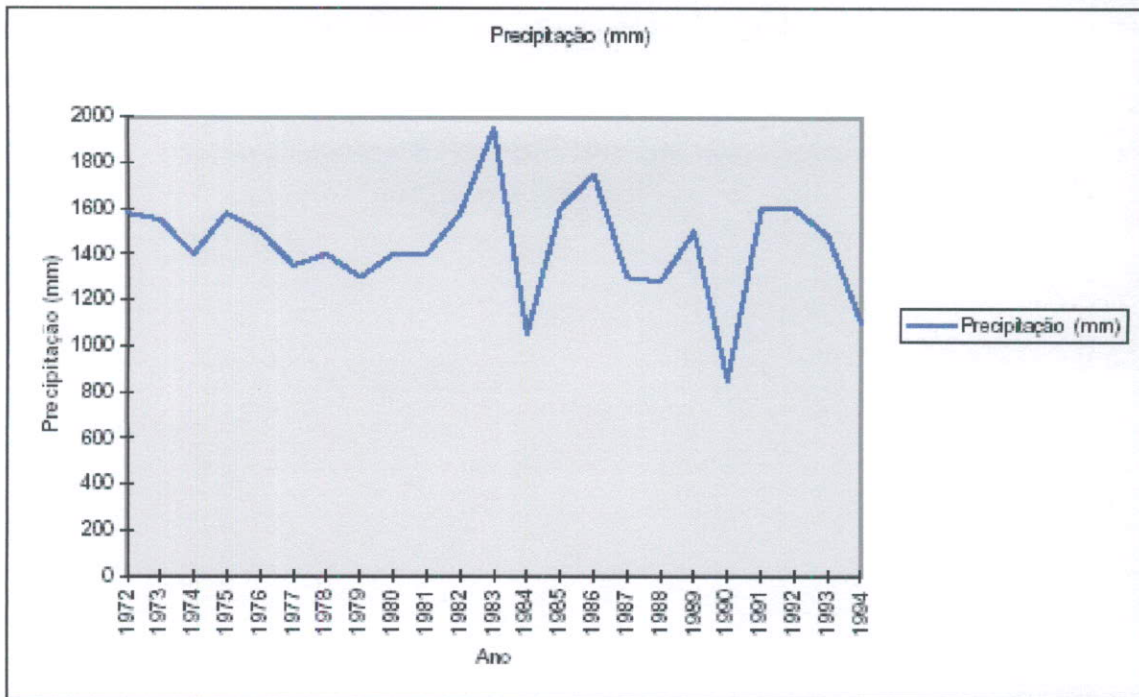


Figura 6 – Perfil da variação pluviométrica na região da UHE Funil (período 1972-1994) (FONTE: Diagnóstico Ambiental do Reservatório de Funil).

Os gráficos apresentados a seguir mostram os valores totais mensais de pluviosidade (mm), e evaporação (mm (no tanque)), além das médias mensais da umidade do ar (%), temperatura (°C) e velocidade do vento (km/h), para o período 1999-2002, segundo dados da estação de monitoramento climatológico de FURNAS, localizada na área industrial.

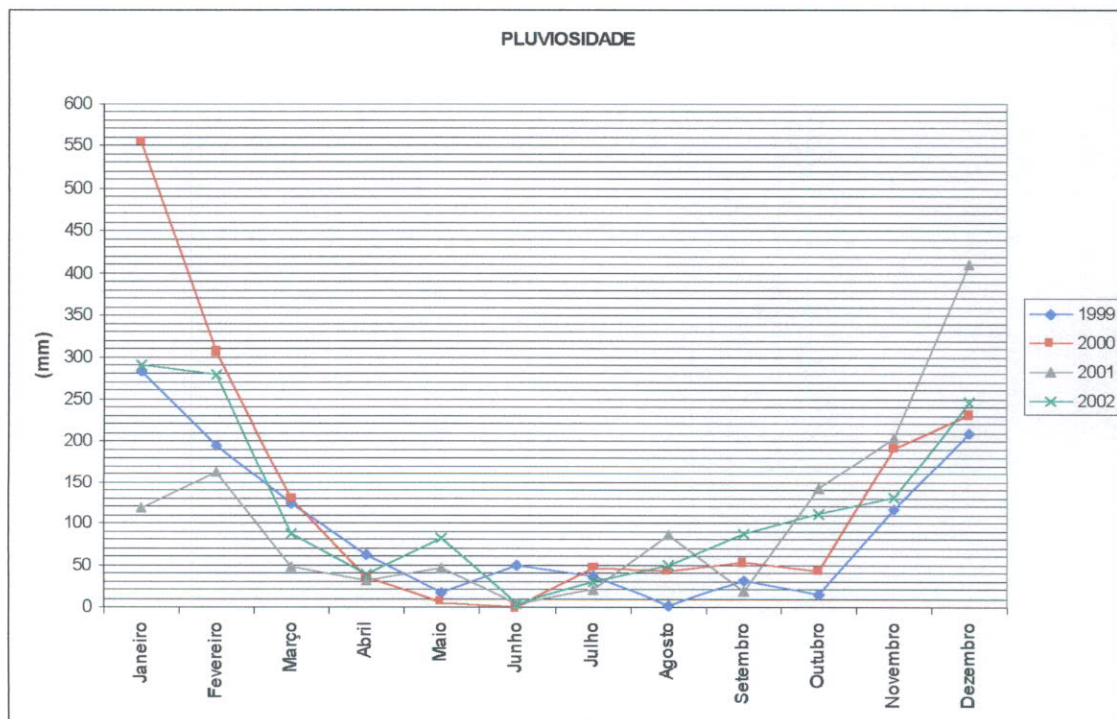


Gráfico 2 – Pluviosidade mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).

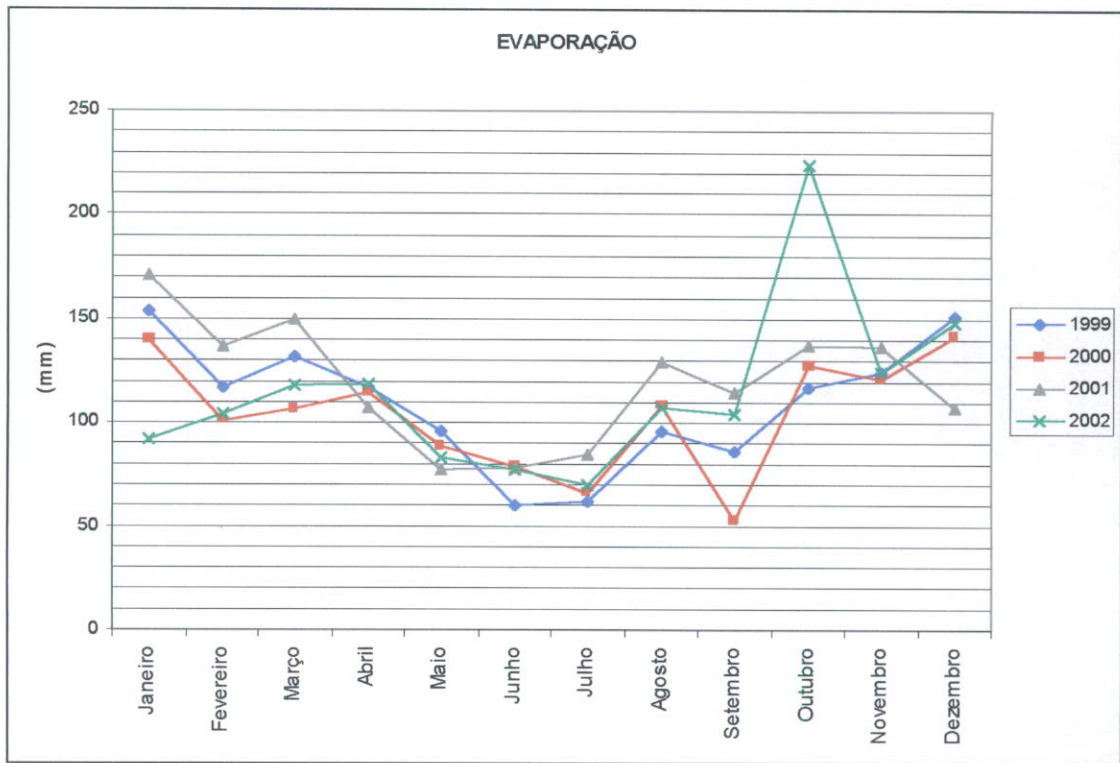


Gráfico 3 – Evaporação mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).

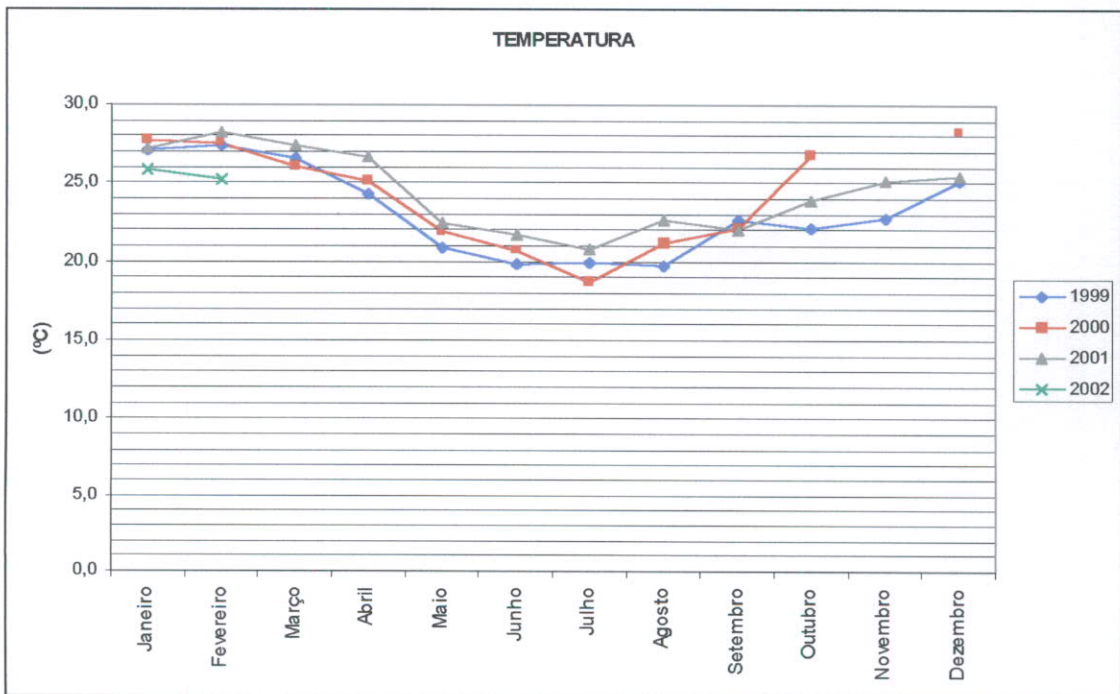


Gráfico 4 – Temperatura média mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).



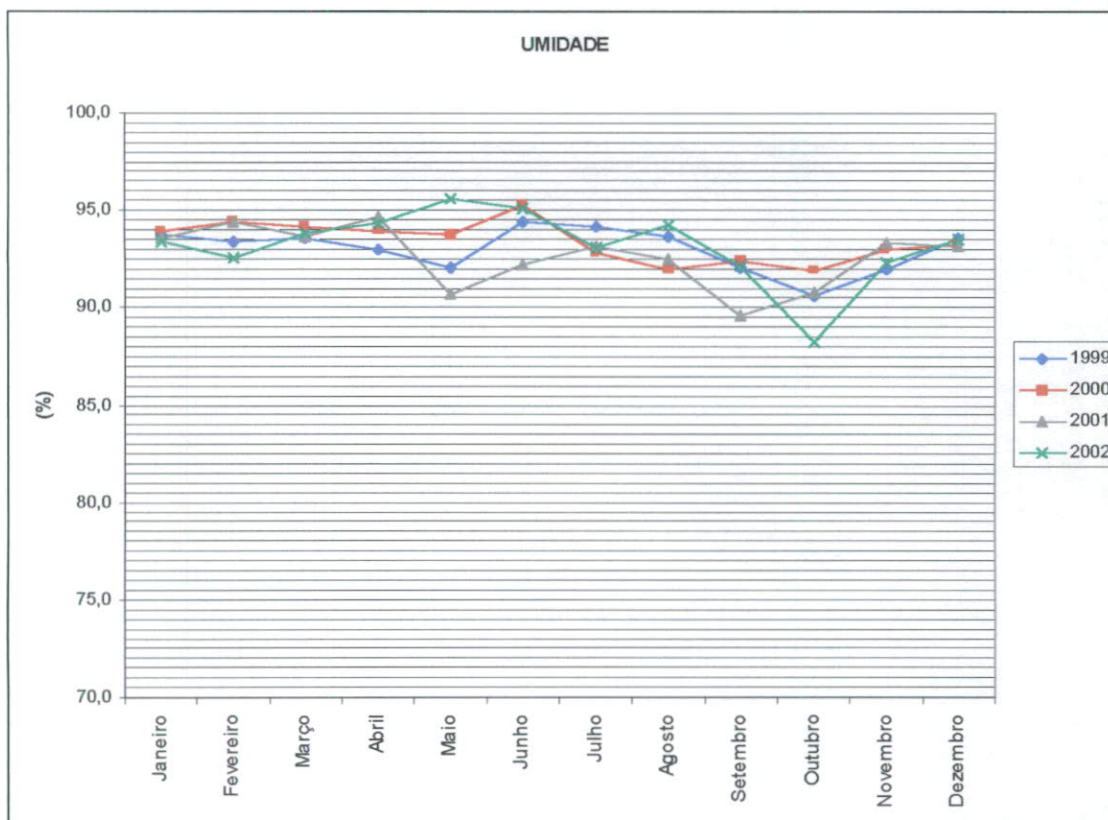


Gráfico 5 – Umidade do ar média mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).

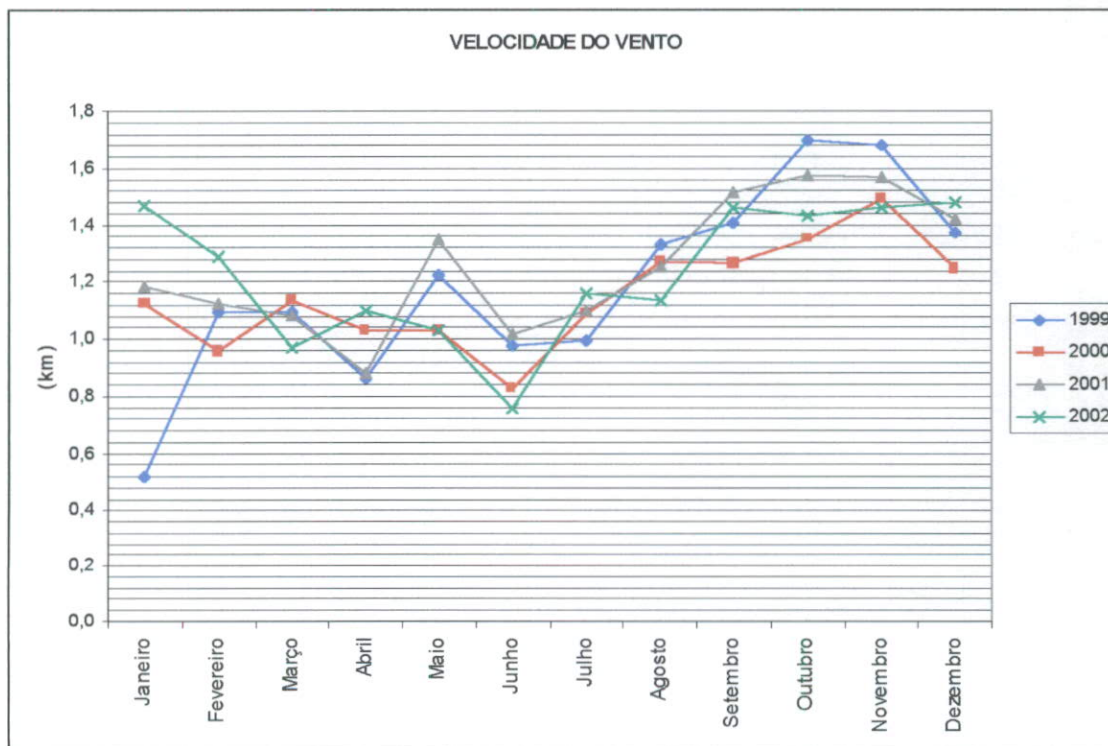


Gráfico 6 – Velocidade do vento média mensal na UHE Funil (FONTE: FURNAS).



5.1.4 Recursos Hídricos Superficiais

Neste capítulo serão abordadas as principais características dos recursos hídricos superficiais presentes na Área de Influência do reservatório, abrangendo, além dos dados hidrológicos, as diversas formas de usos e demandas. Também serão relatadas as informações disponíveis sobre a qualidade das águas e indicadas as principais fontes potenciais de poluição.

A coleta de informações para caracterizar o rio Paraíba do Sul a montante e a jusante do reservatório da UHE Funil foi realizada junto aos órgãos responsáveis pelos dados de saneamento ambiental dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, o Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP, em FURNAS e em levantamentos secundários.

Cabe informar que o CEIVAP, criado pelo Decreto Federal nº 1842, de 22 de março de 1996 e instalado no dia 18 de dezembro de 1997, se constituiu em uma importante fonte de informação e se apresenta como fórum de debates e decisões sobre as questões do rio Paraíba do Sul.

5.1.4.1 Hidrologia – Área de Influência Indireta (AII)

Segundo o *Diagnóstico Ambiental do Reservatório de Funil* desenvolvido pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE/UFRJ, a bacia de contribuição do reservatório de Funil compreende uma área de 16.680 km², englobando toda a parte paulista do rio Paraíba do Sul (14.230 km²) e a bacia de captação direta do reservatório (2.450 km²).

Ainda segundo o supracitado diagnóstico, “o principal contribuinte do reservatório é o rio Paraíba do Sul, com vazões médias afluentes da ordem de 250 m³/s e variações entre mínimas e máximas entre 160 m³/s e 500 m³/s nos períodos seco e chuvoso. A bacia de contribuição é caracterizada por inúmeros cursos d’água de pequeno caudal, nascendo no estado de São Paulo, onde se destacam os ribeirões Vermelho, Santana e Barreiro”.

O regime de escoamento do reservatório é função das descargas afluentes e defluentes controladas pela operação da UHE Funil. Conforme apresentado no diagnóstico do COPPE/UFRJ, as vazões afluentes do período anterior a 1997 situaram-se na média de 280 m³/s em períodos hidrológicos normais. No período de outubro a março daquele ano, correspondente à estação chuvosa, os valores médios são de 320 m³/s, podendo dobrar de amplitude em relação ao período seco. Entre abril e setembro, as vazões foram da ordem de 240 m³/s. As vazões defluentes tendem a se igualar na média anual ao caudal afluente. Entretanto, em virtude da regularização, ocorrem pulsos de variação, por acumulação de volume (normalmente entre janeiro a maio) ou liberação para recebimento das águas de cheia (entre junho a dezembro).

5.1.4.2 Hidrologia – Área de Influência Direta (AID)

“Espacialmente, o reservatório apresenta duas regiões distintas. A primeira, de cerca de 6 km, constitui uma zona de transição do regime lótico em lântico, em que predominam correntes de superfície. Um levantamento das velocidades e geometria das seções, realizado em 1978 no trecho inicial de 8 km, indicou velocidades médias de escoamento superficial da ordem 10 cm/s. A partir daí, com o alargamento das seções transversais e decréscimo da velocidade média de escoamento, passam a predominar características de ambiente lântico, com fluxo reduzido, formação de zona lacustre e uma estrutura físico-biótica menos dependente dos fluxos de entrada” (COPPE/UFRJ).

“Na região interior do reservatório, o regime de circulação horizontal é promovido pelos ventos e, no fundo, por correntes relacionadas à proximidade da barragem. Sob condições de intensa pluviosidade ocorre a abertura dos vertedouros, ocasionando correntes de superfície por curtos períodos” (COPPE/UFRJ). As correntes de fundo irão variar em intensidade ao longo do ano em função da vazão turbinada (Gráfico 14), sendo maiores em períodos em que as três unidades geradoras forem acionadas em conjunto.

O tempo de residência médio das águas é de 30 dias e, devido à estratificação de densidade e à retirada de água pelo fundo, o tempo de renovação das águas pode ser muito maior no epilimnio. A renovação da água também tende a ser menor nos canais secundários menos influenciados pelo regime hidrodinâmico da calha principal do reservatório (COPPE/UFRJ).

O Gráfico 7 e o Gráfico 8 apresentam a relação cota x área e cota x volume do reservatório. A análise do gráfico 2 (relação cota x área) em contraposição ao gráfico 1 (níveis médios do reservatório), para o período 1999 – 2002, revela que as variações anuais de nível, que estão em um intervalo de 13,56 a 16,27 metros, proporcionam uma exposição de área de margem de 13,95 km² a 17,48 km², o que corresponde a uma variação de 34,87% a 43,7% da área do reservatório.

Tal variação de nível e área são consideráveis e, aliadas à geomorfologia e aos tipos de solo, revela que o regime de operação influencia na real potencialização dos processos erosivos que estão presentes ao longo do perímetro do reservatório.

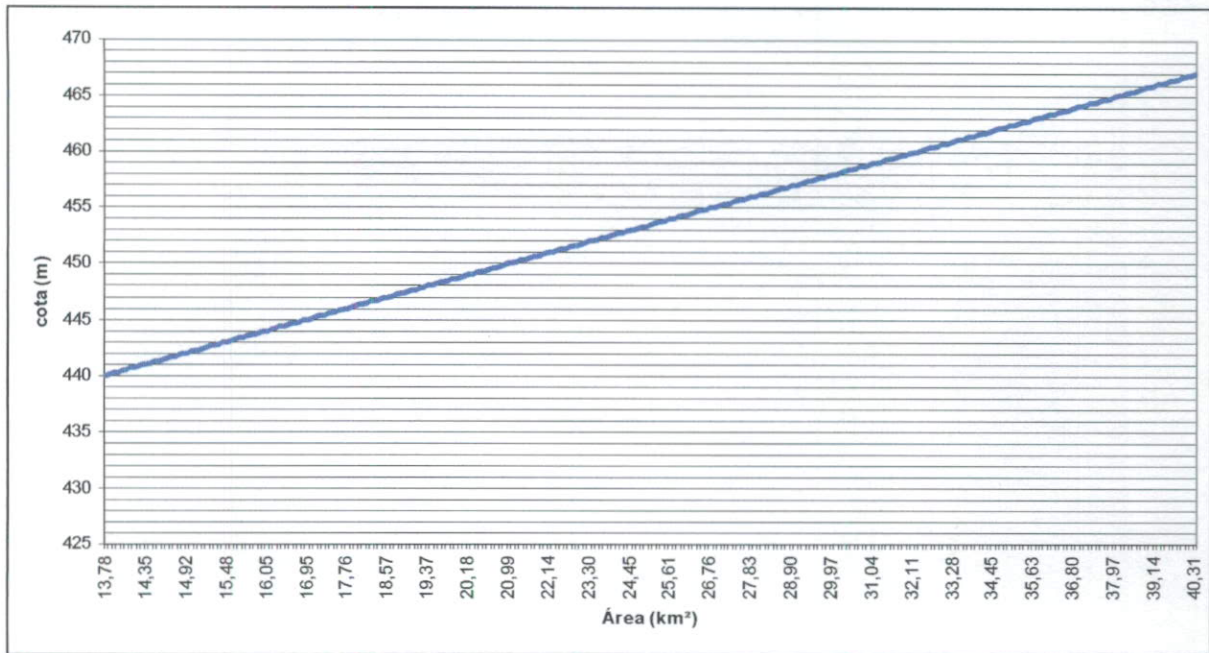


Gráfico 7 – Relação cota x área do reservatório da UHE Funil (FONTE: FURNAS)

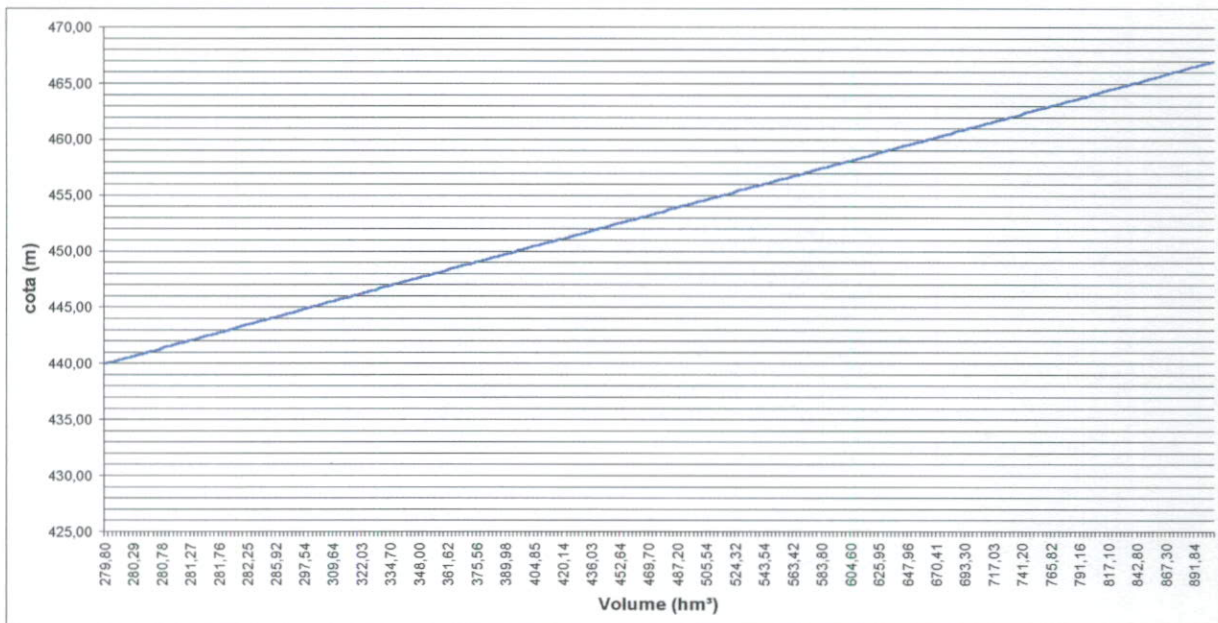


Gráfico 8 – Relação cota x volume do reservatório da UHE Funil (FONTE: FURNAS)

Os dados de vazões afluentes x defluentes e turbinadas x vertidas para o período 1999 – 2002 estão dispostos nos gráficos 9 a 14, a seguir, conforme informações disponibilizadas por FURNAS Centrais Elétricas S.A.

A análise dos gráficos de vazão revela a relação entre vazões afluentes e defluentes dentro das expectativas do que se considera normal em operações de UHE's com as características da UHE Funil nos anos de 1999, 2001 e 2002, com o ano de 2000



apresentando um comportamento incomum, com picos e vales de vazão afluente, ocasionando alteração nos níveis normais de operação. A análise do comportamento das vazões afluentes e defluentes médias (Gráfico 10) revela que os níveis se apresentam mais equivalentes quando analisados, de forma geral, com valores médios. A exceção é o ano de 2000, quando houve uma diferença acentuada entre os valores afluentes e defluentes.

Cabe esclarecer, também, que o regime de operação da UHE Funil está condicionado pela ocupação de jusante e o uso dos vertedouros ocorre apenas em condições muito específicas, de grande vazão afluente, como ocorreu em 2000 e, numa menor proporção, em 2002.

Outro fato importante para registro é a vazão vertida ter sido igual a zero em quase todo o período, demonstrando que a vazão afluente foi transformada em vazão turbinada e correspondeu a toda vazão defluente do reservatório. As exceções ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro de 2000 e 2002, entretanto, no ano de 2000 os níveis vertidos foram maiores do que os turbinados, devido à grande vazão afluente no reservatório (Gráfico 14).

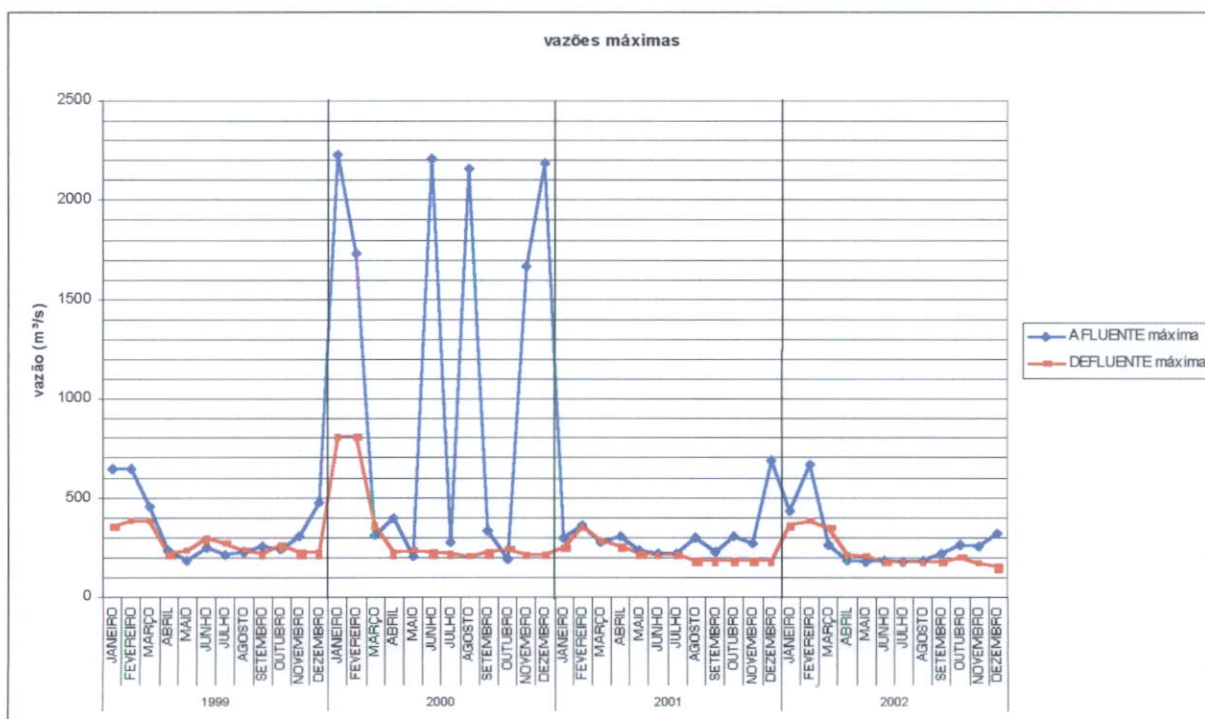


Gráfico 9 – Vazões afluentes e defluentes máximas mensais (FONTE: FURNAS).

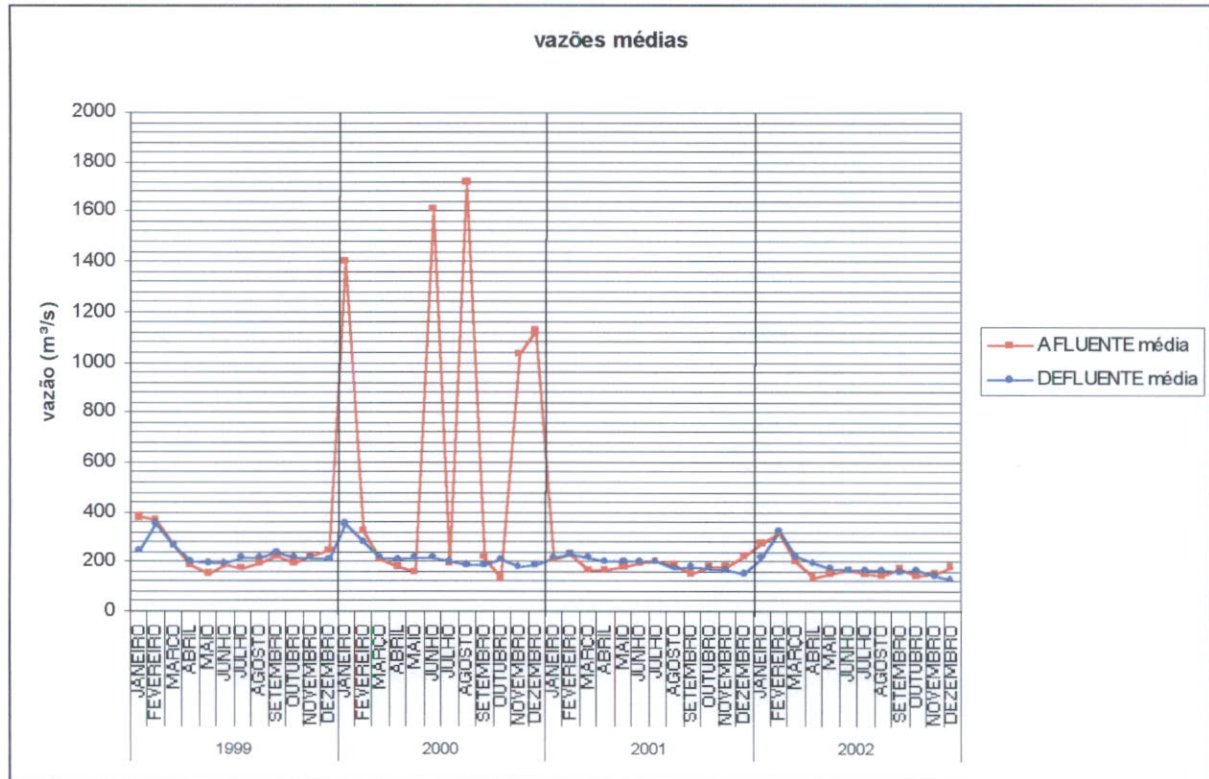


Gráfico 10 - Vazões afluentes e defluentes médias mensais (FONTE: FURNAS).

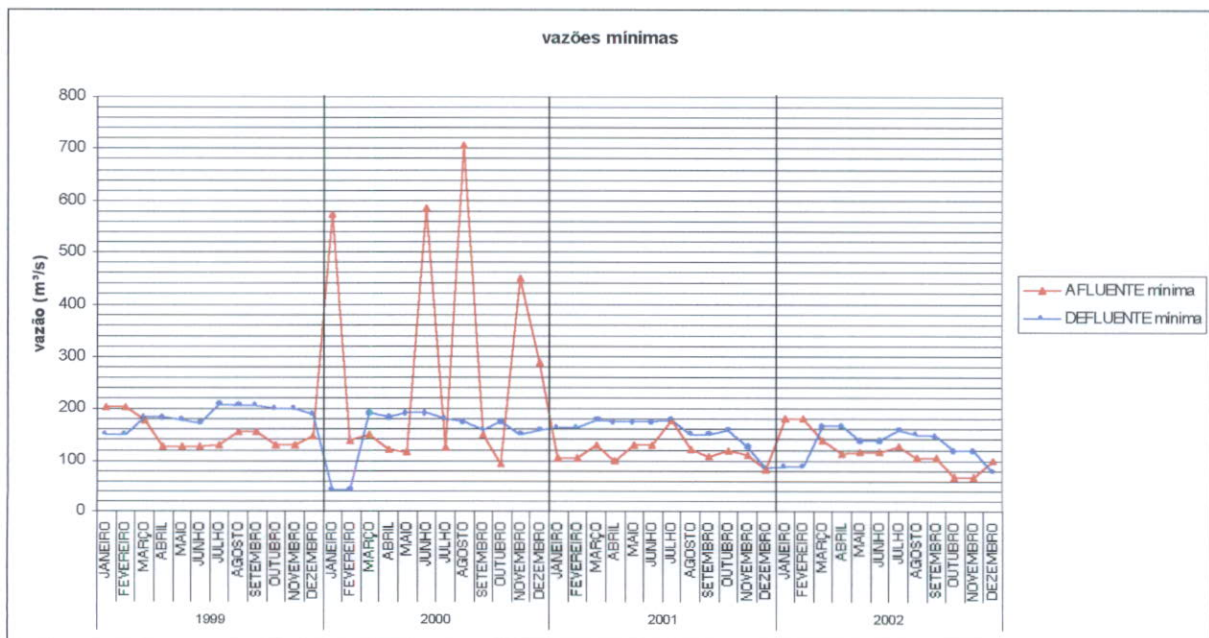


Gráfico 11 - Vazões afluentes e defluentes mínimas mensais (FONTE: FURNAS).



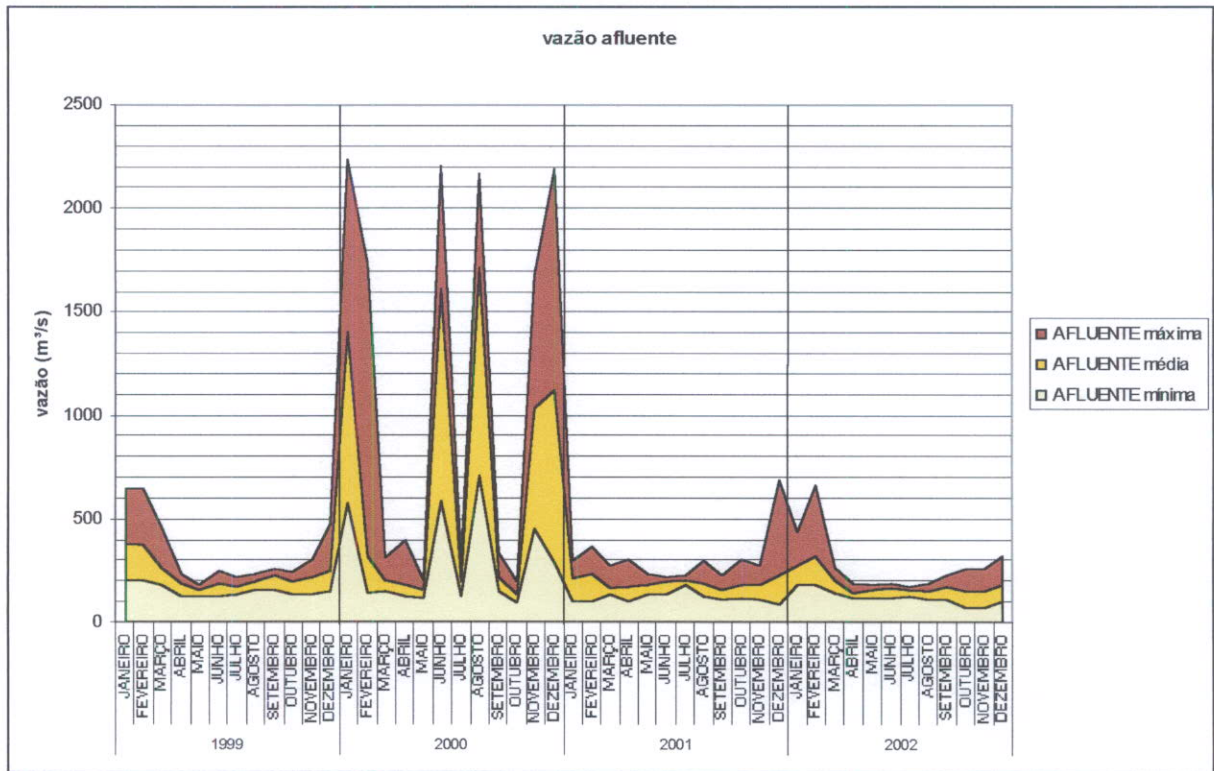


Gráfico 12 – Vazões afluentes da UHE Funil (FONTE: FURNAS).

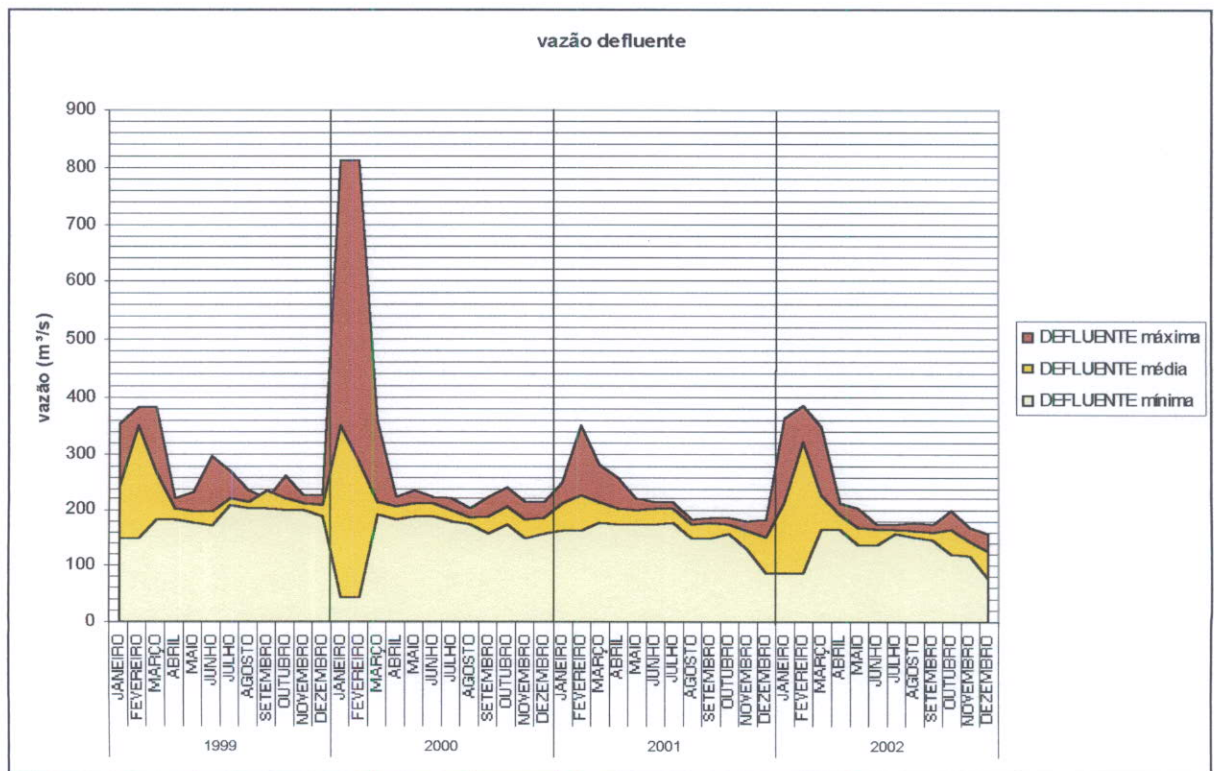


Gráfico 13 – Vazões defluentes da UHE Funil (FONTE: FURNAS).



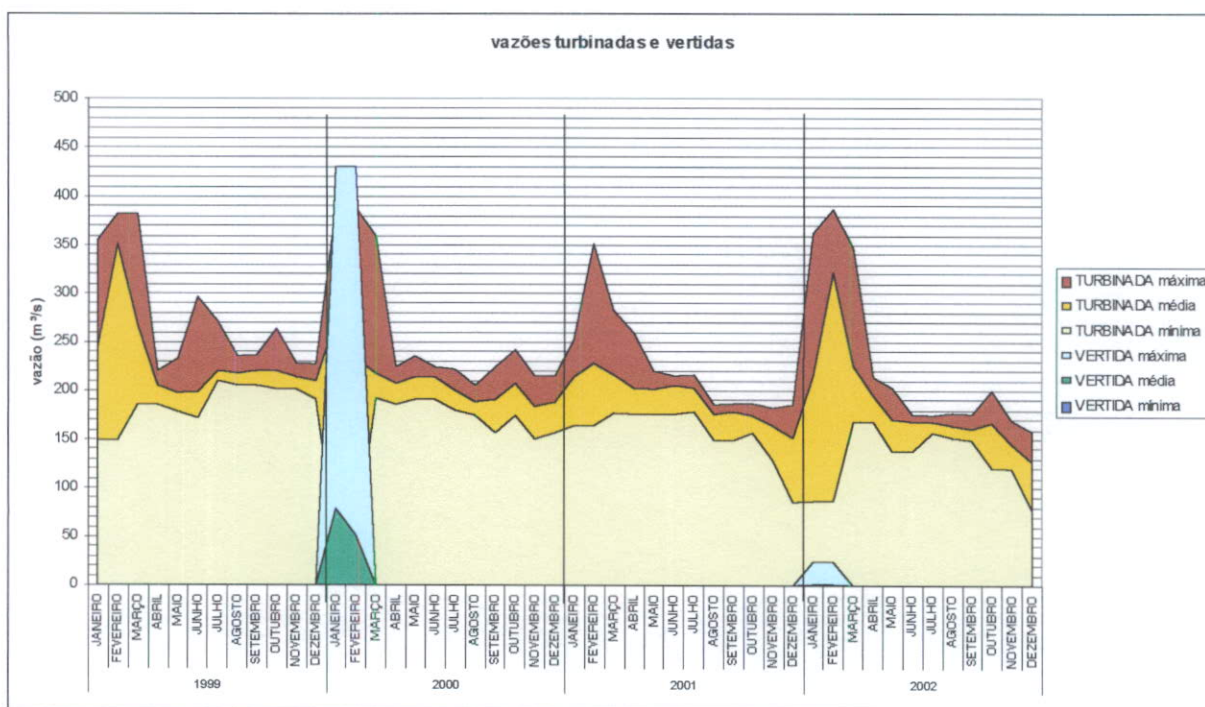


Gráfico 14 – Vazões turbinadas e vertidas da UHE Funil (FONTE: FURNAS).

5.1.4.3 Qualidade de Água – Área de Influência Indireta (AII)

No Estado de São Paulo, o monitoramento da qualidade da água é realizado pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB. A Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores é composta, segundo dados de 2002, por 149 estações de monitoramento, onde são analisados os parâmetros do Índice de Qualidade de Água – IQA, mais 9 metais, que fazem o Índice de Toxicidade, além de outros parâmetros que podem vir a ser analisados caso houver necessidade de estudos específicos de qualidade da água. Com os dados coletados, a CETESB elabora anualmente relatórios de qualidade das águas superficiais e subterrâneas, além de mapas que ilustram a qualidade atual das águas que banham o estado de São Paulo.

A bacia do rio Paraíba do Sul conta, na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 02 (UGRHI – 02), que abrange o estado de São Paulo, com 18 estações de monitoramento, das quais, uma está diretamente relacionada com a qualidade de água do reservatório da UHE Funil: a PARB02900, localizada no rio Paraíba do Sul, na ponte situada na cidade de Queluz (Ver Mapa 13).

Segundo dados da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA, órgão ambiental do Estado do Rio de Janeiro, o rio Paraíba do Sul tem papel importante no abastecimento de água e energia do estado. Além disso, o rio é influenciado sobremaneira

pela situação da qualidade das águas do Estado de São Paulo, por ser receptor das cargas provenientes daquele estado.

O monitoramento das águas realizado pela FEEMA possui 16 estações de amostragem mensal na calha principal da bacia do rio Paraíba do Sul e 21 estações de amostragem bimestral nos afluentes. Destas, as estações localizadas a jusante do reservatório de Funil, as denominadas PS-410, localizada a jusante da UHE Funil, e PS-413, localizada em Resende, podem auxiliar na caracterização da qualidade da água oriunda do reservatório (Figura 7).

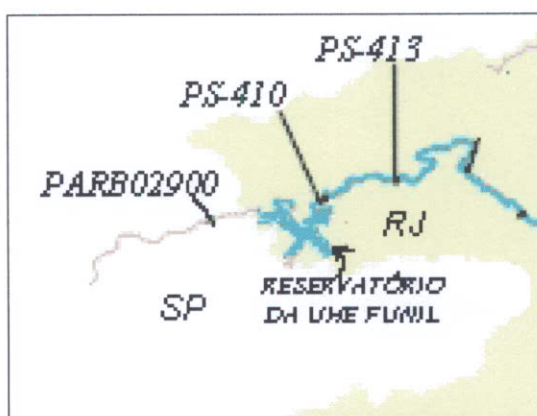


Figura 7 – Pontos de amostragem de qualidade da água (CETESB e FEEMA)

A Tabela 3 apresenta os valores das classes de IQA adotados para a medição dos índices de determinação da qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo.

Tabela 3 – Valores de IQA utilizados no Estado de São Paulo

CETESB – SP
Ótima: $79 < IQA \leq 100$
Boa: $51 < IQA \leq 79$
Regular (Aceitável): $36 < IQA \leq 51$
Ruim: $19 < IQA \leq 36$
Péssima: $IQA \leq 19$

A Tabela 4, apresentada a seguir, apresenta os Índices de Qualidade das Águas – IQA, para os anos 2001 e 2002, no ponto localizado a montante da UHE Funil.

Tabela 4 – Índice de Qualidade das Águas – IQA – 2001 E 2002.

Ponto de Amostragem	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ	IQA Médio
PARB02900 – 2001	47	50	71	59	53	51	55 (Qualidade Boa)
PARB02900 – 2002	52	47	64	66	63	52	57 (Qualidade Boa)

Fonte: CETESB – SP.

O que se verifica, conforme dados das análises da CETESB, é um IQA “bom” para as amostragens realizadas no trecho a montante do reservatório. Entretanto, a Companhia ressalta, em seu Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2001, que as condutividades médias das águas do rio Paraíba do Sul se apresentaram superiores às médias históricas, o que torna a situação bastante crítica do ponto de vista da qualidade da água. O relatório sugere, ainda, que a baixa disponibilidade hídrica verificada em 2001, pode ser responsável pela piora na qualidade daquele ano. Além da condutividade, o comportamento dos metais pesados se mostrou elevado em 2001, o que possa ter ocorrido devido à baixa disponibilidade hídrica.

Além disso, cabe ressaltar que o IQA é obtido a partir de uma conjunção de parâmetros, o que não elimina o nível de poluição para determinados parâmetros individualmente, como os metais.

As informações obtidas na FEEMA dão conta de que o trecho do rio Paraíba do Sul entre a UHE Funil e a elevatória de Santa Cecília é utilizado principalmente para abastecimento público, e que o reservatório de Funil se encontra em processo de eutrofização crescente. Além disso, um outro fato importante de ser ressaltado é o de que a qualidade da água na região vai decrescendo no sentido do fluxo do rio, a partir do aparecimento de indústrias, que existem desde Itatiaia até Barra do Pirai, sendo os pontos críticos nas proximidades das cidades de Barra Mansa e Volta Redonda, onde se encontram indústrias de grande porte e ocupação urbana intensa.

A FEEMA esclarece em sua página da internet que os resultados das análises de metais nos sedimentos do rio Paraíba do Sul mostram o efeito da sedimentação existente no reservatório de Funil na região a jusante deste, e o aumento das cargas oriundas das cidades localizadas ao longo do curso do rio.

O Mapa 13 – Estações e Pontos de Amostragem e Reflorestamentos (Volume Anexos), apresenta a localização das estações de monitoramento da qualidade da água utilizadas para a caracterização da qualidade da água na Área de Influência Indireta da UHE Funil.

Segundo o "Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul – Volume 1 (COPPE/UFRJ)", o desenvolvimento da bacia do rio Paraíba do Sul vem proporcionando um decréscimo na qualidade das águas e a redução de sua disponibilidade hídrica. O diagnóstico evidencia que no caso da DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, ocorreram violações de classe ao longo de quase todo Paraíba do Sul, com os maiores

índices correspondentes ao reservatório de Funil em Queluz. A análise dos metais revelou que no monitoramento realizado pela CETESB, os parâmetros Chumbo e Cádmio ultrapassam os limites estabelecidos pela Resolução nº 020/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Tal fato também ocorre para o parâmetro Cádmio, nas análises realizadas pela FEEMA.

Cabe ressaltar que os níveis encontrados para o reservatório de Funil e a jusante deste, comprovam a importância dos sistemas lênticos na depuração dos poluentes, funcionando como locais de decantação.

O Mapa 12 – Cadastro dos Meios Físico e Biótico (Volume Anexos), apresenta algumas áreas de pastagem, exploração mineral e plantio florestal nas Áreas de Influência do empreendimento.

5.1.4.4 *Qualidade de Água – Área de Influência Direta (AID)*

Para estabelecer as condições de qualidade de água no interior do reservatório da UHE Funil são apresentadas informações obtidas no “Programa de Monitoramento da Qualidade da Água do Reservatório da UHE Funil (2000 – 2001)”.

As análises realizadas por FURNAS verificaram variáveis físicas e químicas, como Oxigênio Dissolvido, Temperatura da Água, pH, Condutividade, Amônia, Nitrito, Nitrato, Nitrogênio, Ortofosfato, Fósforo total, Sólidos Totais em Suspensão, Sólidos Orgânicos em Suspensão e Sólidos Inorgânicos em Suspensão.

Apesar das concentrações de nutrientes encontradas não serem elevadas na maior parte do ano, em virtude, entre outros fatores, da rápida assimilação por parte das algas de baixas latitudes, a combinação dos valores encontrados para outras variáveis permite classificar o reservatório como um sistema eutrofizado.

O reservatório da UHE Funil se encontra num nível elevado de poluição, mesmo com uma baixa ocupação das margens. Isto acontece devido ao elevado aporte de esgoto proveniente do próprio rio Paraíba do Sul.

Além disso, como será caracterizado nos próximos itens, o reservatório está cercado por uma região de relevo muito acidentado (“mar de morros”), inibindo a ocorrência de cultivos agrícolas extensivos na maior parte da área. Mesmo assim, o reservatório não se encontra em condições de proporcionar aos usuários atividades de lazer para banhistas ou pescadores. Dessa maneira, mostra-se necessária uma especial atenção sobre a situação da qualidade das águas em toda a Bacia do Paraíba do Sul, uma vez que o processo de eutrofização existente no reservatório da UHE Funil vem demonstrar que o rio está em um estado crescente de degradação, que ultrapassa os limites de capacidade de autodepuração e afeta as comunidades que interagem no sistema.

O Mapa 13 – Estações e Pontos de Amostragem e Reflorestamentos (Volume Anexos), apresenta a localização das estações de monitoramento utilizadas para a caracterização da qualidade da água na Área de Influência Direta da UHE Funil.

5.1.4.5 *Uso dos Recursos Hídricos – Área de Influência Indireta (All)*

O Relatório Zero da UGRHI – 02 apresenta os níveis de atendimento realizado por ICF-Kaiser e Logos em 1999. A Tabela 5 apresenta as demandas e perdas dos municípios de Queluz, Areias e São José do Barreiro, contribuintes imediatos do reservatório de Funil e pertencentes à UGRHI – 02.

O Relatório revela, ainda, que não existem, de acordo com dados de 1999, grandes problemas relacionados à carência de disponibilidade de recursos hídricos da UGRHI – 02.

Tabela 5 – Dados gerais de demandas de três municípios da UGRHI – 02 (ICF-Kaiser & Logos, 1999).

Município	População Atendida (hab)	Volume Produzido (m ³ /ano)	Volume Hidrometrado (m ³ /ano)	Consumo per capita (l/hab.dia)	Efluentes per capita (l/hab.dia)	Índice de perdas (%)
Queluz	6.993	715.908	489.522	280,48	191,80	34,62
Areias	2.298	438.000	306.600	522,19	365,54	30,00
São José do Barreiro	1.098	183.960	91.980	459,02	229,51	50,00

Fonte: Relatório Zero Paraíba do Sul 2000 – CETESB.

Segundo o trabalho realizado pela COPPE/UFRJ, no diagnóstico dos recursos hídricos da Bacia do Paraíba do Sul, os usos e demandas associados à região a montante da UHE Funil podem ser sintetizados da seguinte maneira (Tabela 6):

Tabela 6 – Vazões captadas, consumidas e cargas de DBO a montante da UHE Funil.

Uso	Vazão captada (m ³ /s)	Vazão consumo (m ³ /s)	Carga de DBO (kg/dia)
Saneamento básico	5,53	5,53	64,49
Indústria	1,99	0,60	9.785
Agropecuária	11,59	8,22	-

Fonte: Diagnóstico Atual da situação dos Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul (COPPE/UFRJ).

A Tabela 6 apresenta as vazões referentes à bacia do rio Paraíba do Sul desde as nascentes até o reservatório da UHE Funil, que mostram uma situação geral a montante da UHE.

Segundo dados do CEIVAP, o panorama das outorgas na Bacia do Paraíba do Sul é bastante variado de acordo com a ação de cada estado. O Estado de São Paulo possui uma atividade intensa, com 1.529 outorgas concedidas até setembro de 2001, sendo 440 para poços e 1.089 para águas superficiais. Em Minas Gerais (a jusante da UHE Funil e fora da All) estavam concedidas, até janeiro de 2002, 107 outorgas, sendo 48 de poços e 59 de águas superficiais. O Estado do Rio de Janeiro concedeu, também até janeiro de 2002, 7 outorgas de água superficiais, com 46 ainda por examinar e nenhuma de poços, estando 20 por analisar.

O Diagnóstico Ambiental do Reservatório de Funil relata que "a poluição proveniente do estado de São Paulo ocasiona comprometimentos diversos para os usos do reservatório de Funil, entre os quais: prejuízos para o sistema de geração hidrelétrica; comprometimento da qualidade da água para a pesca de sobrevivência e comercial; redução do potencial de aproveitamento turístico/lazer e comprometimento para a dessedentação de animais".

As alterações na composição físico-química e biológica, em função das cargas que aportam no reservatório, colocam em risco a utilização das águas a jusante diante da possibilidade de redução da capacidade assimilativa do sistema aquático. Assim, as principais modificações para a qualidade da água que podem ocorrer a jusante são: redução dos níveis de oxigênio dissolvido; aumento do teor de fosfatos; aumento do teor de sólidos dissolvidos; possibilidade de transferência de substâncias tóxicas; aumento do teor de ferro na água; alterações na alcalinidade da água; aumento do conteúdo de amônia e outras substâncias reduzidas (como sulfetos) no período de verão e possibilidade de transporte de toxinas liberadas por cianofíceas.

5.1.4.6 Uso dos Recursos Hídricos – Área de Influência Direta (AID)

"O reservatório de Funil define as condições iniciais de qualidade da água do rio Paraíba do Sul em território fluminense de forma que alterações na qualidade de água do reservatório de Funil irão repercutir na elevação dos custos de tratamento de água das cidades a jusante bem como em sua utilização para suprimento industrial e outros usos como irrigação e, principalmente, geração hidrelétrica nos sistemas existentes ou previstos para implantação" (COPPE/UFRJ, 1997).

A região que compreende a Área de Influência Direta (AID) do empreendimento está associada ao reservatório e suas margens, sendo utilizada predominantemente para pastagens (fotos 9, 10, 17 e 18 – mapa 12).

Assim, o principal uso presente na AID é caracterizado pela geração de energia (uso não consuntivo). Secundariamente é possível citar atividades de pesca e lazer náutico, esta última uma atividade eventual e pouco difundida.

Os pontos de captação de água para a irrigação estão difusamente localizados, ocorrendo apenas em poucos segmentos onde é possível o estabelecimento de culturas de pequeno porte, principalmente de subsistência para as fazendas. Cabe lembrar que a Área de Influência Indireta (AII) é primordialmente ocupada pela pecuária, e que os rios que drenam para o reservatório são de pequeno caudal. Assim, a Área de Influência Direta é minimamente influenciada por tais cultivos em virtude dos seus tamanhos e das condições de forma, declividade e ocupação das áreas adjacentes às margens do reservatório.

Os atuais usos dos recursos hídricos na Área de Influência Direta são compatíveis com a classe de usos onde o reservatório se enquadra. A exceção, óbvia, está no regime de operação da UHE Funil, que pode alterar o regime de vazões a jusante e o nível do reservatório. No entanto, como verificado nos gráficos 9 a 11 (página 51), apresentados anteriormente, nos últimos dois anos a água afluente tem sido equivalente à defluente, e as características sazonais de vazão e altura do reservatório têm sofrido mínima alteração na operação da UHE.

5.1.5 Geologia e Geomorfologia

5.1.5.1 Área de Influência Indireta (AII)

A geologia da área foi elaborada com base no Mapeamento Geológico RADAMBRASIL, escala 1:1.000.000, de 1983, nas demais informações bibliográficas disponíveis e nos caminhamentos de campo, sendo apresentado o mapa geológico escala 1:250.000 (Ver Mapa 06 – Geológico – Anexos).

Segundo dados do Relatório Zero da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul (UGRHI – 02), a unidade apresenta três conjuntos litológicos principais: os terrenos cristalinos ígneo-metamórficos (substrato das bacias cenozóicas, com idades desde o Arqueano até o Cenozóico), as rochas sedimentares cenozóicas (formações Caçapava e Tremembé) e os terrenos sedimentares mais recentes, predominantemente aluvionares.

A Norte e Nordeste há ocorrência de foiaitos, pulaskitos, pseudoleucita sienitos, lujauritos, sienitos e nordmarkitos (kTλ), próximos à Serra da Mantiqueira, e intercalações de arenitos, conglomerados e sedimentos areno-argilosos (TQr) com areias, cascalhos e argilas inconsolidadas (Qa), respectivamente.

De Sudeste para Sudoeste ocorrem intercalações entre rochas da unidade $p\epsilon os$, gnaisses e migmatitos estromáticos com bandas xistosas e xistos gnáissicos, apresentando foliação de plano axial de forte ângulo e evidências de transposição ($p\epsilon e$) e quartzitos (qz), granitos pós-tectônicos com pórfiros rosados em matriz grosseira granodiorítica ($p\epsilon Ytc$). No mesmo sentido, há uma faixa de silimanita-muscovita-quartzo xistos que se inicia na margem esquerda do reservatório.

Conforme pode ser visualizado no Mapa 06 – Geológico (Ver Volume Anexos), ocorre um predomínio da unidade Complexo Paraíba do Sul.

O **Complexo Paraíba do Sul** corresponde às rochas existentes entre as falhas de Camanducaia e Jundiuvira. São gnaisses e migmatitos diversos, bandados e oftalmíticos, com diferentes graus de migmatização, além de intercalações de metassedimentos e injeções de granitóides. Este complexo possui sua origem no Proterozóico Inferior, sendo posteriormente retrabalhado no Ciclo Brasileiro (Santoro et al., 1991).

Os sedimentos terciários da **Formação Bacia de Resende** têm origem relacionada a um sistema de leques aluviais, distinguindo-se, na região entre Queluz (SP) e Itatiaia (RJ), fácies correspondentes às porções proximais e distais destes leques. Não raramente, os sedimentos da Formação Resende apresentam-se como manchas isoladas, em meio às rochas do embasamento pré-cambriano do alto Estrutural de Queluz. Ao conjunto de sedimentos desta formação, foi atribuída a idade eocênica-oligocênica (Salvador & Ricomi, 1995).

Em relação às formações geomorfológicas, o Vale do Paraíba do Sul está inserido na Província Geomorfológica do Planalto Atlântico, caracterizando as zonas do Planalto de Paraitinga, Planalto da Bocaina, Médio Vale do Paraíba e parte da Serra da Mantiqueira. Mais adiante são descritas as características de cada uma destas zonas, com base na bibliografia supracitada.

Em linhas gerais, na região do Vale ocorrem altimetrias que vão desde os 100 metros, nas margens do Rio Paraíba do Sul, a 1.250 m, nos topos das cristas. O rio Paraíba do Sul apresenta leito meândrico em seu curso médio-superior (Bacia de Taubaté), e calha retelinizada no seu curso médio-inferior, onde corta a área estrutural entre os alinhamentos serranos (RADAMBRASIL, 1983). Os morros desenvolvidos sobre rochas pré-cambrianas e regiões de colinas sedimentares conferem à UGRHI-2 topografia complexa e rugosa, onde o relevo mamelonar típico é chamado de “mar de morros”, estando o Vale encaixado entre a Serra da Mantiqueira e o Planalto de Paraitinga.

O Mapa 07 – Geomorfológico (Anexos), apresenta as unidades geomorfológicas encontradas na área de influência da UHE Funil.

5.1.5.2 *Área de Influência Direta (AID)*

O reservatório de Funil encontra-se quase totalmente inserido no Complexo Paraíba do Sul sobre gnaisses bandeados predominantemente tonalíticos, migmatíticos, em geral estromáticos, com ampla cataclase e recristalização, com foliação de plano axial de forte ângulo e evidências de transposição ($p \in Cgn$) (Ver Mapa 06 – Geológico, Vol. Anexos).

No contexto geomorfológico, a AID está inserida na Depressão do Médio Paraíba do Sul, onde são identificados os Morros Cristalinos, que abrangem os arredores da Bacia de Taubaté, a Bacia do rio Jaguari e parte da porção ocidental da Serra da Mantiqueira, dispondo-se em relevos de morros paralelos, mar de morros (UHE Funil) e morrotes alongados paralelos.

O tipo de relevo “mar de morros” é caracterizado por topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos; drenagem de alta densidade; padrão dendrítico a retangular; vales abertos a fechados e planícies aluvionares interiores desenvolvidas. Geralmente constituem um conjunto de formas em “meia laranja”.

5.1.6 *Pedologia*

5.1.6.1 *Área de Influência Indireta (AI)*

Os dados referentes aos solos que são aqui apresentados estão baseados no Mapa Exploratório de Solos do Projeto RADAMBRASIL, de 1983, e realizado pelo Ministério de Minas e Energia. Entretanto, a ocorrência será descrita segundo RADAMBRASIL e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, estruturado e publicado pela Embrapa em 1999.

O trabalho do RADAMBRASIL cita a pecuária como atividade predominante na Área de Influência Indireta do reservatório e que os solos de maior ocorrência são os Latossolos, seguidos dos Cambissolos e Solos Aluviais Distróficos.

Atualmente, os Latossolos apresentam maior capacidade para o uso da terra, apesar de serem mais sujeitos à erosão. Sua utilização é mais voltada para pastagem de gado leiteiro, predominando nos pastos o capim gordura (*Melinis minutiflora*). Também é possível o cultivo de banana e milho, devido à relativa capacidade de troca catiônica.

Segundo o Diagnóstico Ambiental do Reservatório de Funil, na Área de Influência Indireta ocorrem solos Latossólicos, onde predominam as argilas que caracterizam solos ácidos, com alto teor de alumínio e baixa permeabilidade. O estudo informa, também, que, concomitantemente à baixa fertilidade natural do solo, associam-se uma série de eventos

históricos, iniciados pelo extrativismo de madeiras, e posteriormente pela cultura extensiva do café, que contribuíram para o esgotamento da sua produtividade. Com o fim da cafeicultura, o uso agrícola foi substituído pela pecuária extensiva, de baixa produtividade, que constitui o principal uso econômico atual das terras do entorno do reservatório.

Um estudo realizado para FURNAS pela empresa IMAGEM (1994) identificou que 63 % dos solos na bacia de drenagem direta destinam-se a pastagens, 10 % a reflorestamentos econômicos de eucalipto, 20% são formados por matas e apenas cerca de 1% destina-se à agricultura.

A ocupação atual do solo pela pecuária extensiva pode, indiretamente, propiciar o transporte de sedimentos para o reservatório, uma vez que facilita os processos erosivos e impede a regeneração natural da cobertura vegetal. Entretanto, o Diagnóstico Ambiental do Paraíba do Sul considera as contribuições de sedimentos provenientes da área do entorno do reservatório pouco expressivas, diante da magnitude do aporte alóctone proveniente do rio. Além disso, a área caracteriza-se por baixa ocupação humana, não ocorrendo, portanto, processos de poluição difusa significativa de caráter orgânico ou químico para o reservatório.

Segundo a identificação e mapeamento do RADAMBRASIL e sua correlação com o sistema Brasileiro de Classificação de Solos, os tipos de solos existentes na Área de Influência do empreendimento são os apresentados na Tabela 7, a seguir, e no Mapa 08 – Pedológico (Anexos).

Tabela 7 – Tipos de solo encontrados nas áreas de influência da UHE Funil.

RADAMBRASIL	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa)
LVa – Latossolo Vermelho-Amarelo álico	L – Latossolo
LAa – Latossolo Amarelo álico	L – Latossolo
Ca – Cambissolo álico	C – Cambissolo
CHa – Cambissolo Húmico álico	C – Cambissolo
Ad – Solos Aluviais distróficos	R – Neossolos

Em relevos de colinas e planícies, há uma tendência à infiltração de água que, ao entrar em contato com o substrato, favorece o desenvolvimento de solos mais profundos (Latossolos), enquanto em relevos de alta declividade, a ação do escoamento superficial sobrepõe-se à infiltração, levando à formação de solos rasos (Cambissolos e Neossolos).

Os Latossolos caracterizam-se por apresentar o horizonte B latossólico (profundo, avançado estágio de intemperização, textura uniforme e transição indistinta no perfil) imediatamente abaixo do “horizonte” A. São solos de excelentes propriedades físicas, sendo que a alta porosidade total propicia uma boa drenagem interna, e a elevada friabilidade permite um manejo fácil para o cultivo agrícola. São típicos de regiões equatoriais e tropicais, podendo ocorrer em zonas subtropicais, distribuídos por amplas e antigas superfícies de erosão, sedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevo plano a suave ondulado, podendo ocorrer em áreas mais acidentadas, inclusive relevos montanhosos.

Os Cambissolos constituem solos de material mineral com horizonte A, ou hístico de espessura menor que 40 cm, horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Devido à heterogeneidade dos seus materiais de origem, das formas de relevo presentes e das condições climáticas, as características deste tipo de solo variam de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escuro e de alta a baixa saturação por bases.

Os Neossolos compreendem solos de material mineral ou material orgânico pouco espesso, não apresentando horizonte B diagnóstico, ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A.

5.1.6.2 *Área de Influência Direta (AID)*

Os tipos de solos estão diretamente relacionados ao relevo regional e ao substrato rochoso. A influência do relevo na formação do solo manifesta-se principalmente pela interação entre as formas de relevo e a dinâmica da água. A predominância de solos da AID é do Latossolo, que se faz predominante nas margens do reservatório. A correlação dos solos com RADAMBRASIL, 1983 é apresentada na Tabela 7, página 63 e os solos presentes na AID são mostrados no Mapa 08 – Pedológico (Anexos).

A descrição dos solos encontrados na AID, apesar de estar dentro dos parâmetros esperados para a região, deve ser confrontada com um fator importante existente: a utilização dos solos ao longo dos anos. A expansão agrícola ocorrida na região, seguida do uso atual, primordialmente em pastagens, afetou e afeta todas as relações do solo com as águas das chuvas e do reservatório (variação de nível), a falta de cobertura vegetal é outro fator que deve ser considerado, pois, juntamente com o relevo existente (mar de morros) influencia sobremaneira a ocorrência de erosões, abundantes no entorno do reservatório.

5.1.7 Erosões

A formação de reservatórios traz normalmente, variações das condições naturais de equilíbrio do meio. Dentre estas variações, a erosão se apresenta como uma questão relevante, que deve ser analisada na fase anterior à implantação e durante a operação do empreendimento.

A análise da erosão pode dar-se em diferentes escalas, desde o estudo pontual (classificação, geometria, localização, etc.) até projetos mais complexos que envolvam o estudo do conjunto de fatores e processos intrínsecos que normalmente tomam a bacia hidrográfica como unidade de análise.

O presente relatório visa apresentar o cadastramento realizado das principais erosões, para posteriormente estabelecer níveis de criticidade e sistemas de monitoramento adequados às distintas situações.

Devido ao fato da implantação do empreendimento ter ocorrido há vários anos, e pela falta de estudos específicos sobre os possíveis impactos associados à erosão na fase de enchimento do reservatório, os pontos levantados foram caracterizados a partir da situação atual e de dados secundários obtidos em relatórios também realizados em fases pós-enchimento.

A avaliação das erosões existentes na faixa marginal e no entorno do reservatório da UHE Funil iniciou-se com o reconhecimento das margens e entorno do reservatório, sendo percorrida toda a extensão do reservatório por sobrevôo. Em seguida, as margens foram percorridas de barco, para levantamento dos pontos notáveis de erosão com registro fotográfico, descrição sucinta e georreferenciamento, com Sistema Global de Posicionamento (GPS). No escritório foi realizada a locação dos pontos levantados na base cartográfica do reservatório e sobre a imagem de satélite, sendo então realizada reunião técnica para a determinação de nova saída de campo com pontos predeterminados de reconhecimento. De posse dos dados, foi realizada a classificação da situação, para nortear a realização de possíveis programas de monitoramento.

Naturalmente, a erosão ocorre em equilíbrio com os processos de pedogênese, é a chamada erosão geológica. A erosão que acontece em áreas de ocupação antrópica é definida como acelerada, porque esta intervenção normalmente retira a cobertura vegetal natural, que evita a ocorrência da erosão, acelerando o processo de desgaste do relevo.

Nas Áreas de Influência da UHE Funil, os processos erosivos existentes são originados de ações que se iniciaram junto com a ocupação do Vale do Paraíba. Dessa maneira, o cálculo do potencial de erosão pode ser substituído pelo histórico de ocupação, que transformou a região de uma maneira determinante para o surgimento do grande número de processos erosivos que ocorrem em toda a área onde se insere o reservatório e seu entorno.

5.1.7.1 *Área de Influência Indireta (All)*

O Programa Estadual de Investimentos na Bacia do Rio Paraíba do Sul/RJ, realizado pelo Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, informa que *a bacia do rio Paraíba do Sul - e praticamente todo o Estado do Rio de Janeiro - sofre as danosas conseqüências do uso inadequado de suas terras, desde o "descobrimento do Brasil". O processo de ocupação e uso da terra no Estado caracterizou-se pelas sucessivas retiradas de florestas, substituindo-as por agricultura e pecuária, praticadas de maneira absolutamente inadequadas às condições ambientais da maior parte do Estado e da bacia particularmente. Sucederam-se diversos ciclos de exploração econômica e o persistente uso inadequado dos solos acabou por levar à inevitável degradação da capacidade produtiva e a um cenário de milhares de hectares de terras em acelerado processo de erosão.*

Os estudos mostram, ainda, que, em mais de dois séculos de ocupação intensa, ocorreram danosas alterações na paisagem da região, com a erosão acelerada modificando a topografia em diversos locais. *“Verificou-se que a ocorrência de processos erosivos acelerados na bacia do rio Paraíba do Sul está diretamente associada à ausência de cobertura florestal e os processos variam de tipo e intensidade de acordo como a forma de uso da terra e com a suscetibilidade do meio físico aos agentes erosivos. Normalmente, a erosão está relacionada aos desmatamentos e à inadequação das seguintes formas de uso: uso **rural** - pecuária e agricultura (café no passado e olerícolas hoje); **mineração** para construção civil (areia, argila, saibro, etc); uso **urbano** (arruamentos, loteamentos, etc); e **estradas** (cortes, taludes, movimento de terra)”.*

As erosões encontradas na All localizam-se, principalmente, na calha do próprio rio Paraíba do Sul, onde os fatores como o tipo de solo e o relevo, associados à falta de cobertura vegetal, influenciam o surgimento de erosões, o que ocorre igualmente no reservatório. Outro fator importante a ser ressaltado é a influência do Estado de São Paulo nos primeiros afluentes da margem direita do trecho fluminense, que possuem parte de suas bacias no trecho paulista e drenam parte do município de Resende e para o reservatório da UHE Funil, após atravessar toda a região urbano-industrial do Vale do Paraíba paulista.

Os desmatamentos e plantios em linhas acarretaram na perda do horizonte superior do solo por erosão laminar, carreando sedimentos para o fundos de vales e leitos de rios. Posteriormente, estes solos já erodidos pela lavoura cafeeira receberam a pecuária e a prática de controle de pastagens com queimadas. Atualmente, a região compreendida entre os municípios de Cruzeiro e Queluz, em São Paulo, até a região de Vassouras – RJ, principalmente a localizada entre a Rodovia Nova Dutra e o rio Paraíba do Sul, é uma das mais críticas em relação à existência de erosão acelerada, como pode ser verificado na Foto 26 e na Foto 27.

Os trechos com pequenas sub-bacias ao longo do rio Paraíba do Sul da parte paulista até o reservatório de Funil e deste até a elevatória de Santa Cecília, já no estado do Rio de Janeiro, reúnem, respectivamente, a maior área de terras de alta vulnerabilidade e uma grande extensão de terras de muito alta vulnerabilidade à erosão.

Um dos problemas que dificulta ações efetivas é o caráter difuso do mecanismo das erosões existentes, que estão intimamente associados a mudanças culturais paulatinas, além de dispendiosas.



Foto 26 – Vista de erosão localizada às margens do rio Paraíba do Sul, em trecho situado ao lado da Via Presidente Dutra (FONTE: MRS).



Foto 27 – Vista da erosão em detalhe (Localização: Mapa 11, Foto 13) (FONTE: MRS).

5.1.7.2 Área de Influência Direta (AID)

Conforme descrito anteriormente, existe uma propensão à ocorrência de processos erosivos nas margens do reservatório de Funil, causados pela conjunção de fatores como tipo de solo, depleção do lago, relevo e uso. O desgaste dos solos do Vale do Paraíba, devido à derrubada de mata primitiva e o cultivo intenso de café, causou eliminação da fertilidade na região em espaço de tempo relativamente curto, favorecendo a erosão, especialmente nas áreas de declividade acentuada. A pecuária, cuja manutenção exige o estabelecimento de pastagens, também tem sua parcela de contribuição na acentuação dos processos erosivos. A declividade do terreno situa-se na faixa de média a média alta (até 45 % de inclinação), que associada às características dos solos, aos fatores climatológicos e ausência de vegetação, aumentam a suscetibilidade dos solos à erosão.

O Relatório de Camadas de Sedimentos, do Levantamento Topo-Batimétrico do Reservatório de Funil, de 1993, esclarece que o quadro fisiográfico conhecido como mar de morros é *“propício à ocorrência de intensa erosão, sob a forma de voçorocas e movimentos de massa, agravados pelo desmatamento verificado em toda área, desde o período do ciclo do café, até as atuais pastagens”*.

De acordo com os levantamentos realizados pela COPPE/UFRJ, as erosões ocorrem de forma generalizada na bacia do Paraíba do Sul, desde a forma menos visível (laminar ou superficial) até processos mais intensos como as voçorocas. Este problema vem sendo registrado há vários anos, conforme pode ser visto na Foto 28 e na Foto 29, que apresentam pontos de erosão registrados em 1993 pelo Anexo de Fotografias do Monitoramento e Gerenciamento da Qualidade da Água do Reservatório do Funil – RJ.

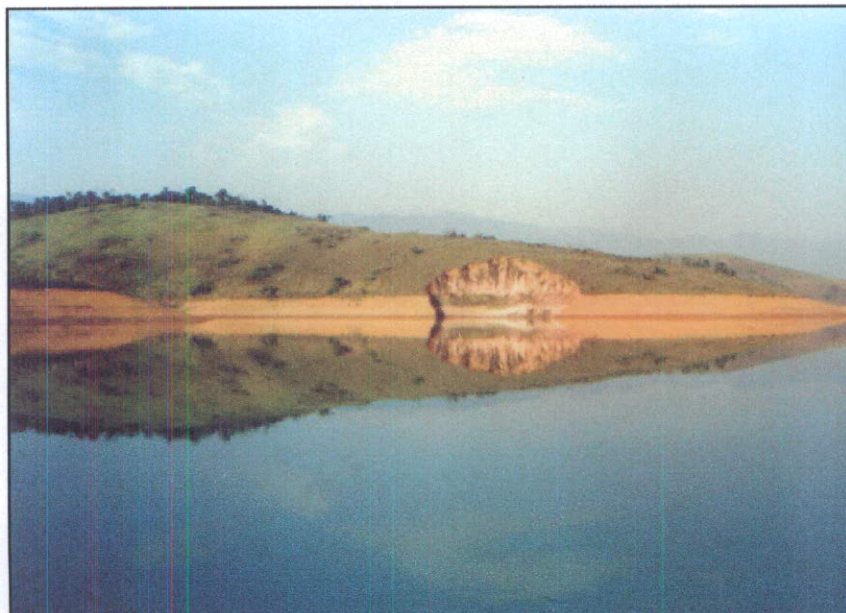


Foto 28 – Vista de ponto de erosão na margem do reservatório de Funil registrado em 1993 (FONTE: FURNAS).



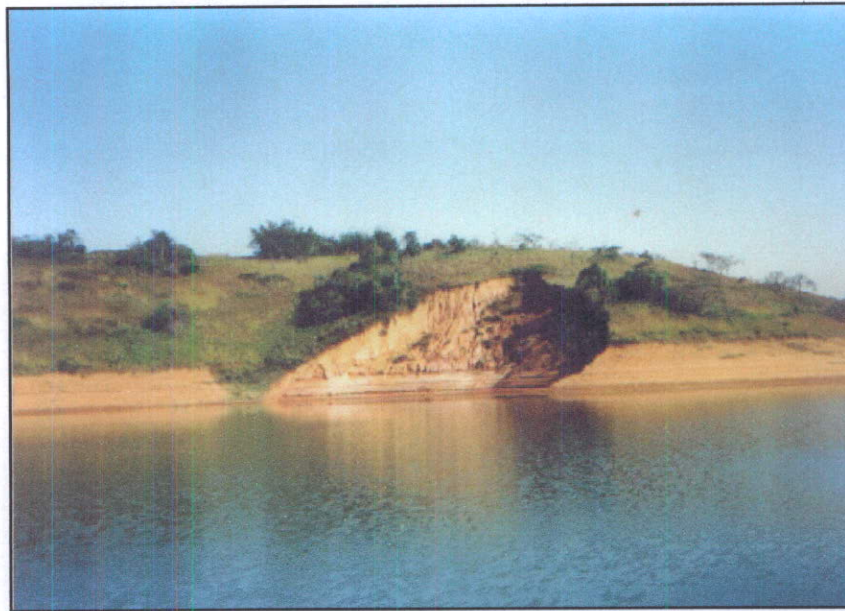


Foto 29 – Vista de ponto de erosão na margem do reservatório de Funil registrado em 1993 (FONTE: FURNAS).

Na faixa marginal do reservatório de Funil, os processos erosivos registrados estão situados em diversos pontos das margens. Os pontos de erosão são apresentados a seguir. Primeiramente os reconhecidos por advento do sobrevôo e, em seguida, os registrados nas margens com o barco. Todas as fotos estão referenciadas no Mapa 11 – Cadastro Fotográfico de Erosões (Vol. Anexos).

Os processos erosivos registrados são do tipo linear, principalmente em sulcos e solapamento. Tais processos ocorrem de maneira concomitante, devido à situação em que se encontram as áreas erodidas, que favorecem o tombamento. As erosões possuem tamanhos variados, que estão associados, principalmente, à altura dos taludes, ou morros, que compõem as margens do reservatório da UHE Funil.

Os escorregamentos e solapamentos ocorrem no início do período das chuvas (outubro), quando as encostas apresentam um grande desnível entre a lâmina d'água e o topo do talude.

A Foto 30 mostra um processo erosivo localizado na região a jusante da UHE Funil, o que pode vir a comprometer as linhas de transmissão que passam ao lado da usina, caso esta continue a se expandir.



Foto 30 – Vista de erosão localizada próximo à UHE Funil (FONTE: MRS).



Foto 31 – Área de erosão no reservatório de Funil (FONTE: MRS).



Foto 32 – Vista aérea uma erosão (FONTE: MRS)



Foto 33 – Vista de uma das erosões (FONTE: MRS).

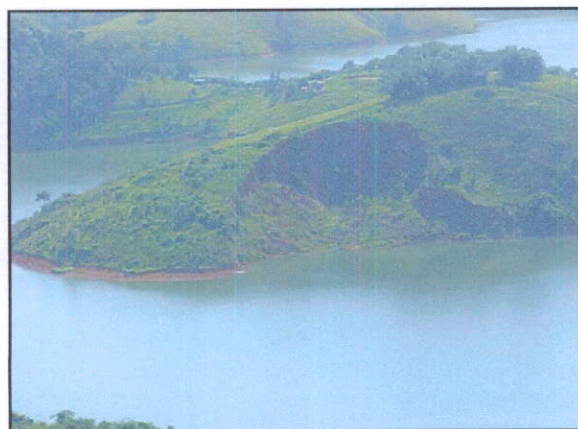


Foto 34 – Vista aérea de erosão (FONTE: MRS).



Foto 35 – Vista de ponto de erosão (FONTE: MRS).



Foto 36 – Vista de erosão com área de pastagem (FONTE: MRS).



Foto 37 – Vista de várias erosões (FONTE: MRS).



Foto 38 – Vista de dois pontos de erosão (FONTE: MRS).



Foto 39 – Vista de uma erosão e um pequeno fragmento de mata secundária (FONTE: MRS).



Foto 40 – Vista das erosões localizadas em frente ao Dique de Nhangapi (FONTE: MRS).



Foto 41 – Vista das erosões de Nhangapi em aproximação (FONTE: MRS).



Foto 42 – Vista da erosão em frente a Nhangapi (FONTE: MRS).



Foto 43 – Detalhe da erosão em Nhangapi (FONTE: MRS).



Foto 44 – Vista de erosão na margem do reservatório (FONTE: MRS).



Foto 45 – Vista de outro ponto de erosão em sentido norte (FONTE: MRS).



Foto 46 – Vista da erosão, sentido sul (FONTE: MRS).



Foto 47 – Vista de outro ponto de erosão, sentido sul (FONTE: MRS).



Foto 48 – Vista de uma erosão com fragmento de mata secundária ao fundo (FONTE: MRS).



Foto 49 – Vista de solapamento ao lado em área de plantio de eucaliptos às margens do reservatório (FONTE: MRS).



Foto 50 – Vista de uma erosão em uma ilha do reservatório (FONTE: MRS).



Foto 51 – Vista de um ponto de erosão (FONTE: MRS).



Foto 52 – Vista de ponto de erosão (FONTE: MRS).



Foto 53 – Vista de erosão na margem do reservatório (FONTE: MRS).

8

5.1.8 Recursos Minerais

A Constituição Federal define que "os recursos minerais, inclusive os do subsolo" são propriedade da União. O Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM é o órgão regulador do setor mineral, ou seja, tem a responsabilidade de outorgar a concessão para pesquisa e exploração mineral em todo o território nacional, bem como fiscalizar estas atividades.

Existem dois caminhos possíveis para a regularização de uma área para exploração mineral: Registro de Licença (ou Licenciamento), utilizado na exploração de minerais destinados ao uso na construção civil, como areia, brita, etc e a Concessão de Lavra. O Registro de Licença é um processo simples, que depende diretamente da autorização da Prefeitura Municipal para que o processo evolua. Após esta autorização, é feito o registro no DNPM e em poucos dias a autorização é concedida. Já a Concessão de Lavra é uma alternativa que passa obrigatoriamente por uma fase de pesquisa antes da obtenção do direito de explorar, não dependendo diretamente da Prefeitura Municipal.

As fases do processo que devem ser seguidas para se obter uma Concessão de Lavra são por ordem cronológica:

- Requerimento de Pesquisa
- Autorização de Pesquisa
- Requerimento de Lavra
- Concessão de Lavra

O levantamento das atividades minerárias nas Áreas de Influência da UHE Funil foi realizado de forma a caracterizar a utilização dos recursos minerais e mostrar as atividades de mineração existentes e potenciais da região.

Foi realizado um sobrevôo na região do reservatório e entorno, para levantamento de pontos notáveis e grandes áreas de mineração (Foto 54). A seguir, as margens do reservatório foram percorridas de barco, para verificação dos pontos de erosão e averiguação da existência de algum processo de mineração não visualizado no sobrevôo.

Além disso, foi realizada uma pesquisa junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, na base de dados de 2003 do cadastro mineiro, para as seguintes fases de processo: Requerimento de Pesquisa; Autorização de Pesquisa; Requerimento de Lavra; Concessão de Lavra; Licenciamento e Áreas em Disponibilidade.

Os resultados encontrados na pesquisa para as fases acima descritas, nas Áreas de Influência da UHE Funil, estão localizados no Mapa 14 – Áreas de Interesse Mineral.

A Tabela 8 abaixo mostra as áreas com registro no DNPM, por fases de exploração, nas Áreas de Influência da UHE Funil.

Tabela 8 – Áreas de interesse mineral nas áreas de influência da UHE Funil.

Fase	Área (ha)
Requerimento de Pesquisa	3.315
Autorização de Pesquisa	6.642
Requerimento de Lavra	1.861
Concessão de Lavra	2.562
Licenciamento	50
Disponibilidade	1.079
TOTAL	15.509

FONTE: DNPM/2003

Como se observa, apesar da área registrada no DNPM ser considerável (15.509 ha) e corresponder à cerca de 16,5% da soma das Áreas de Influência Direta e Indireta, apenas 2.612 ha representam a área que pode estar sendo efetivamente explorada, o que equivale a 2,78% das áreas da AID e All.

A Tabela 6 do volume de Anexos traz a listagem dos processos levantados, com a fase em que se encontram, o nome do interessado, o ano e as principais substâncias requeridas.

5.1.8.1 *Área de Influência Indireta (All)*

Segundo dados do Programa Estadual de Investimentos na Bacia do Rio Paraíba do Sul/RJ, realizado pelo Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, até abril de 1996 havia um total de 1.622 processos nos municípios da bacia do rio Paraíba do Sul, incluindo pesquisa e lavra, para um total de 47 substâncias. Desse total, cerca de 75% referiam-se a apenas seis substâncias - granito, gnaise, areia, argila, calcário e água mineral. Os processos para areia e argila aparecem mais em Resende, pertencente à All do empreendimento, Paraíba do Sul e Três Rios.

Ainda segundo o estudo da COPPE/UFRJ, os números acima apresentados mostram o universo de interesse pela mineração e não se referem às reais atividades minerais na bacia, uma vez que muitos desses processos estão ainda em fase de pesquisa e outros não foram ainda licenciados ou foram indeferidos. Muitos não estão registrados no DNPM, o que ratifica a suspeita de ocorrência de atividades clandestinas na bacia.

As fotos a seguir mostram duas áreas identificadas no levantamento de campo e que se encontram em operação. São uma lavra a céu aberto, provavelmente areia e argila, conforme pode ser visto na Foto 54 e uma área de exploração de areia por meio de dragagem no leito do rio Paraíba do Sul, num trecho localizado entre o rio e a Rodovia Presidente Dutra, conforme pode ser visto na Foto 55 e em detalhe na Foto 56.

O Mapa 12 – Cadastro Fotográfico (Volume Anexos) traz a localização das áreas de exploração mineral fotografadas.



Foto 54 – Área de exploração mineral localizada próximo à cidade de Queluz (AlI) (FONTE: MRS).



Foto 55 – Área de exploração mineral (draga) no rio Paraíba do Sul (FONTE: MRS).



Foto 56 – Área de dragagem na margem do rio Paraíba do Sul em detalhe (FONTE: MRS)

5.1.8.2 Área de Influência Direta (AID)

Não foram encontradas durante o sobrevôo e levantamento das margens do reservatório, áreas de exploração mineral na Área de Influência Direta da UHE Funil. Entretanto, áreas de exploração clandestinas podem ocorrer em épocas diferentes do ano, o que indica a necessidade de um monitoramento contínuo das margens do reservatório.

5.1.9 Áreas Degradadas

5.1.9.1 Área de Influência Indireta (All)

As principais áreas degradadas na All do empreendimento estão associadas à exploração mineral. As fotos mostradas no item referente aos Recursos Minerais apresentam a degradação provocada pela exploração mineral em uma área de morro e nas margens do rio Paraíba do Sul. O Mapa 12 – Cadastro Fotográfico (Anexos), mostra a localização dessas áreas na imagem de satélite.

5.1.9.2 Área de Influência Direta (AID)

As principais áreas degradadas na AID do empreendimento estão associadas à área de empréstimo da construção do Dique de Nhangapi, além das erosões descritas anteriormente.

A ação das erosões provoca a degradação da área atingida e influencia no assoreamento do reservatório.

O Mapa 11 traz a localização da foto que segue e apresenta uma visão da situação na área de empréstimo da construção do Dique de Nhangapi. As fotos apresentadas no item 5.1.7.2, que tratam das erosões presentes no reservatório, também estão localizadas no Mapa 11.



Foto 57 – Área de empréstimo da construção do Dique de Nhangapi, que resultou em erosão no local (FONTE: MRS).

5.1.10 Assoreamento e Estabilidade de Encostas

O diagnóstico realizado pela COPPE/UFRJ informa que a bacia do Paraíba do Sul é bastante pobre em relação a dados sedimentométricos. Porém, a deposição certamente ocorre ao longo do trecho entre Queluz e Resende, principalmente no reservatório de Funil.

O Diagnóstico Ambiental do Reservatório de Funil (COPPE/UFRJ, 1997), esclarece que cerca de 70% a 80% da carga de sólidos em suspensão transportada pelo rio Paraíba do Sul é acumulada no reservatório, sendo que a maior parte fica depositada no seu trecho inicial. A atividade mineral, bastante difundida na parte paulista da bacia, também contribui para a produção de sedimentos na bacia do Paraíba do Sul.

No ano de 1993, a CONAGE – Consultoria Técnica Ltda., realizou para FURNAS Centrais Elétricas S.A. o *Levantamento Topo-Batimétrico do Reservatório de Funil – RJ*, que levantou os dados com a metodologia do posicionamento de satélites em tempo real e utilizando, para a sísmica, um perfilador de sub-fundo RTT01000, com fonte de 3,5 kHz.

De uma forma geral, o levantamento realizado em 1993 revelou a presença de processos de assoreamento ao longo de toda a extensão do reservatório da UHE Funil. Foi diagnosticado que existe uma ciclicidade no processo de deposição e que há influência dos processos hidrodinâmicos na sedimentação. O trabalho conclui que os levantamentos realizados demonstram a existência de um processo de assoreamento em relação ao talvegue original do rio Paraíba do Sul, mas ressalta que o método utilizado caracteriza o material de fundo e sub-fundo de uma maneira indireta, e que a identificação dos sedimentos descritos só poderia ser realizada com métodos diretos de coleta, amostragem e comprovação, que mapeariam completamente as seqüências deposicionais dentro do reservatório, identificando, inclusive, a presença ou não de materiais orgânicos nas origens.

A Foto 58 apresenta um aspecto da sedimentação proveniente das erosões existentes no reservatório de Funil.



Foto 58 – Vista de uma erosão localizada na margem do reservatório em detalhe, apresentando a deposição de material proveniente do solapamento (FONTE: MRS).

Quanto à situação da estabilidade de encostas, cabe ressaltar que o relevo existente, caracterizado pelo “mar de morros” (forma de meia laranja), não permite o aparecimento de encostas acentuadas. Entretanto, a situação ocorrente na região propicia o solapamento das margens do reservatório, demonstrando a fragilidade dessas encostas em virtude dos fatores relevo, regime de deplecionamento do lago e uso do solo.

Dessa maneira, fica evidente que um monitoramento das margens do reservatório é uma ferramenta necessária para a mitigação das ações degradatórias que agem em conjunto na AID.

5.2 MEIO BIÓTICO

No diagnóstico das Áreas de Influência do meio biótico, considera-se a biota terrestre como Área de Influência Indireta e a biota aquática como Área de Influência Direta, em virtude da correspondência destas com as referidas regiões de estudo.

5.2.1 Área de Influência Indireta (AII)

O estudo científico dos ecossistemas de reservatórios, bem como suas interações com as bacias hidrográficas e com os sistemas a montante e a jusante, tem adicionado novas dimensões à abordagem sistêmica na pesquisa ecológica. E esta é a base fundamental para o gerenciamento sobre a qualidade da água e das bacias hidrográficas, possibilitando interferências rápidas e efetivas nesses ecossistemas artificiais (TUNDISI, 1999).

Reservatórios são sistemas híbridos entre rios e lagos (THORNTON *et al.*, 1990), e, seu estudo deve levar esta característica em consideração. São também sistemas artificiais relativamente recentes, não ultrapassando 100 anos de história. Os reservatórios são parte de uma bacia hidrográfica e como tais, respondem aos vários efeitos decorrentes das atividades antropogênicas nela desenvolvidas.

Em termos ecológicos e ambientais, o processo de criação de reservatórios artificiais promove, nas comunidades terrestres presentes na área a ser inundada, efeitos estocásticos² de variadas proporções, cujo dimensionamento é dependente da escala e da capacidade das espécies em sobreviver ao evento. Neste processo, as variáveis mais importantes são: i) o grau de preservação das partes emersas do entorno; ii) a capacidade de recuperação das populações sobreviventes; iii) a distância existente entre as populações extintas e aquelas mais próximas que eventualmente poderiam servir como recolonizadoras.

Conforme descrito anteriormente, a UHE Funil está localizada no rio Paraíba do Sul, entre os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. A obra foi responsável pela inundação de cerca de 4.000 hectares de terras, na sua grande maioria coberta com pastagens bovinas, além de alguns remanescentes de vegetação nativa, principalmente matas ciliares, de encosta e áreas de várzea do rio Paraíba do Sul, pertencentes ao domínio da Mata Atlântica.

Devido ao relevo montanhoso, o lago formado com o fechamento das comportas submergiu o "Salto do Funil", a vegetação marginal que ainda existia e parte da encosta dos rios que o formam. Apesar da área inundada ter sido relativamente reduzida, os *habitats* submersos constituíam-se por si só em refúgios naturais de vida silvestre, e representavam "fragmentos" naturais de vegetação arbórea dentro do mosaico florestal Atlântico

² Que varia de uma forma não sistemática, ou seja, ao acaso em relação ao tempo.



heterogêneo que originalmente caracterizava a região, e que certamente eram elementos chave para a sustentação da diversidade biológica em todos os níveis.

5.2.1.1 Cobertura Vegetal e Ocupação do Solo

A UHE Funil está localizada no vale do Paraíba do Sul, entre as Serras do Mar e da Mantiqueira, onde predomina a vegetação de Mata Atlântica, que por mais de 500 anos vêm enfrentando uma degradação ambiental significativa, por conta da expansão da fronteira agrícola, crescimento urbano desordenado e a caça exploratória (MARTINS, 1999).

Hoje, a Mata Atlântica conta com somente 5% da cobertura vegetal original, sendo encontrada apenas em regiões de difícil acesso (SOS MATA ATLÂNTICA & INPE 1992). Apesar de ser considerado um dos biomas mais ameaçados do Planeta, possui ainda um dos maiores níveis de diversidade biológica, contendo 7% das espécies mundiais, muitas dessas endêmicas e ameaçadas de extinção (QUINTELA 1990).

Os maiores contínuos de vegetação de Mata Atlântica são hoje encontrados principalmente nas altas encostas da Serra do Mar no Estado de São Paulo, Paraná e Rio de Janeiro, enquanto que fragmentos remanescentes menores estão dispersos pela costa brasileira e Serra da Mantiqueira (MARTINS, 1999; RIZZINI, 1963; ROMARIZ, 1972).

A Serra do Mar possui um relevo de escarpas íngremes e recortadas, muito suscetível a grandes deslizamentos de terras, o que acaba ocasionando a derrubada de várias árvores e a formação de enormes clareiras. Já as clareiras naturais pequenas são resultantes, normalmente, da queda de uma única árvore, de parte da copa ou do tronco de uma árvore morta. São as clareiras que contribuem para propiciar a alta diversidade da Mata Atlântica (HARTSHORN, 1980; WHITMORE, 1984; CLARK, 1990; MANTOVANI & TABARELLI, 1997).

Conforme apontam vários autores (BRAGANÇA *et al.*, 1987; MARINO *et al.*, 1990), a perda da cobertura florestal natural da encosta da Serra do Mar se acelerou e deu maiores dimensões aos problemas ecológicos da região, após sucessivos deslizamentos ocorridos em várias ocasiões na história recente desta floresta.

Alguns agrupamentos de árvores, remanescentes de Mata Atlântica, encontram-se desprovidos de qualquer sentido econômico-florestal, onde a vegetação primária deu lugar a outras formações vegetais, compostas por matas secundárias com baixa diversidade florística e, por conseguinte, faunística (DEAN, 1996; VIANA & TABANEZ, 1996).

Do ponto de vista biológico, tais perturbações ambientais podem resultar em uma série de alterações nas comunidades animais e vegetais. O potencial que esses tipos de modificações têm em alterar as interações bióticas relaciona-se principalmente aos padrões de herbivoria (DIRZO & MIRANDA, 1991), polinização (AIZEN & FEISINGER, 1994),



dispersão (PIZO, 1997; ASQUITH *et al.*, 1997) e predação de sementes (JANZEN, 1978), podendo resultar no colapso de populações animais e vegetais (HOWE, 1984; BOND, 1994; CHAPMAN & CHAPMAN, 1995).

SILVA & TABARELLI (2000) calcularam que mais de 31% da flora arbórea, que hoje ocorre nos fragmentários remanescentes da Floresta Atlântica nordestina estão ameaçados devido ao desaparecimento dos dispersores de suas sementes. Dessa maneira, a manutenção dos fragmentos florestais restantes pressupõe a sua reconexão através de corredores e reflorestamentos marginais de rios, reservatórios e corpos d'água em geral. As florestas ciliares merecem especial atenção, pois além de ajudar a proteger e preservar vários elementos da fauna, diminuem o processo de assoreamento dos diversos tipos de leito d'água, sejam estes de reservatórios ou não.

No caso de reservatórios de hidrelétricas, a vegetação ciliar formada junto aos barrancos marginais ribeirinhos constitui-se em uma sólida estrutura de contenção dos sedimentos que são carreados pela chuva e pela intensa flutuação dos níveis d'água, evitando que os mesmos se acumulem e diminuam a profundidade do reservatório ao longo do tempo.

A partir destas considerações, o presente trabalho procurou realizar levantamentos florísticos e fitossociológicos na Área de Influência da UHE Funil, dando ênfase à caracterização vegetal da área, através de parâmetros quantitativos e qualitativos das comunidades vegetais, incluindo o registro de espécies comerciais até aquelas raras, ameaçadas e/ou indicadoras ambientais. Foram descritos ainda todos os demais componentes da atual cobertura vegetal regional como a variedade de culturas agrícolas e reflorestamentos nativos e exóticos encontrados na área estudada.

A área de estudo envolve toda a Área de Influência da UHE Funil, tendo como curso principal o rio Paraíba do Sul e demais afluentes, como os ribeirões Santana e Vermelho.

Através de imagens de satélite e de levantamentos aerofotogramétricos recentes, os fragmentos vegetacionais mais significativos para os levantamentos florísticos foram selecionados, sempre buscando amostrar a maior diversidade possível de fitofisionomias regionais, como vegetações rupestres, Florestas Semidecíduas e demais formações florestais ciliares e de encosta.

Os critérios para seleção das áreas visaram: (i) amostrar os maiores e mais significativos fragmentos florestais remanescentes, em proximidade com o reservatório, ou tributários importantes; (ii) amostrar o maior número de domínios vegetacionais; e (iii) amostrar as duas margens do reservatório e seus principais interflúvios, sendo utilizados os dados do sobrevôo, as fotos aéreas, a imagem de satélite e o reconhecimento terrestre.

Desta maneira, foram selecionados três fragmentos de mata para o estudo (Ver Mapa 13):

- Mata do Clube Náutico (2 ha), 22° 32'S, 44° 33'W, município de Resende/RJ;

- Mata da Moringa (20 ha), 22° 35'S, 44° 36'W, município de Itatiaia/RJ;
- Mata do Santana (3 ha), 22° 37'S, 44° 39'W, município de São José do Barreiro/SP.

Para o levantamento fitossociológico, foram estabelecidos de 1 a 3 transectos em cada sítio amostral, perpendiculares à borda da mata, em direção ao seu interior. A metodologia utilizada foi de pontos quadrantes (COTTAM & CURTIS, 1956) no qual 10 pontos quadrantes são estabelecidos em cada fragmento, eqüidistantes 10 metros entre si.

Após uma caracterização da fisionomia interna e externa do fragmento florestal, foram amostrados os indivíduos com DAP (Diâmetro à Altura do Peito) maior ou igual a 10 centímetros, medidos com trena, e altura igual ou superior a 2 metros, estimada a partir de uma vara de 2 metros de comprimento. As árvores mortas, que permaneceram fixas ao solo em posição vertical, foram amostradas como pertencentes a um único grupo, uma vez que sua identificação é extremamente difícil.

O material que não foi possível ser identificado em campo, foi coletado e prensado em exsiccatas. A identificação de tais espécies vegetais foi feita a *posteriori* com auxílio de catálogos, guias e chaves de identificação (LORENZI 1992, 1998, LORENZI & SOUZA 2001, IBAMA 2001) como também pela comparação de exsiccatas junto ao Herbário Rio-clarense (UNESP – Rio Claro/SP), onde alguns exemplares foram depositados como parte do acervo.

A composição florística é apresentada em ordem alfabética por família e espécie, de acordo com o sistema de classificação proposto por CRONQUIST (1981). Todas as espécies reconhecidas localmente foram listadas numa única tabela, sendo cada uma delas marcada dentro da categoria à que pertencem, desde espécies relacionadas à amostragem fitossociológica dos sítios estudados até aquelas cuja presença na área foi comprovada por observações diretas em campo (extraquadrantes fitossociológicos), por entrevistas e por publicações específicas.

Os parâmetros fitossociológicos considerados foram os normalmente empregados em levantamentos florestais dessa natureza (MULLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974), tendo sido computados através do Software FITOPAC 2.0 (SHEPHERD, 1995). Através da lista de espécies e análise fitossociológica, os fragmentos florestais estudados foram enquadrados no domínio florestal a que pertencem, conforme estabelecido pelo Mapa da Vegetação do Brasil (IBGE, 1993). Além disso, foram definidas algumas espécies indicadoras de séries sucessionais na avaliação do estado de conservação e regeneração dos fragmentos florestais, tentando resgatar e identificar o contexto histórico e o cenário atual da pressão antrópica sobre os mesmos.

São analisados alguns índices qualitativos e quantitativos, referentes à comunidade de espécies vegetais encontradas no levantamento florístico, assim definidos:

- I. Riqueza (S): é o número de espécies arbóreas amostradas através de análise fitossociológica em cada fragmento.
- II. Diversidade (H'): considera o número de espécies (riqueza) amostradas com suas respectivas abundância, cujos valores mínimos (próximos a 1) indicam baixa diversidade, enquanto valores superiores a 3 indicam ambientes com diversidade biológica significativa.
- III. Equitabilidade (E): considera o grau de uniformidade na distribuição dos padrões de abundância das espécies, cujo valor varia entre 0 e 1.

Através de análise comparativa desses índices, é possível avaliar os níveis de perturbação antrópica, bem como o grau de conservação dos respectivos fragmentos de floresta estudados (ART, 1998 e MAGURRAN, 1989).

Vegetação Nativa

Segundo o Mapa da Vegetação do Brasil (IBGE, 1993), os três fragmentos florestais visitados na área de influência do reservatório, situam-se dentro do domínio da Floresta Atlântica.

O levantamento florístico geral (Anexos – Tabela 1) e a obtenção de parâmetros fitossociológicos com o programa FITOPAC (Anexos – Quadros 1, 2 e 3) forneceram melhor detalhamento para a descrição dos fragmentos de vegetação estudados (volume de anexos - Painel 1); através das considerações que serão feitas a seguir:

I – Mata do Clube Náutico

Esse fragmento florestal com cerca de 3 hectares situa-se numa península pertencente ao Clube Náutico de Resende (RJ), na margem direita do rio Paraíba do Sul, na confluência com o córrego Fundo, em proximidade com a UHE Funil (ver Vol. Anexos – Painel 1). O solo é bastante pobre, formado por seixos e depósitos arenosos fluviais. Se tratava de uma área de mata secundária e capoeira, que recebeu, em 1992, o plantio de 2000 mudas pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro – FEEMA. Em 1994 a área foi adensada por ações de reflorestamento da UHE Funil (Projeto Funil).

No local, foram encontradas 17 espécies pertencentes a 13 famílias. As espécies mais abundantes foram: *Myrcia rostrata* (IVI=54,02), *Miconia* sp. (IVI=34,91) e *Anadenanthera peregrina* (IVI=34,66). Não foram encontradas árvores emergentes, e a alta mortalidade encontrada (IVI=22,28) indica que alguns indivíduos arbóreos não têm se adaptado adequadamente às condições locais. A fisionomia da floresta é secundária, pertencente aos estágios iniciais de regeneração, onde não existem ainda espécies climáticas. O dossel é

baixo (média de 4,88 metros), havendo predominância de embaúbas, não somente em clareiras e bordas da mata, mas em toda a extensão da floresta.

Apesar da floresta estar bastante alterada, é possível verificar estratos verticais pela existência de indivíduos regenerantes no sub-bosque que estão contribuindo para sua recomposição. A sua localização numa península ajuda a evitar a invasão de espécies exóticas de capim, que atrapalham a regeneração; de animais domésticos e mesmo do fogo, o que garante sua regeneração com menor frequência de perturbações.

II – Mata da Moringa

Formação florestal de encosta com aproximadamente 20 hectares fragmentários de vegetação, situados na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul (Vol. Anexos – Painel 1). O relevo acentuado apresenta substrato variável, sendo raso e seco no topo e profundo e aluvial junto à margem do reservatório. Foram encontradas 27 espécies pertencentes a 18 famílias. As espécies mais abundantes foram: *Schyzolobium parahyba* (IVI=46,94), *Piptadenia gonoacantha* (IVI=28,40) e *Phytolacca dioica* (IVI=26,15).

Chama a atenção o grande número de espécies pioneiras de grande porte, como o Pau-jacaré e Guapuruvu, responsáveis pelo incremento da altura média do dossel (6,38 metros), o que cria ambientes favoráveis à regeneração de novas plântulas e ajuda a definir claramente a estratificação vertical. Foram encontradas poucas espécies das séres tardias e climáticas, talvez por se tratar de uma área sujeita a várias perturbações, inclusive decorrentes de reflorestamentos de eucalipto existentes em proximidade, que permitiram que alguns indivíduos se estabelecessem na mata e fizessem parte da composição florística do local.

Foram identificadas duas espécies de palmeiras, o Tucum (*Bactris setosa*) e o Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), cujos frutos são importantes itens alimentares para a fauna local. É importante ressaltar que este fragmento ocorre junto a um loteamento na borda do reservatório, sendo inclusive registradas várias casas construídas ou em construção sobre a faixa ciliar (Área de Preservação Permanente – APP).

III – Mata de Santana

Este fragmento de floresta possui cerca de 3 hectares, sendo localizado na margem direita do rio Santana, afluente do rio Paraíba do Sul, junto a um *citygate* do gasoduto da Petrobrás, próximo à ponte de Santana, município de São José do Barreiro/SP (ver Vol. Anexos – Painel 1).

Foram registradas 16 espécies pertencentes a 10 famílias, sendo a maioria de espécies pioneiras e secundárias iniciais. As três espécies com maior IVI foram: *Anadenanthera peregrina* (90,63), *Piptadenia gonoacantha* (40,08) e *Parkia* sp. (30,15). Esse fragmento apresenta condições para que o processo de sucessão ecológica seja acelerado, pois

existem várias árvores emergentes que criam condições de sombreamento no sub-bosque. Entretanto, para que isso aconteça, é necessário cercar a floresta e evitar trânsito de gado em seu interior. Não foram encontrados vestígios de corte seletivo.

A floresta parece pertencer a um remanescente vestigial das florestas decíduais típicas desse tipo de substrato, arenoso e pobre, onde predominam espécies pioneiras como Angicos e Pau-jacaré, que neste local podem alcançar cerca de 15 metros de altura. Entretanto, a constante passagem de gado pelo seu interior causou danos ao sub-bosque, abrindo trilhas e pisoteando os indivíduos regenerantes, fato que terminou por descaracterizar a definição vertical dos estratos vegetais.

O solo é arenoso e bastante compactado, ocorrendo espécies seletivas xerófitas como a palmeira Guariroba (*Syagrus oleracea*). A cultura do café na região é histórica, concentrando-se mais em São Paulo e Minas Gerais. No entanto, este local esteve na zona limítrofe entre cafezais e pastagens, sendo esta última a que prevaleceu em toda a história da Área de Influência da UHE Funil.

Somando todas as espécies amostradas nos atuais levantamentos florísticos, inclusive entrevistas com moradores locais, foi obtido um total de 77 espécies distribuídas em 24 famílias, sendo que as mais abundantes foram: Mimosaceae (10), Fabaceae (6), Caesalpinaceae (6), Meliaceae (5), Bignoniaceae (5), e Rubiaceae (5). Estas seis famílias foram responsáveis por 48,05% das espécies encontradas.

Este estudo, se comparado com qualquer trabalho realizado na Mata Atlântica, apontará uma baixa riqueza e diversidade de espécies. Isto se deve em parte ao fato de que os pesquisadores geralmente buscam fragmentos em ótimas condições de conservação, o que não foi encontrado na Área de Influência da UHE Funil.

Tabela 9 – Índices de Riqueza (S), Diversidade (H') e Equitabilidade (E), Densidade e outras condições do dossel e do sub-bosque nos fragmentos florestais estudados no entorno do reservatório da UHE Funil.

Frag.	Riqueza (S)	Diversidade (H')	Equitabilidade (E)	Densidade (nº ind./ha)	Altura média (m)	sub-bosque	gado
I	17	2,65	0,90	3280	4,88	perturbado	não
II	27	3,16	0,96	3148	6,38	perturbado	não
III	16	2,18	0,89	2111	6,60	inexistente	sim

I = Mata do Clube Náutico; II = Mata da Moringa; III = Mata do Santana

Os três fragmentos florestais estudados apresentam fortes perturbações. Mesmo sendo localizados próximos às Serras do Mar e da Mantiqueira, as matas estão frequentemente sendo influenciadas pela intensa ocupação da região. Como é possível perceber, os índices

de riqueza e diversidade apresentados na Tabela 9 auxiliaram o diagnóstico sobre o grau de perturbação dos ambientes, prestando-se como bons indicadores sobre o funcionamento dos ecossistemas terrestres em questão.

O índice de diversidade apresentado para o fragmento II se apresenta razoável quando comparado com aquele obtido no estudo de fragmentos de Floresta Ombrófila Densa, realizado por LEITÃO FILHO (1986), cujo valor esteve sempre acima de 4,0.

Os fragmentos I e II apresentaram densidades semelhantes. O primeiro (I) se trata de uma área de reflorestamento, onde a disposição dos indivíduos é igualitária, simulando aquela de uma mata preservada, como ocorre no fragmento II, por exemplo. Quanto à diversidade, o fragmento I, se comparado ao fragmento II, tem baixa diversidade, graças à alta mortalidade encontrada no local e ao próprio número de espécies que são, em geral, introduzidas em reflorestamentos desta natureza, que acaba sendo sempre inferior às condições naturais. Já o baixo índice do fragmento III é reflexo da sua elevada perturbação, causada pelo trânsito, tanto de gado, como de moradores locais, através da estrada que atravessa a floresta de um lado a outro.

De forma geral, todos os fragmentos visitados necessitam de alguma forma da intervenção humana para sua perpetuação. A extração vegetal ocorrida ao longo dos anos, a presença de rebanhos domésticos e o atual isolamento em que os escassos fragmentos florestais hoje se encontram rompem com a dinâmica dos processos de resiliência da floresta.

O gado não apenas se alimenta como também pisoteia todo o banco de plântulas local que é responsável pelo recrutamento das árvores adultas, inclusive das espécies mais tardias e climax. Mesmo nos fragmentos onde não há presença de gado, verificou-se uma perturbação do sub-bosque, incapacitando o recrutamento de algumas plântulas e, conseqüentemente, a manutenção da floresta. Já o isolamento em que se encontram todos eles acaba por condenar essas matas a permanecerem em estágios secundários, uma vez que a chuva de sementes das espécies climáticas nunca chegará ao local em que estão, caso não se tomem medidas para reconexão destas populações arbóreas com remanescentes primários de Floresta Atlântica.

Segundo os próprios moradores, próximos aos remanescentes florestais estudados, havia no local muitas espécies arbóreas como Angelim-do-campo, Jacarandá, Leiteiro, Canela-frade e Guariroba. Porém, verifica-se hoje que essas espécies aparecem em baixíssima abundância (Vol. Anexos – Tabela 1). Outras espécies descritas por moradores como o Pau-ferro, Pau-brasil, Orelha-de-negro, Paineira, Ipês e Sibipiruna, não foram sequer observadas nos levantamentos florísticos. Provavelmente, tais espécies arbóreas foram indiscriminadamente retiradas dos remanescentes florestais nas últimas décadas, sem qualquer preocupação em manter os processos para sua reposição nos estoques naturais de madeira.

As espécies de sub-bosque, como a samambaiçu (*Dicksonia* sp.), com ocorrência confirmada na região, também não foram observadas em campo, o que pode ser resultado da sua exploração irracional para obtenção do xaxim para comercialização ilegal.

Também nos reflorestamentos realizados por FURNAS, entre 1994 a 2002, nas margens do reservatório de Funil, por meio do Projeto Funil (Ver Capítulo 7. Programas) foram utilizadas cerca de 30 espécies. As espécies utilizadas são nativas da Mata Atlântica, demonstrando o adequado manejo e aproveitamento da flora regional, uma vez que em muitos reflorestamentos são adicionadas espécies exóticas indiscriminadamente.

Agricultura e Pastagens

Atualmente cerca de 54 % da área de influência da UHE Funil encontra-se antropomorfizada pela urbanização e principalmente pela exploração agropecuária praticada nas propriedades rurais da região, fato que de maneira geral caracteriza todo seu componente paisagístico-ambiental, desde a formação do reservatório em 1969 até hoje (Painéis 4 e 5 – Vol. Anexos).

A despeito do relevo acidentado da região, praticamente ambas as margens do reservatório apresentam extensas pastagens para rebanho bovino, processo histórico que se iniciou com a expansão das fronteiras agrícolas em contraponto com a redução das áreas nativas da região.

Em toda a região da UHE Funil, não foram encontrados latifúndios. No caso das propriedades pecuaristas, o tradicional capim-colonião (*Panicum maximum*) foi substituído pelo exótico capim-braquiário (*Brachiaria* sp.), mais agressivo ao ambiente natural, e que rapidamente invadiu áreas nativas. De positivo, somente o fato de esta gramínea exótica ser menos susceptível ao fogo, pois não chega a ressecar tanto quanto as gramíneas nativas. Além das pastagens, foram encontradas pequenas áreas de cultivo de hortaliças para subsistência.

Silvicultura

Além da predominante agropecuária, encontram-se algumas áreas de reflorestamento exótico comercial em parte da área de influência da UHE Funil, que se localizam principalmente ao longo da margem esquerda e perfazem cerca de 4% da área de influência. Os mais comuns são os plantios com Eucaliptos (ver fotos 32, 34 e 56 – Mapa 12), utilizado em larga escala para a produção de carvão (ver foto 44 – Mapa 12), papel e celulose, e em menor proporção para fins locais como o uso da madeira para mourões e outras construções rurais (Painel 4 – vol. Anexos).

Mapeamento da AII e Classificação da Imagem

O mapa de uso e ocupação foi desenvolvido a partir de imagens de satélite ETM Landsat 7, com resolução espectral de 30 metros. As imagens utilizadas foram georreferenciadas e classificadas utilizando o software ENVI.

O georreferenciamento foi realizado utilizando como base cartas topográficas do Centro de Cartografia Automatizada do Exército / IBGE, nas escalas 1:100.000 e 1:50.000.

Na classificação, foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 sendo que a disposição foi 4R, 5G e 3B, que é a melhor disposição para uma classificação de uso e ocupação do solo, pois separa bem a vegetação de áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal e de espelhos d'água.

O método definido para classificação foi o da máxima verossimilhança (Maxver) que é o método mais utilizado para esse tipo de classificação.

Após a classificação os arquivos foram vetorizados e exportados para o software Arcview onde foi realizada uma pós-classificação e gerado o *lay-out* final (Mapa 10 - Uso e Ocupação do Solo).

Caracterização da Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal na AII

A descrição do uso e ocupação do solo visa caracterizar os cenários ambientais encontrados durante a realização dos diagnósticos dos meios físico, biótico e socioeconômico. As classes de uso adotadas procuram representar a situação atual na região do entorno do empreendimento. São utilizadas as seguintes classes:

- Vegetação arbórea e arbustiva: equivalente às formações vegetais secundárias remanescentes, ou mais próximas da situação pré-ocupação agrícola;
- Solo exposto ou em preparo: representa as porções de solo exposto, ou de áreas não cultivadas, recentemente trabalhadas, ou em preparo para próxima safra;
- Plantio silvicultural: equivale às áreas ocupadas por plantios florestais (eucaliptos, pinus, etc.);
- Área urbana ou de expansão urbana: representa as cidades sede dos municípios que compõem as áreas de influência e trechos de intensa ocupação humana;
- Espelho d'água: mostra o reservatório da usina, conforme resposta na imagem de satélite;
- Campos e pastagens: parte do solo ocupada principalmente com pastagens e vegetação forrageira.

A Tabela 10 apresenta as áreas ocupadas por cada classe, na região formada pela soma das Áreas de Influência Direta (43,8 km²) e Indireta dos meios físico e biótico (896,3 km²) do empreendimento, totalizando uma área para caracterização de uso e ocupação de 940,1 km².

Tabela 10 – Classes de Uso nas Áreas de Influência do Empreendimento

Classe de uso	Área ocupada (km ²)	%
Vegetação arbórea e arbustiva	368,20	39,17
Solo exposto ou em preparo	93,30	9,92
Plantio silvicultural	36,00	3,83
Área urbana ou de extensão urbana	2,90	0,31
Espelho d'água	30,40	3,23
Campos e pastagens	409,30	43,54
TOTAL	940,10	100,00

A classificação revela uma região ocupada predominantemente por atividades relacionadas à pecuária, comuns na região onde se insere o empreendimento e confirmadas no levantamento de campo realizado. A área ocupada com campos e pastagens é de 409,3 km², o que equivale a 43,54 % do total das Áreas de Influência.

A expansão da fronteira agrícola é um dos principais fatores que determinaram toda a composição sócio-ambiental da região, onde as atividades agropecuárias representam a maior ocupação territorial e ocorrem na forma de um processo histórico que remete a um período anterior ao empreendimento.

Apesar da proximidade em relação às cidades como Itatiaia, Resende e Queluz, a área urbanizada é bastante pequena, sendo equivalente a cerca de 0,31 % da área estudada.

O espelho d'água formado pelo reservatório em si difere um pouco dos dados oficiais de FURNAS, que considera uma área ocupada de 40 km² para o reservatório. A classificação da imagem apresenta uma área de 30,4 km². Esta diferença pode estar associada a diversos fatores, como época do ano, nível do reservatório e resposta espectral da água. Entretanto, trata-se de uma diferença que não compromete a caracterização da região. Cabe ressaltar, também, a diferença de 13,4 km² verificada entre a área do espelho d'água (30,4 km²) e da AID (43,8 km²), que abrange, além das margens expostas (pelo desnível na operação do reservatório), a área industrial da usina.

Em relação à grande área de vegetação arbórea e arbustiva (368,20 km² - 39,17% da All), cabe ressaltar que grande parte dessa área se encontra nas encostas da Serra do Mar e da Mantiqueira, onde estão estabelecidos os limites da All (Mapa 04), uma vez que na região próxima ao reservatório as formações florestais são, em sua maioria, matas secundárias.

O uso do solo faz parte de um processo comum em relação à ocupação existente na região em virtude da utilização agropecuária, entre outras razões. Entretanto, o que o Mapa de Uso evidencia é uma relação que abrange, principalmente, as características dos meios físico, biótico e sócio-econômico, que, associadas ou não, refletem na utilização das áreas de influência.

A relação entre os meios estudados e o uso aplicado ao solo pode ser apresentada em algumas relações, a saber:

- O tipo de solo encontrado e sua utilização predominantemente agrícola estão ligados de forma natural e evidente. A cultura voltada à pecuária e as características das populações que ocupam e utilizam os recursos naturais também;
- O relevo natural e a característica que este aplica à paisagem, bem como o uso dessa paisagem no que se refere à exploração turística não se reflete na utilização das margens do reservatório;
- A situação das cidades próximas à usina, principalmente Itatiaia e Resende, está associada à relação de inserção existente entre o empreendimento e as comunidades.

Unidades de Conservação

De acordo com os Mapas de Distribuição das Unidades de Conservação do Estado de São Paulo e de Minas Gerais (IBAMA 2002.a e 2002.b), existe apenas uma Unidade de Conservação que faz contato com a Área de Influência Indireta da UHE Funil, o Parque Nacional do Itatiaia. Além dessa, outra importante unidade de conservação ocorre muito próximo à região, apesar de se encontrar fora da zona limítrofe da Área de Influência estudada, o Parque Nacional da Serra da Bocaina (Ver Mapa 13 – Hidrografia, Unidades de Conservação, Pontos de Amostragem e Reflorestamento).

O Parque Nacional do Itatiaia/RJ foi criado pelo Decreto nº 1.713 de 14 de junho de 1937 e alterado pelo Decreto nº 87.586 de 20 de setembro de 1982, com o objetivo de proteger amostras da Floresta Pluvial Atlântica Montana e amostras de ecossistemas de campos de altitude; conservar as belezas cênicas naturais representativas da Serra da Mantiqueira e recuperar, conservar e proteger a área do altiplano do Itatiaia.



Segundo o seu Plano de Manejo, elaborado em 1982, e Plano de Ação Emergencial, elaborado em abril de 1994, o Parque Nacional do Itatiaia possui uma área de cerca de 30.000 hectares e 110 km de perímetro, localizando-se em áreas dos estados do Rio de Janeiro, de São Paulo e de Minas Gerais.

O Parque Nacional da Serra da Bocaina/RJ, criado pelo Decreto n.º 68.172 de 04 de fevereiro de 1971, também objetiva preservar o pouco do que resta da Mata Atlântica (Serra do Mar), sua fauna e flora, seus mananciais e seus ecossistemas, tanto terrestres quanto marinhos, além de desenvolver projetos de educação ambiental, ecoturismo e pesquisas.

Seu Plano de Manejo, ainda em elaboração, dá números à sua área, que é de 100.000 hectares, localizados nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, nos municípios de São José do Barreiro, Cunha, Ubatuba e Areias em São Paulo e Paraty e Angra dos Reis no Rio de Janeiro.

Ao visualizar-se a localização da área de influência da UHE Funil em relação aos dois Parques Nacionais supracitados, se vê a importância de toda essa área para os interesses de conservação do bioma Mata Atlântica. O planalto por onde escoo o rio Paraíba do Sul na altura do reservatório de Funil está encaixado entre a Serra de Itatiaia e da Bocaina, dois excelentes refúgios de vida silvestre.

Já existem, para a região, esforços político-institucionais em resgatar este sentido ecológico e socioeconômico da hoje fragmentada Mata Atlântica, como o Projeto Corredores Ecológicos. Neste contexto, além destas duas importantes áreas protegidas por Lei, estudos recentes coordenados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em conjunto com várias entidades conservacionistas como as ONGs SOS MATA ATLÂNTICA e BIODIVERSITAS, vêm definindo ações prioritárias para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica. Estes estudos estabeleceram algumas áreas de extrema importância biológica na região em questão, em que se sugere a criação de novas Unidades de Conservação (Vol. Anexos – Painel 2).

Não por acaso, as duas áreas estabelecidas em proximidade com o reservatório de Funil correspondem à Serra da Mantiqueira (Itatiaia) e Serra da Bocaina, cujas extensões são bem maiores do que as dos próprios parques, sendo portanto, complementares a eles.

Além destas áreas, existem algumas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) próximas à Área de Influência da UHE Funil, como Fazenda Roça Grande (63,7 ha; proc.481/91), Fazenda São Benedito (144 ha; proc. 70/01) e Sítio Fim da Picada (28,15 ha; procs. 12/97 e 33/2000), no município de Rio Claro/RJ; e RPPN Sítio Santa Cruz (46,8 ha; proc. 100/99), em Mendes/RJ. Todas essas RPPN's localizam-se num raio de 100 km do reservatório de Funil. Existem ainda três Áreas de Proteção Ambiental (APA) na região a montante da UHE Funil. A APA Federal da Bacia do Rio Paraíba do Sul que se intercala com a APA Federal de Serra da Mantiqueira, abrangendo uma ampla região nas zonas



limítrofes entre os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais; e a APA Estadual de Silveiras, no Estado de São Paulo, que chega bem próximo à porção direita da Área de Influência da UHE Funil, até a linha divisória entre os Estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Área de Proteção Permanente e Reserva Legal

Segundo o atual Código Florestal Brasileiro (1965), a Área de Preservação Permanente (APP) deve ser protegida nos termos da Lei Federal nº 4.771, esteja ela coberta ou não por vegetação nativa. As APP's têm como função ambiental preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

O Artigo 2º do Código Florestal considera de preservação permanente, pelo só efeito da Lei, as florestas e demais forças de vegetação natural situadas: i) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto em faixa marginal; ii) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; iii) nas nascentes, ainda que intermitentes; iv) no topo de morros, montes, montanhas e serras.

O Artigo 3º do mesmo Código confere competência ao Poder Público em qualquer instância, para declarar como de preservação permanente, outras formas de vegetação, desde que destinadas: i) a atenuar erosão das terras; ii) a formar faixas de proteção ao longo de ferrovias e rodovias; iii) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico; iv) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção; v) a assegurar condições de bem estar público; entre outras razões.

Por sua vez, a Resolução do CONAMA n.º 302, de 20 de março de 2002, em seu Art. 3º, define como Área de Preservação Permanente (APP) a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal, de cem metros para os reservatórios artificiais situados em áreas rurais, como é o caso da UHE de Funil

Também é de grande importância a consideração do Art. 18 do Código Florestal, que diz: "onde seja necessário o florestamento ou o reflorestamento de preservação permanente, o Poder Público Federal poderá fazê-lo sem desapropriar as terras, se não o fizer o proprietário". Uma análise abalizada sobre o assunto faz pressupor que a obrigação de florestar ou reflorestar as Áreas de Preservação Permanente é incumbência dos proprietários, que em não o fazendo, mas fazendo-o o Poder Público, as despesas deste deverão ser ressarcidas por aqueles. Observe-se, portanto, o alcance dos Artigos 2º, 3º e 18º para os interesses do setor energético.

Estima-se que a Área de Preservação Permanente no entorno do reservatório da UHE Funil, considerando-se uma faixa ciliar de 100 metros, perfaça 3.200 hectares. Os



reflorestamentos nativos oficialmente executados por FURNAS entre 1994 e 2002, que são uma iniciativa de empresa e estão sendo executados, em sua maior parte, em terras de terceiros com recursos da empresa, são da ordem de 118 hectares, equivalente a 3,7% do total da área a ser ou a se manter florestada.

Além da questão envolvendo as responsabilidades legais sobre a APP, este fato mostra o quão distantes estão as atuais condições marginais do reservatório e de seus tributários, em relação àquelas ideais para a sustentabilidade ambiental da região, principalmente no que se refere à dinâmica dos processos físicos e bióticos que atuam no entorno do reservatório. Praticamente toda a borda do reservatório e dos seus afluentes estão sem vegetação ciliar, e os focos de erosão ocorrem em pontos das margens (Vol. Anexos – Painéis 4 e 5)

Quanto às Reservas Legais das propriedades rurais constantes na Área de Influência da UHE Funil, quase inexitem fragmentos florestais representativos em conformidade com os padrões estabelecidos pelo Código Florestal (Lei nº 4.771, de 1965). Segundo a lei, Reserva Legal é a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente (APP), necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

A lei define ainda que as florestas e outras formas de vegetação nativa, ressalvadas as situadas em Área de Preservação Permanente, assim como aquelas não sujeitas ao regime de utilização limitada ou objeto de legislação específica, são suscetíveis de supressão, desde que sejam mantidas, a título de reserva legal, no mínimo 20% na propriedade rural situada em área de floresta ou outras formas de vegetação nativa localizada nesta região do país.

Numa análise superficial geral, constata-se facilmente que menos de 20% do total das áreas rurais encontram-se preservadas, principalmente se forem excluídas as APP's ali existentes. E mesmo quando tais reservas existem, as mesmas encontram-se perturbadas pelas razões apresentadas nos atuais estudos fitossociológicos feitos em reservas desta natureza.

Dentre as reservas analisadas ou simplesmente visitadas, a maioria apresentou algum distúrbio relativo à passagem e pisoteio de rebanhos domésticos e ao isolamento em que tais fragmentos se encontram, diante da falta de proteção adequada e de sua natural conexão com outras formações florestais naturais que contribuam para sua sustentabilidade temporal.

5.2.1.2 Fauna Silvestre

A fauna de uma região está, de forma geral, relacionada às tipologias vegetacionais nela representadas. O estado de conservação destes é, portanto, o principal indicador da situação da comunidade faunística, sendo que suas dinâmicas populacionais são determinadas por condições ambientais flora-dependentes. Conforme citado anteriormente, a região da UHE Funil apresenta vegetação típica da Mata Atlântica, representada localmente por escassos remanescentes florestais, principalmente fragmentos de mata ciliar ao longo dos cursos d'água.

Originalmente, a Mata Atlântica estava distribuída em uma área superior a 1,3 milhão de km², em 17 Estados brasileiros, ocupando cerca de 15% do território nacional. Hoje está reduzida a menos de 8% desse total, ou cerca de 100 mil km², resultado dos impactos dos diferentes ciclos de exploração econômica, desde o início da colonização européia e da alta densidade demográfica em sua área de abrangência.

A riqueza da fauna da Mata Atlântica é caracterizada pela presença de cerca de 250 espécies de mamíferos, 1.050 de aves, 197 de répteis, 340 de anfíbios e 350 de peixes. Algumas dessas espécies, como onça-pintada, onça-parda, gato-do-mato, anta, cateto, queixada, alguns papagaios, corujas, gaviões, possuem ampla distribuição geográfica podendo ser encontradas também em outros biomas. O que mais impressiona é a enorme quantidade de espécies endêmicas, como é o caso de 55 espécies de mamíferos, 188 de aves, 60 de répteis, 90 de anfíbios e 133 de peixes. Apesar dessa riqueza, a situação é extremamente grave, pois das 202 espécies de animais ameaçadas de extinção no Brasil, 171 são encontradas na Mata Atlântica.

O desmatamento e fragmentação da Mata Atlântica produziram graves conseqüências para a biota nativa, em função da drástica redução de *habitats* e isolamento genético das populações, facilitando a incidência de outras perturbações, como a caça, os incêndios provocados pelo homem e a poluição ambiental. Os mamíferos, por serem vertebrados homeotérmicos, demandam um suprimento energético relativamente alto e necessitam de áreas maiores para sua sobrevivência. Em função disto, muitas espécies foram severamente afetadas pelo desmatamento, especialmente aquelas de maior tamanho e de níveis tróficos superiores.

Além da óbvia conseqüência da redução de *habitats*, muitas espécies de mamíferos são apreciadas como caça ou como animais de estimação e são permanentemente perseguidas em seus *habitats* naturais. Todos estes fatores conjugados colocaram em ameaça várias espécies de mamíferos da Mata Atlântica, sendo que 38 estão relacionadas na Lista Oficial de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (MENDES *et. al.*, 2003).

Em relação à avifauna, há um elevado nível de conhecimento qualitativo sobre esses animais na Mata Atlântica, cerca de 70% das áreas definidas hoje como prioritárias para a



conservação podem ser consideradas como de extrema ou alta importância biológica para este grupo faunístico (PACHECO & BAUER, 2003).

Analisando-se os anfíbios e os répteis, conclui-se que é urgente a conservação do que restou da Mata Atlântica, onde se concentra uma das maiores biodiversidades do mundo, com elevado grau de endemismos. As florestas mais úmidas da Mata Atlântica concentram maior riqueza de anfíbios e as regiões de maior altitude estão propensas a apresentar elevados níveis de endemismos neste grupo. Os anfíbios dependem de corpos d'água ou de ambientes úmidos para a reprodução e como meio de evitar a dessecação, já que apresentam pele permeável. Isto explica a maior riqueza de espécies em florestas úmidas (HADDAD & ABE, 2003).

A maioria das espécies de anfíbios se desloca pouco, o que explica a ocorrência de espécies endêmicas, principalmente em ambientes de altitude, em função da existência de barreiras geográficas. Portanto, considerando-se os anfíbios, seria justificável um maior empenho em proteger regiões como, por exemplo, as matas da Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, Serra Geral, Brejos de Altitude do Nordeste, bem como a Mata Atlântica Úmida de Baixada.

Já os répteis geralmente apresentam maior mobilidade que os anfíbios e freqüentemente não dependem de corpos d'água ou ambientes úmidos para a reprodução. Uma grande parte da fauna de répteis da Mata Atlântica é de ampla distribuição geográfica, ocorrendo em outras formações como na Amazônia, Cerrado e mesmo a Caatinga. No entanto, são conhecidas várias espécies endêmicas de répteis ou com distribuição marcante na região da Mata Atlântica. Assim, para os répteis, além das florestas úmidas, também é necessária a manutenção de florestas mais secas ou sazonais, bem como de áreas abertas (HADDAD & ABE 2003).

A enorme riqueza da Mata Atlântica em termos de herpetofauna pode ser verificada através de quantificações comparativas. No Brasil conhecemos 520 espécies de anfíbios; a Mata Atlântica concentra 340 espécies, o que corresponde a cerca de 65% das espécies brasileiras conhecidas. Mais de 80 espécies de anfíbios anuros (sapos, rãs e pererecas) são endêmicas a uma localidade de Mata Atlântica. Famílias inteiras, como é o caso dos sapos *Brachycephalidae*, são endêmicas da Mata Atlântica. No caso dos répteis, conhecemos 470 espécies no Brasil, estando 197 representadas na Mata Atlântica, o que equivale a 42% de todas as espécies brasileiras conhecidas (HADDAD & ABE, 2003).

Entretanto, devido aos escassos remanescentes de vegetação e de ambientes nativos hoje presentes em toda a área de influência da UHE Funil, a fauna vem sofrendo processos sucessivos de desaparecimento local. Muitas espécies já se encontram desaparecidas em toda a região do reservatório, como o veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*), o mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), a anta (*Tapirus terrestris*), a onça-pintada (*Panthera*



onca), o macuco (*Tinamus solitarius*), o mutum (*Crax fasciolata*), a jibóia (*Boa constrictor*), dentre outras.

Outras espécies, mesmo consideradas oficialmente sob risco de desaparecimento, ainda podem ser registradas em populações isoladas na região, como o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), a suçuarana (*Felis concolor*), o gavião-pombo (*Leucopternis sp.*), e outros mais. A caça, apesar de geralmente ocorrer em pequena escala, provoca efeitos sensíveis sobre as densidades populacionais de várias espécies, como é o caso dos mamíferos carnívoros, por exemplo.

As formações florestais ripárias são, por excelência, corredores naturais de deslocamento e dispersão de animais silvestres. Logo, torna-se imperativa a recuperação e reconexão das matas de galeria de toda a drenagem regional, dada a importância que tais florestas têm para a diversidade e dinâmica biológica da fauna (REDFORD & FONSECA, 1986; NAIMAN *et al.*, 1993).

Assim sendo, o atual estudo apresenta o inventário da fauna silvestre feito recentemente, reunindo dados atuais de campo, da literatura técnica e científica disponível, e de entrevistas com moradores locais. Esta síntese de dados visa resgatar e complementar algumas informações pretéritas sobre a ocorrência de vertebrados silvestres na área da UHE Funil, para finalmente subsidiar discussões pertinentes ao diagnóstico da composição da fauna atual e a proposição de medidas regulamentares para sua proteção e conservação.

Durante as visitas técnicas a campo em janeiro e fevereiro de 2003, foram realizados levantamentos da fauna silvestre ocorrente no local, através do registro de pegadas, rastros e sinais deixados pelos animais. Foram feitos avistamentos, observações diretas e fotografias dos vertebrados silvestres, identificados *in loco* com auxílio de guias especializados de identificação taxonômica (EMMONS & FEER, 1990; NORMAN & NAYLOR, 1994; AURICCHIO, 1995; SOUZA, 1998; FREITAS, 1999; O'SHEA & HALLIDAY, 2001).

Realizaram-se análises comparativas da distribuição original da fauna silvestre, registrada em literatura técnica e científica, com o histórico deste empreendimento hidrelétrico, em função das perdas, alterações e fragmentações de habitat, e as conseqüentes mudanças produzidas na composição de espécies ao longo do tempo.

O levantamento histórico e atualizado da ocorrência de espécies na região foi auxiliado por entrevistas feitas com a população residente no entorno do reservatório, visando resgatar informações sobre a fauna desde a implantação do empreendimento até o presente momento. A síntese de informações sobre a fauna foi reunida em tabelas sistematicamente ordenadas. Cada táxon foi classificado quanto à sua frequência de ocorrência em toda a área de influência e ainda, quanto ao seu grau de vulnerabilidade aos riscos de extinção.

O registro do desaparecimento regional de espécies indicadoras auxiliou a compreensão sobre os reais impactos tanto da implantação como da operação da UHE Funil sobre a fauna, potencializados pelas demais atividades humanas agressivas ao ambiente. Neste estudo, foram consideradas como ameaçadas de extinção as espécies cuja população não é mais capaz de manter sua continuidade, caso não se tomem medidas rigorosas para protegê-las e a seu ambiente.

Mastofauna

A listagem de 71 espécies registradas na região de estudo, desde as comuns até aquelas raras, ameaçadas ou atualmente extintas (ver Painel 6 - vol. Anexos) é apresentada na Tabela 2 do Volume de Anexos,.

Dentre os mamíferos presentes na região, 27 espécies (38%) foram consideradas de ocorrência comum como ratos, preás, capivara, gambá, tatus (peba e galinha), cachorro-domato, além de algumas espécies de morcego. Durante o período de estudo, foi possível a observação direta de 10 espécies, ou seja, 14% da mastofauna de comprovada ocorrência regional.

Apurou-se que ao menos seis espécies (8%) não são mais encontradas na região, como os veados, o tatu-de-rabo-mole, o mico-leão-dourado, a onça-pintada, entre outras. Outras 38 espécies (54%) são raramente encontradas, sendo que algumas destas se encontram em pequenas populações, completamente isoladas, fato que as torna bastante vulneráveis (p.ex.: lobo-guará, tamanduá-bandeira e mirim, sauí, jaguatirica, lontra, dentre outras).

De maneira geral, pelo menos 26 espécies (37%) encontram-se ameaçadas por atividades humanas agressivas à natureza como a caça, os desmatamentos, a fragmentação e perda de *habitats* naturais. Além das espécies raras já citadas, a paca, o coelho-tapiti, o bugio e a suçuarana são outros exemplos de animais que vivem em pequenos fragmentos de floresta, cujas áreas não poderão suportar populações naturais saudias por longo tempo, caso medidas adequadas de recuperação e manejo ambiental não sejam adotadas.

O coelho-tapiti, além de sofrer concorrência exótica da lebre europeia, encontra-se ameaçada por várias atividades humanas intencionais, como a caça e apreensão, bem como aquelas relativas à fragmentação de seus ambientes por estradas. O Painel 6, no Volume de Anexos, apresenta o registro de um espécime de tapiti atropelado recentemente nas estradas que circundam o reservatório de Funil.

Outro importante registro feito recentemente na região foi de um grupo de mono-carvoeiros no vale do Paraíba do Sul, ainda na sua porção paulista. Este é um fato que deve ser considerado como de extrema importância para a conservação de toda a bacia do rio Paraíba do Sul, uma vez que é um dos poucos *habitats* remanescentes deste primata endêmico e ameaçado da Mata Atlântica (AURICCHIO, 1995).



Avifauna



As espécies da avifauna com ocorrência atribuída à região da UHE Funil estão relacionadas na Tabela 3 do Volume de Anexos. A lista relaciona pelo menos 137 espécies conhecidas, além de outras possíveis, mesmo que não confirmadas por este estudo. O grupo das aves é responsável pela maior diversidade encontrada entre os vertebrados silvestres, correspondendo a 55% das espécies registradas.

No geral, 62 espécies foram consideradas de ocorrência comum, ou seja, 45% do total de espécies. Os avistamentos de campo atingiram 32 registros diretos de espécies (23%). Outras 61 espécies foram consideradas raras (45%), sendo que pelo menos 25 delas (18% do total) foram consideradas vulneráveis na área estudada. Pôde-se constatar, ainda, que ao menos sete espécies desapareceram da região, como a perdiz, o macuco, o gavião-real, o mutum, as araras, entre outras.

Muitas espécies de aves se beneficiam dos reservatórios, passando a habitar o entorno do reservatório de forma permanente ou temporária (aves aquáticas e/ou migratórias). A maioria das aves aquáticas encontra-se representada por um grande número de indivíduos, em consequência das situações ambientais criadas a partir do surgimento de reservatórios no rio Paraíba do Sul e de seus tributários. Este é o caso das garças, socós e biguás, que passaram a ter maior representatividade na comunidade a partir da criação do reservatório.

Outras espécies ficaram vulneráveis pelas condições proporcionadas pelo reservatório, principalmente aquelas dependentes de áreas florestais bem preservadas e/ou de ambientes terrestres em condições nativas. Este é o caso dos tinamídeos (inhambus e codornas) e dos cracídeos (jacus).

Estas aves frugívoras, que incluem ainda vários psitacídeos (papagaios, araras, maracanãs, etc.), encontram-se não apenas ameaçadas, como já desapareceram em muitos locais (ex: araras, perdiz, macuco, mutum). O impacto sobre estes frugívoros vem se processando de forma intensiva e implacável, tanto com o desaparecimento de recursos alimentares (árvores e frutos), como com a perda de seus abrigos naturais que dão suporte ambiental a tais espécies.

O resultado desse processo é a queda da diversidade da avifauna local, fato que privilegia espécies menores, invasoras e/ou generalistas, menos dependentes e exigentes quanto às condições ambientais nativas, como alguns passeriformes, por exemplo. A redução de diversidade se reflete nas cadeias tróficas, com o desaparecimento de grandes aves de rapina, cuja presença, em geral, é indicadora da qualidade ambiental natural. A ausência de registros do gavião-peregrino e do gavião-real demonstra que tais perturbações vêm ocorrendo na região.

Além da perda e alteração de ambientes nativos, outros fatores têm causado danos à composição da avifauna, comprometendo sua riqueza e diversidade. A caça clandestina praticada em regiões inacessíveis à fiscalização dos órgãos competentes é um desses fatores perturbadores à comunidade de aves. A caça comercial, visando o tráfico e comercialização de exemplares da fauna como papagaios e araras, é um exemplo importante, assim como a caça predatória de aves cinegéticas acaba agravando o quadro de vulnerabilidade de várias espécies, sendo responsável pelo desaparecimento de muitos animais ao longo do tempo.

Herpetofauna

Na Tabela 4 do Volume de Anexos, encontram-se listadas as espécies de anfíbios e répteis de ocorrência na Área de Influência do reservatório. De forma geral, a herpetofauna reunida no inventário regional corresponde a pelo menos 39 espécies, sendo 11 delas representantes de anfíbios, principalmente anuros; e as outras 28 espécies pertencentes ao grupo dos répteis.

No total da herpetofauna, 36% das espécies (N=14) foram consideradas comuns, contrapondo-se aos 51% que raramente são encontradas (N=20). Dentre as raras, 19 espécies se encontram ameaçadas havendo sido registrados cinco casos de desaparecimento local. Entre os anfíbios, as espécies de rãs e especialmente pererecas (*Hyla* spp. e *Scynax* spp.) são as mais sensíveis às mudanças de *habitat*, sendo, portanto as mais ambientalmente ameaçadas.

Dentre os répteis, o jacaré-tinga, a sucuri e a jibóia encontram-se localmente extintos. Estas e outras espécies sofrem com a perda de seus locais de nidificação, fato que as torna raras e vulneráveis a esta relativamente recente ordem ambiental, criada a partir da ocupação desenfreada da região e do represamento a que o rio Paraíba do Sul foi submetido.

Muitos animais tiveram suas populações nativas afetadas graças a estas alterações ambientais, pois algumas, como os jacarés e cobras aquáticas, costumam percorrer as extensões das grandes drenagens naturais em busca de várzeas para se abrigar e reproduzir. Com o desaparecimento da maioria das várzeas naturais, poucos são os indivíduos que ainda encontram situações ideais para manter populações viáveis, geralmente em pequenos nichos reservados em tributários.

Várias espécies de serpentes, antes abundantes, hoje se encontram ameaçadas. Cobras peçonhentas como a coral e seus mimicos naturais (falsas-corais) sofrem com a caça de extermínio das populações ribeirinhas. Além disso, a ausência de ambientes florestados restringe as populações destas serpentes a pequenas áreas, que passam a competir entre si, ameaçando a manutenção de suas populações.

Estudos recentes apontam a Serra da Mantiqueira (Itatiaia) e da Bocaina, nos extremos leste e oeste do reservatório da UHE Funil, como importantes redutos de espécies raras e endêmicas da herpetofauna, especialmente para representantes de anfíbios anuros que na Mata Atlântica são um dos que apresentam maior diversidade e endemismos, apresentando inclusive famílias inteiras endêmicas do Bioma Atlântico, como é o caso dos Brachycephalidae (HADDAD & ABE, 2003).

Conclusões

Apesar da riqueza da fauna inventariada na região, que apresentou espécies importantes da fauna do Sudeste Brasileiro, os indicadores de diversidade evidenciam uma comunidade pressionada pela intensa fragmentação e degradação de ambientes florestais típicos.

A história natural da vida silvestre associada a este empreendimento hidrelétrico tem características coincidentes aos modelos que tratam de processos de fragmentação, alteração e perda de *habitats* (FONSECA & ROBINSON 1990). Os ecossistemas terrestres laterais ao rio foram alagados, e os remanescentes florestais que existiam na proximidade foram invadidos pelas espécies sobreviventes.

As espécies mais sensíveis à competição e fragmentação de *habitats*, ou aquelas finalistas nas cadeias tróficas naturais (predadores), não suportaram a sobreposição e partilha de seus nichos naturais, e foram desaparecendo localmente. Sem predadores, as espécies menores, mais ágeis e competentes entre seus equivalentes ecológicos (ex.: roedores, tatu-galinha, passeriformes) aumentaram suas populações, superpovoando o restante dos remanescentes florestais.

Ao mesmo tempo, as atividades humanas se expandiram, resultando em intensas reduções nos fragmentos de floresta, e determinando a devastação quase que total das áreas de vida da fauna. As poucas matas que resistiram ao processo foram se tomando mais e mais isoladas, inviabilizando o contato entre as populações animais floresta-dependentes. As populações de espécies mais sensíveis e vulneráveis se extinguíram uma a uma, quebrando sua estrutura metapopulacional, até finalmente enfrentarem o desaparecimento. Predadores de topo de cadeia geralmente são os primeiros animais a sofrer este tipo de pressão (ex.: onça pintada, gaviões).

As espécies que melhor conseguem interagir com o homem e suas atividades saem beneficiadas por tais condições e passam a “monopolizar” a exploração dos recursos naturais disponíveis, bem como dos resíduos e dejetos emitidos pelas populações humanas (ex.: roedores, cachorro-do-mato, gambás, lagartos, pombas, aves camiceiras, pássaros diversos).

Animais perigosos ou equivocadamente discriminados pelo homem como cobras e mamíferos carnívoros, além dos efeitos que sofrem como predadores típicos (ex.: baixas



densidades naturais e necessidade de grandes áreas de vida), foram em parte dizimados pela caça de extermínio. Outras espécies, também apreciadas gastronomicamente (ex.: pacas, tatus, catetos, veados, perdizes, macucos, mutuns) ou requisitadas no comércio clandestino de animais e peles (ex.: jacarés, cobras, araras, papagaios, tucanos, canários, pintassilgos) também vem sofrendo fortes pressões para evitar sua extinção. Algumas ainda hoje resistem, enquanto a maioria encontra-se condenada, caso os rumos do processo permaneçam inalterados.

5.2.2 Área de Influência Direta (AID)

Embora se conheça o valor ecológico que os sistemas hídricos representam e a sua estreita relação com o crescimento econômico das regiões de entorno, as atuais práticas de exploração e manejo destes sistemas não permitem a recomposição de suas características originais para que possam ser utilizadas pelas futuras gerações (OVINGTON, 1980). Desta forma, a preservação de áreas naturais, bem como o manejo adequado dos ecossistemas, envolvem atitudes técnicas, políticas, econômicas e administrativas que são cada vez mais exigidas pela sociedade.

Os reservatórios para aproveitamento hidrelétrico, embora forneçam água e controlem enchentes nas áreas ribeirinhas, afetam diretamente a sobrevivência das comunidades biológicas, pelas modificações que causam no fluxo de água, de sedimento e de nutrientes, alterando drasticamente a dinâmica dos processos hídricos da bacia (HILSDORF & PETRERE, 2002).

O imediato aumento no tempo de residência da água causado pelos represamentos é o principal responsável por uma série de alterações nas características limnológicas observadas nas áreas represadas e a jusante das mesmas (AGOSTINHO *et al.*, 1992; TUNDISI *et al.*, 1993).

Assim como os lagos naturais, os reservatórios podem ser classificados de acordo com sua produtividade em função da série oligotrófica-eutrófica. Desta forma, sua morfologia e carga de nutrientes estão intimamente relacionadas à sua produtividade. Assim, lagos eutróficos são típicos de áreas onde o solo é rico em nutrientes e lagos de baixa produtividade geralmente são de regiões pobres em nutrientes (STRASKRABA & TUNDISI, 2000).

O grau de trofia de um reservatório é um dos principais fatores que determinam a composição e a estrutura das comunidades biológicas destes sistemas, que respondem às alterações do ambiente através de modificações de suas características estruturais e funcionais (BERKMAN & RABENI, 1987).



Sob o ponto de vista ambiental, os represamentos funcionam como fatores transformadores tanto dos componentes abióticos, quanto bióticos do ecossistema aquático, levando o novo ambiente a adquirir características completamente distintas do seu estado original.

Com relação à ictiofauna, os barramentos interrompem rotas migratórias e eliminam obstáculos naturais, importantes para a reprodução de espécies de piracema. A regularização da vazão influencia o ciclo reprodutivo de peixes que desovam em ninhos, reduz a vegetação ciliar, fonte importante de alimento para algumas espécies, além de causar o desaparecimento de lagoas marginais, fundamentais para a eclosão de ovos e fases juvenis de muitas espécies de peixes (HILSDORF & PETRERE, 2002).

Com relação ao manejo e ao monitoramento de reservatórios, a falta de informação sobre o sistema a ser manejado, a ausência ou inadequação do monitoramento, a elevada variabilidade natural na abundância dos recursos são, em geral, os principais problemas que afetam sua eficiência (AGOSTINHO & GOMES, 1997).

O simples monitoramento das alterações de variáveis físicas e químicas da água muitas vezes não é suficiente para uma avaliação segura dos impactos antrópicos, em função de grande parte das alterações ocorrerem num prazo suficientemente curto para não serem detectadas.

Considerados sensores fundamentais do sistema, os organismos aquáticos refletem as condições de estresse que estão ocorrendo (LOEB, 1994). Deste modo, o componente biótico, se monitorado de forma adequada e conjunta aos dados abióticos, pode fornecer informações fundamentais de como estão ocorrendo os processos ecológicos no novo ambiente e apontar quais os fatores responsáveis pelas mudanças nestes processos (CAMARGO, 1994).

Tendo como base estas informações, os objetivos deste relatório são resgatar a história natural e diagnosticar os impactos do reservatório de Funil sobre o componente biótico e abiótico propondo formas de mitigação destes impactos e gerando subsídios para melhorias na gestão ambiental deste ecossistema.

Embora este sistema esteja localizado em uma área de baixa ocupação humana, o nível de poluição é bastante elevado e o reservatório pode ser caracterizado como um ambiente eutrófico em toda sua extensão devido à poluição trazida do Estado de São Paulo pelo rio Paraíba do Sul.

Amostragens sistemáticas foram realizadas pelas equipes técnicas de Furnas em cinco pontos de coleta que representaram melhor o sistema como um todo.

No primeiro ponto (FL10) só foram feitas coletas referentes ao levantamento da ictiofauna e nos pontos FL20, FL30 e FL40 foram feitas as coletas referentes a qualidade de água e as comunidades fito e zooplanctônicas. Um quinto ponto, localizado mais a montante, foi



excluído do estudo devido a impossibilidade de amostragem durante a maior parte do ano, em função da área estar assoreada e os bancos de areia impedirem o acesso das embarcações.

Assim, foram amostrados quatro pontos cujas características estão descritas abaixo:

- FL10 (S 22,58°, W 44,57°) – localiza-se num braço próximo a barragem onde profundidades de até 3 m podem ser observadas. É uma região caracterizada por pastagens e ilhas de mata nativas em seu entorno;
- FL20 (S 22,51°, W 44,63°) - localizado mais a montante, está próximo ao dique do Nhangapi. A vegetação marginal é caracterizada por pastagens utilizadas para pecuária extensiva. O solo apresenta-se bastante exposto, havendo vários pontos com erosão evidente, principalmente às margens do reservatório. As partículas em suspensão, provenientes do rio Paraíba do Sul conferem a água uma coloração marrom durante a maior parte do ano. Este ponto também é caracterizado por uma grande quantidade de lixo, principalmente plásticos, trazidos pela água do rio;
- FL30 (S 22,56°, W 44,60°) - localizado na região intermediária entre os demais pontos de amostragem, distingue-se do ponto anterior em função da água ter coloração esverdeada na maior parte do ano, resultado do crescimento maciço da comunidade fitoplanctônica. Estas condições são observadas, principalmente no verão, quando explosões populacionais de Cyanobacteria são comuns;
- FL40 (S 22,53°, W 44,56°) - localiza-se numa região mais preservada, onde ainda persiste uma cobertura vegetal de Mata Atlântica em ambas as margens. A área de entorno apresenta menor frequência de processos erosivos. Assim como no ponto FL30, FL40 também apresenta crescimento algal excessivo durante o verão.

Para avaliação limnológica do reservatório de Funil foram coletadas amostras de água nos três pontos de coleta, nos meses de janeiro, abril, julho e outubro, entre os anos de 2000 e 2001. A concentração de oxigênio dissolvido e a temperatura da água foram coletadas apenas em 2001.

Para determinação das variáveis físico-químicas foram utilizados os seguintes equipamentos: Oxímetro e Termístor analógico YSI para Oxigênio dissolvido e temperatura da água, disco de Secchi para transparência da água, potenciômetro de campo tipo Cole Parmer mod. 59002-00 para as medidas de pH e Condutivímetro de campo tipo Cole Parmer mod. 19820-10 para medidas de condutividade elétrica.

O hipolímnio e o epilímnio foram amostrados, sendo o hipolímnio amostrado a 1 m do fundo e o epilímnio em três profundidades através do disco de Secchi: superfície, a profundidade relativa à transparência e três vezes o valor do Disco de Secchi (utilizada para a determinação da zona eufótica). A água coletada foi submetida às seguintes análises:

- 1 - Amônia (MACKERETH *et al.*, 1978);
- 2 - Nitrato (MACKERETH *et al.*, 1978);
- 3 - Nitrito (MACKERETH *et al.*, 1978);
- 4 - Nitrogênio total Kjeldahl;
- 5 - Ortofosfato (MURPHY & RILEY, 1962)
- 6 - Fósforo total (MURPHY & RILEY 1962);
- 7 - Sólidos totais em suspensão

Para o epilímnio também foram medidas as concentrações de Clorofila a (LORENZEN, 1967) e Silicato (GOLTERMAN *et al.*, 1978).

Fitoplâncton e Zooplâncton

As amostragens do fitoplâncton foram realizadas nos anos de 2000 e 2001 e as do zooplâncton apenas em 2001. Para o fitoplâncton foram utilizados arrastos verticais com uma rede de 20 μ . As análises qualitativas foram realizadas em microscópio Nikon com aumento de 1000x e as quantitativas, coletadas apenas na zona eufótica, através da retirada de uma alíquota da amostra de água integrada. As amostras foram fixadas em solução de Lugol acético e contadas em microscópio invertido Nikon (400x), segundo o método de UTERMÖHL (1958).

A diversidade fitoplanctônica foi obtida a partir dos dados quantitativos pelo índice de diversidade de Shannon-Wiener:

$$H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$$

sendo:

H' = Índice de Diversidade;

p_i = proporção dos indivíduos pertencentes a i ésima espécie em relação ao número total de indivíduos.

A caracterização, padrões de distribuição, abundância e composição específica destes grupos funcionais foram discutidos com base em informações contidas em relatórios de outras represas do sistema FURNAS e outras publicações, cujos dados foram obtidos em condições ambientais semelhantes.

As amostragens da comunidade zooplanctônica foram coletadas com arrasto vertical do fundo até a superfície, utilizando um puçá de coleta com 30 cm de abertura e 45 µm de malha. Os organismos foram recolhidos num frasco de 200 ml, onde foi adicionado o corante vital rosa de bengala e uma solução fixadora de formol e sacarose, após 30 minutos.

Ictiofauna

O período de estudo abrangeu 36 meses, entre janeiro de 2000 a dezembro de 2002, com frequências trimestrais totalizando, portanto, 12 coletas. No ponto de coleta determinado como FL10, foram utilizadas redes de emalhar com tamanhos de malha de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16 e 18 cm, distância entre nós opostos, com comprimento variando entre 25 a 50 metros e alturas também variadas (Tabela 11). Foi utilizada uma rede de cada malha por ponto, armadas perpendicularmente à margem. Estas redes eram armadas no entardecer e retiradas na manhã seguinte, ficando em exposição cerca de 14 horas.

Em campo, os peixes capturados foram separados por rede e acondicionados em sacos plásticos, devidamente etiquetados com o número da malha, nome do ponto e data de coleta e colocados em galões de 50 litros contendo uma solução de formol a 10% e levados ao laboratório da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas.

No laboratório o material foi lavado, identificado, medido e pesado. Para cada indivíduo obteve-se o comprimento padrão e peso corporal. Estes dados foram anotados em fichas apropriadas para posteriormente serem digitados e armazenados em um banco de dados para análise.

A identificação das espécies foi feita através de chaves taxonômicas apropriadas e com auxílio de especialistas da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura – NUPELIA, da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Tabela 11 – Tamanho de malha (comprimento e altura (m)) utilizados na pesca experimental no reservatório da UHE Funil de 2000 a 2002.

Tamanho da malha (cm)	Comprimento (m)	Altura (m)
3	25	2,0
4	25	2,0
5	25	2,0
6	25	2,0
7	50	3,0
8	50	3,0

Tamanho da malha (cm)	Comprimento (m)	Altura (m)
10	50	3,0
12	50	3,0
14	50	3,0
16	50	3,0
18	50	3,0

A abundância relativa das espécies foi determinada pelo número de indivíduos de cada espécie pelo total, que permitiu comparar quantitativamente o número de indivíduos de cada espécie nos diferentes tamanhos de malha nos dois anos de coleta. A captura por unidade de esforço (CPUE), dada pelo somatório do número e peso dos peixes por 1000 m² de rede por 14 horas de exposição, também foi utilizada para calcular abundância das espécies mais capturadas por tamanho de malha (M). O cálculo é dado pela seguinte equação:

M=18

$$CPUE_n = \sum (N_m / (E_{pm} * 100))$$

M=3

M=18

$$CPUE_p = \sum (P_m / (E_{pm} * 100)) / 1000$$

M=3

sendo: $CPUE_n$ = captura por unidade de esforço;

$CPUE_p$ = captura em peso por unidade de esforço

N = número total de peixes capturados na malha m ;

P_m = peso total capturado na malha m ;

EP = esforço de pesca, que representa a área em m² das redes de malha m .

Os dados de captura foram utilizados para o cálculo da diversidade através do Índice de Shannon-Wiener, descrito pela equação:

$$S = - \sum (p_i) * (\log_n p_i), i=1$$



sendo: S= número total de espécies na amostra;

l= espécie 1, 2... na amostra;

pi= proporção de indivíduos da espécie "i" na amostra.

Os dados para caracterização da estrutura trófica da comunidade foram adquiridos com base na literatura, conforme critérios descritos na Tabela 12. A representatividade de cada grupo trófico nos locais de amostragem foi expressa pela razão entre número de indivíduos de cada grupo e o número total de indivíduos de cada local.

Tabela 12 – Grupos tróficos considerados para a caracterização da estrutura trófica da ictiofauna do reservatório da UHE Funil.

Grupo trófico	Descrição baseada em AGOSTINHO <i>et al.</i> (1997)
Herbívoros	Peixes que se alimentam essencialmente de vegetais superiores, como folhas, sementes e frutos de plantas aquáticas e terrestres, além de algas filamentosas.
Insetívoros	Peixes que consomem insetos aquáticos e terrestres em diferentes fases de desenvolvimento.
lilófagos	Peixes que exploram o fundo ou o perifíton, ingerindo grandes quantidades de sedimento finamente particulado, juntamente com microorganismos e algas unicelulares.
Detritívoros	Peixes que exploram o fundo, ingerindo detrito pouco particulado, juntamente com microorganismos e excrementos de invertebrados.
Bentófagos	Peixes que exploram o fundo, selecionando os organismos da fauna bentônica.
Piscívoros	Peixes que se alimentam predominantemente de outros peixes incluindo espécies forrageiras e formas jovens de outras espécies.
Onívoros	Peixes que consomem indistintamente itens de origem vegetal e animal, desde algas e invertebrados até peixes.

5.2.2.1 Características Limnológicas

Segundo o relatório da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de FURNAS, os dados de pluviosidade e temperatura máxima e mínima do ar na região, permitem uma divisão do clima local em 4 períodos:

- quente e úmido: de novembro a fevereiro, com altos valores de temperatura do ar e elevada pluviosidade;
- transição chuva/seca: de março a abril, onde foram observadas diminuição na pluviosidade e na temperatura do ar;

- frio e seco - de maio a agosto, período em que foram registradas as temperaturas mais baixas e a menor pluviosidade;
- transição seca-chuva: de setembro a outubro, caracterizou-se por aumentos na temperatura do ar e na pluviosidade.

As coletas referentes às características limnológicas contemplaram os quatro períodos, sendo as amostragens realizadas em janeiro correspondentes ao período quente e úmido, as de abril ao período de transição chuva/seca, as de julho ao período mais frio e seco e as coletas de outubro ao período de transição seca-chuva. A estratificação da coluna d' água, dada pelo comportamento da temperatura e do oxigênio dissolvido, foi maior durante as coletas de janeiro. A temperatura da coluna d' água variou de 30° C na superfície, para cerca de 25° C nas regiões mais profundas.

As baixas temperaturas registradas no mês de julho fizeram com que a temperatura da água atingisse seus menores valores em todos os pontos, não ultrapassando a 22° C (Figura 8).

O item 5.1.3 (pagina 43) apresenta a caracterização do clima nas Áreas de Influência da UHE Funil.

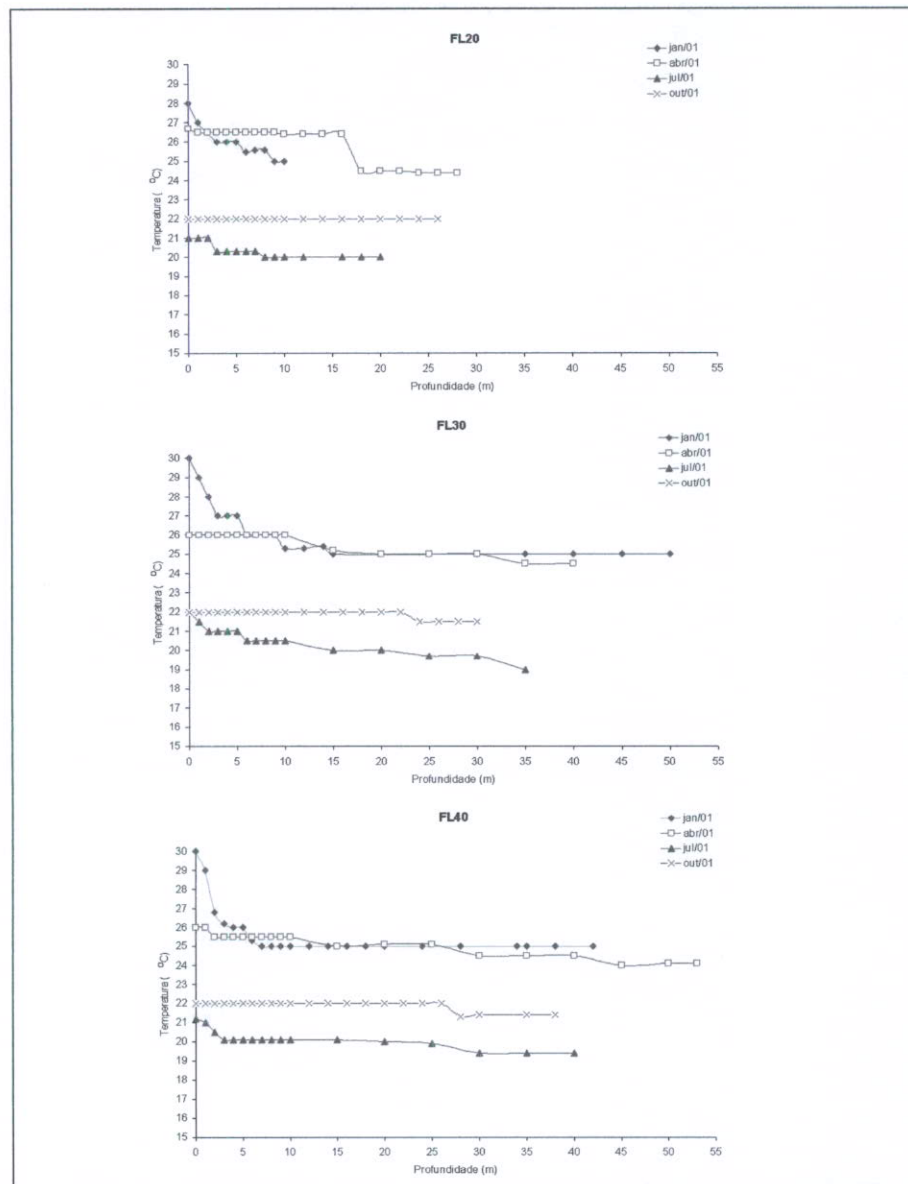


Figura 8 – Perfis de temperatura da coluna d' água no ano de 2001.

Da mesma forma que a temperatura, estratificações mais acentuadas também foram verificadas em janeiro para o oxigênio, que variou entre 11 mg/l na superfície a condições quase anóxicas nas regiões mais profundas, principalmente em FL30 (Figura 9).

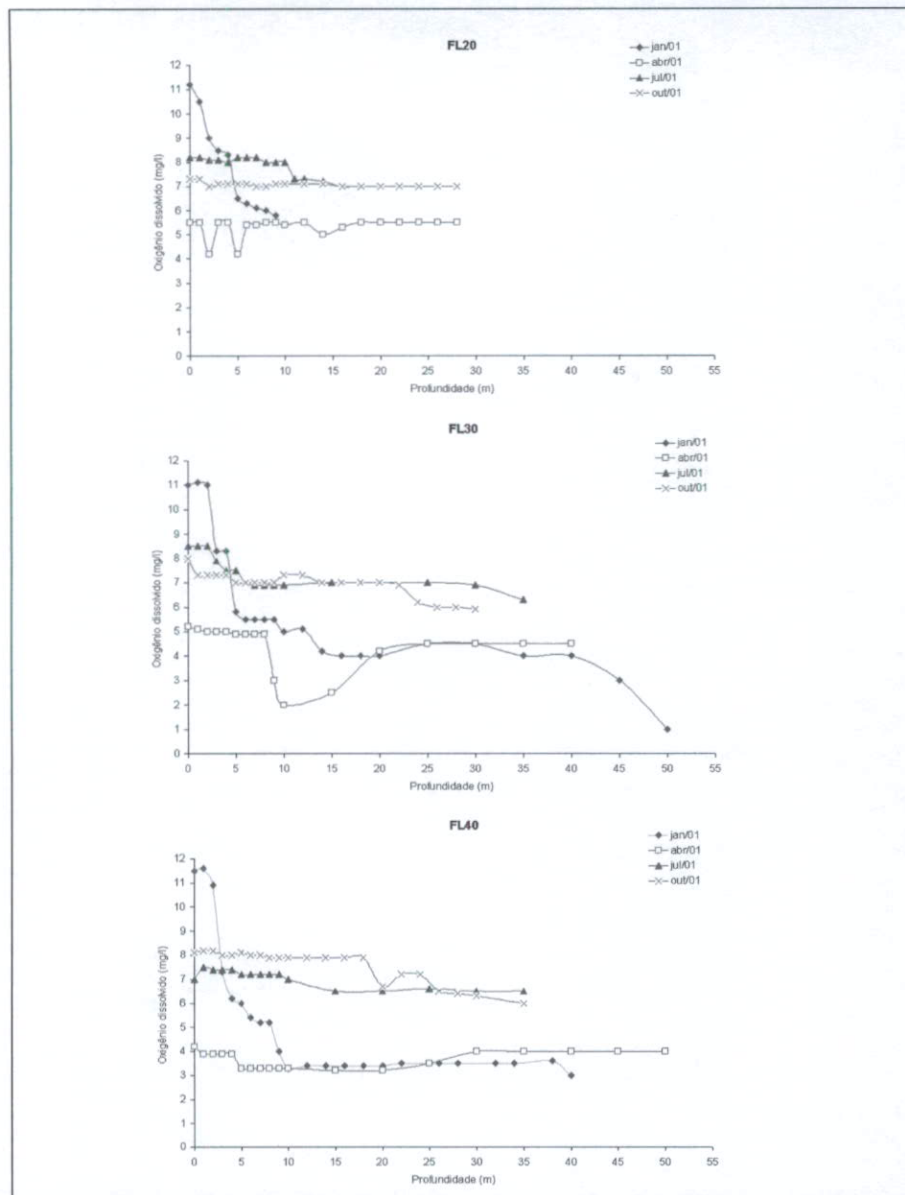


Figura 9 – Perfis de oxigênio dissolvido na coluna d' água nos três locais de amostragem do reservatório de Funil realizados durante o ano de 2001.

De modo geral, a transparência da coluna d' água foi baixa na maior parte do período, nos três locais, sendo o ponto FL40 o que apresentou os maiores valores durante a maior parte do período (Figura 10). Os menores valores foram registrados nos meses de janeiro e outubro, que corresponderam aos meses de maior precipitação no reservatório.

Assim como a transparência, o pH também apresentou valores mais elevados nos meses de janeiro e outubro de 2001 nos três locais. (Figura 11). Com relação às camadas d'água, a zona eufótica obteve valores próximos ao pH alcalino na maior parte do ano.



Os valores de condutividade foram bastante altos na maior parte do período (acima de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 25°C) em todos os locais e em ambas as camadas d' água. As oscilações também demonstraram que de 2000 para 2001, houve um nítido aumento da condutividade no reservatório (Figura 12)

As concentrações de amônia foram, em geral, maiores na zona afótica, principalmente no ponto FL20, cujos valores foram superiores aos demais locais em ambas as camadas de água, principalmente no mês de julho de 2000 onde houve um pico nas concentrações neste local (Figura 13).

Os valores de concentração do nitrito foram bastante semelhantes aos de amônia, com valores mais elevados na zona afótica. Por outro lado, com relação aos locais, FL20 apresentou valores maiores em julho de 2000 na zona eufótica, enquanto FL40 teve valores mais acentuados na zona afótica, no mesmo período (Figura 14).

O nitrato foi a forma iônica do nitrogênio mais abundante no reservatório em ambas as regiões da coluna d' água e locais de coleta. No entanto, houve uma diferenciação evidente entre a zona eufótica e afótica, sendo a última a região de maior concentração deste íon. Enquanto na zona eufótica as concentrações foram mais estáveis, na zona afótica houve um nítido aumento nas concentrações deste íon de 2000 para 2001 (Figura 15).

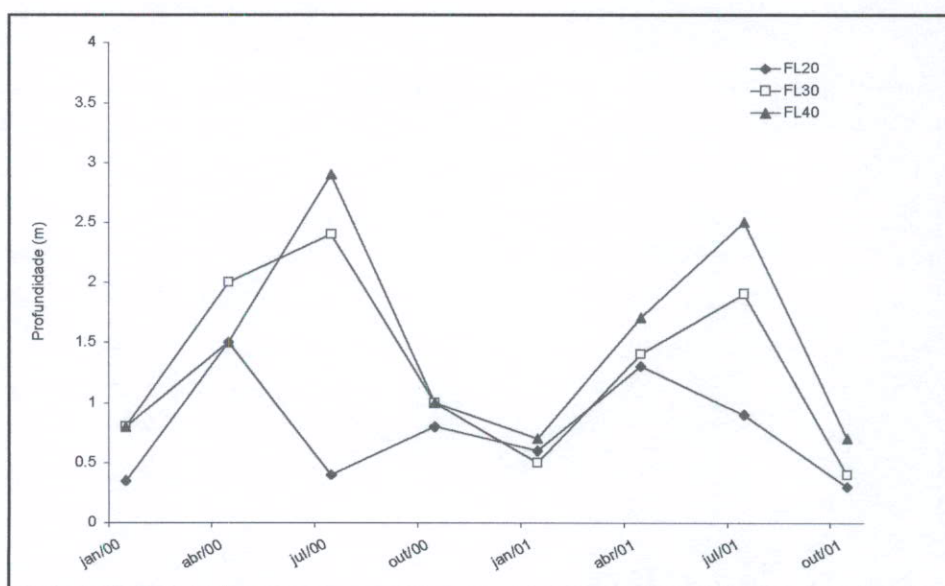


Figura 10 – Transparência da coluna d' água nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

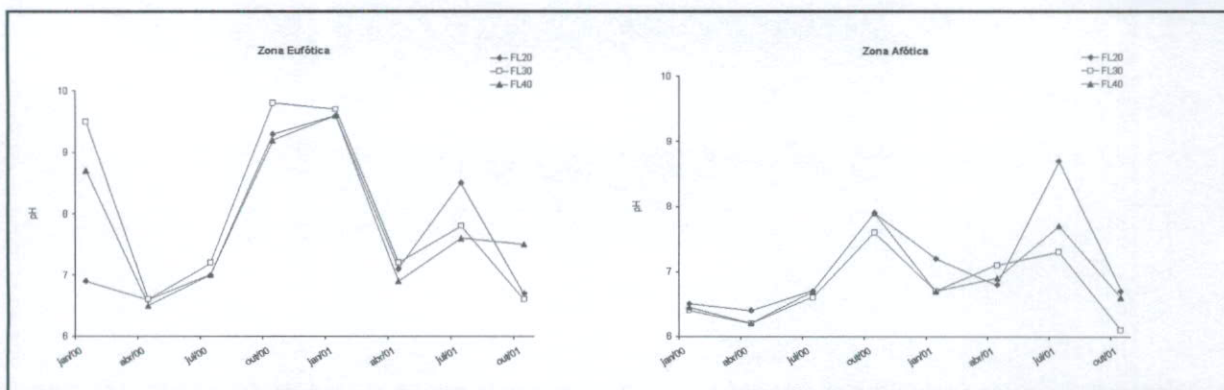


Figura 11 – Valores de pH registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

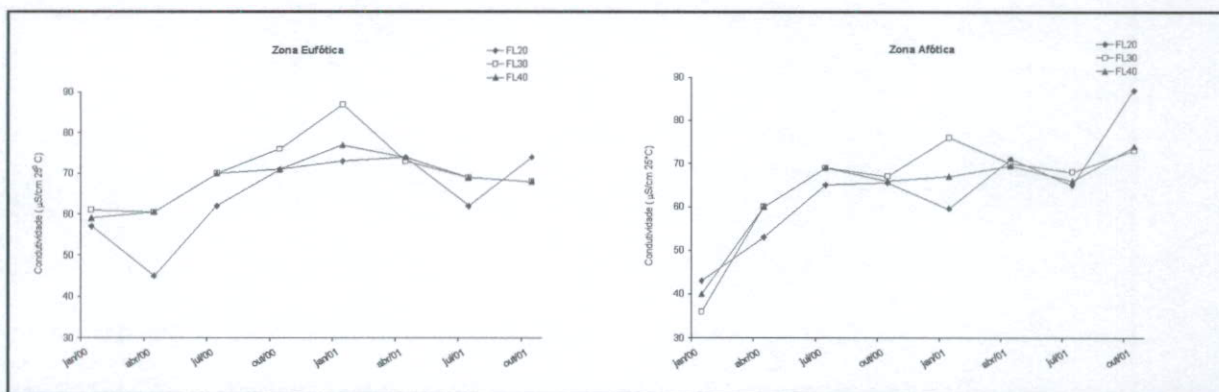


Figura 12 – Valores de condutividade registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

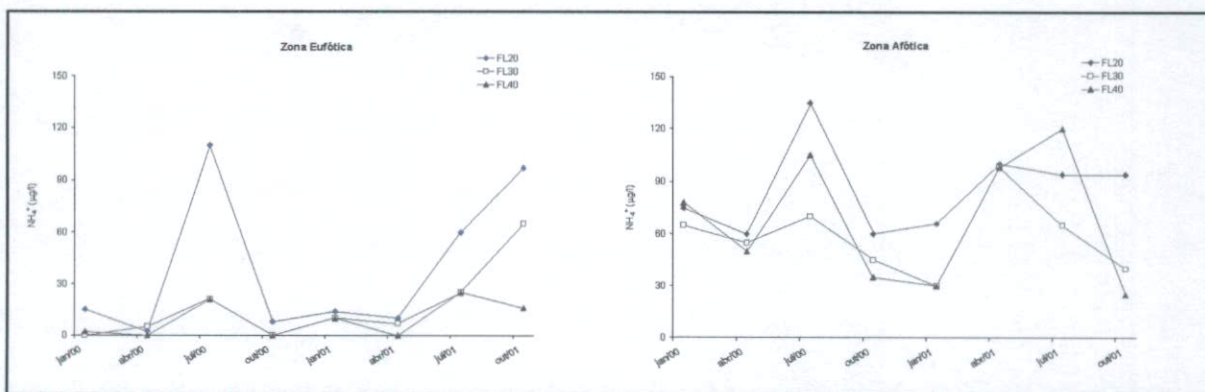


Figura 13 – Valores de amônia registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).



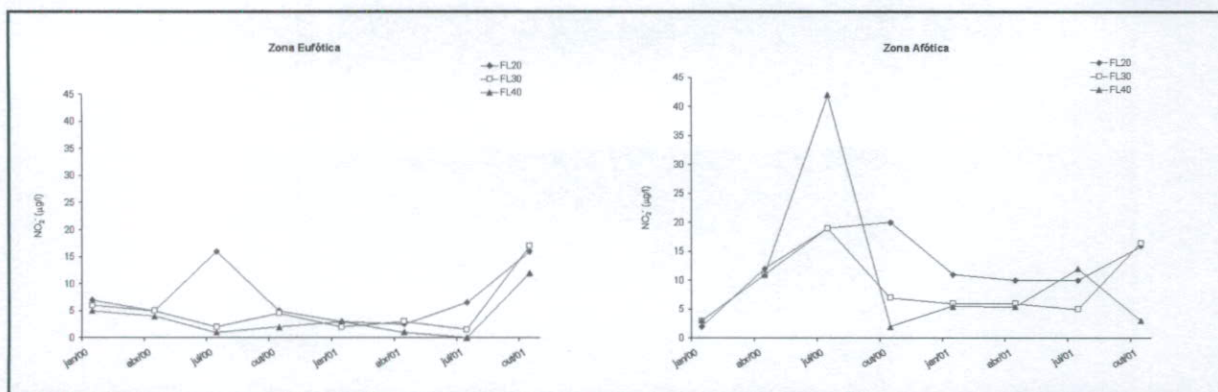


Figura 14 – Valores de nitrito registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

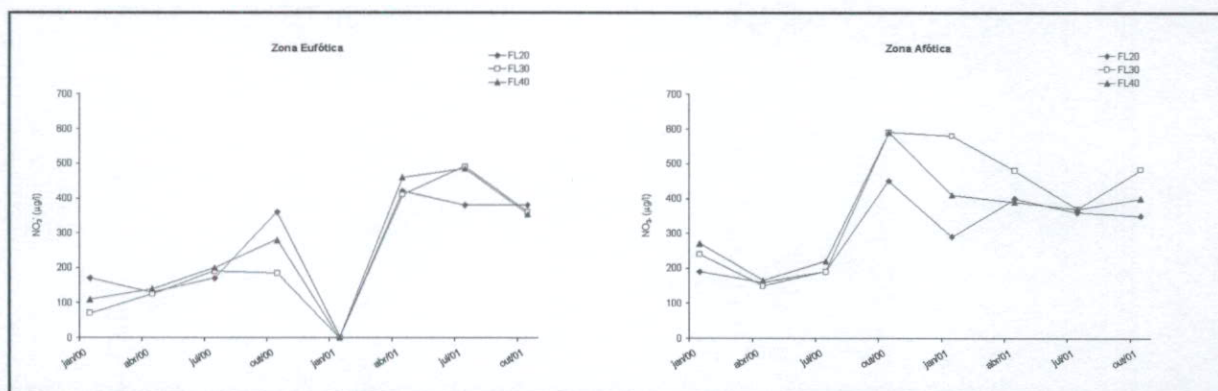


Figura 15 – Valores de nitrato registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

Com relação ao nitrogênio total, as concentrações foram, em geral, baixas e oscilaram durante o período em todos os locais, não apresentando um padrão cíclico. Estas oscilações também foram muito semelhantes entre as camadas d'água (Figura 16).

O ortofosfato teve as maiores concentrações no ponto FL20, na maior parte do período e demonstrou aumento nas concentrações de um ano para o outro, principalmente na zona afótica (Figura 17). Da mesma forma que ocorreu para o ortofosfato, as concentrações de fósforo total também foram maiores no ponto FL20 e semelhantes entre as camadas de água, com exceção do mês de fevereiro de 2000 na zona afótica, onde houve um pico de concentração de fósforo em FL30. (Figura 18).

As concentrações de silicato medidas na zona eufótica apresentaram um comportamento semelhante entre os locais de coleta com valores baixos ao longo de todo o período, não ultrapassando 6.5 mg/l. Um padrão sazonal cíclico foi observado nas concentrações, sendo os valores mais baixos verificados no mês de julho de 2000 e 2001, mês correspondente ao período mais frio e seco na região do reservatório (Figura 19).



Os sólidos totais em suspensão tiveram os maiores valores registrados na zona afótica, particularmente no mês de janeiro de 2000, onde os três locais apresentaram valores acima de 50 mg/l. Destaque deve ser dado ao ponto FL30, que apresentou o maior valor registrado de todo o período, com valores próximos a 180 mg/l. (Figura 20).

Os resultados de clorofila-a, apesar de baixos, apresentaram picos durante os meses de janeiro de 2000 e 2001, período em que foram registrados *blooms* de algas em todos os locais amostrados, conforme será mostrado adiante. O ponto FL20 manteve os valores mais altos de clorofila a durante todo o período estudado (Figura 21).

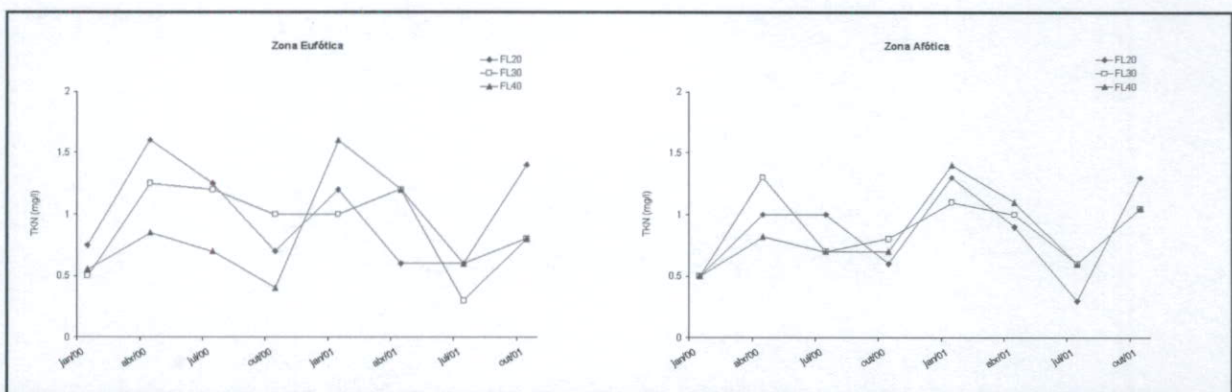


Figura 16 – Valores de nitrogênio total Kjeldahl registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

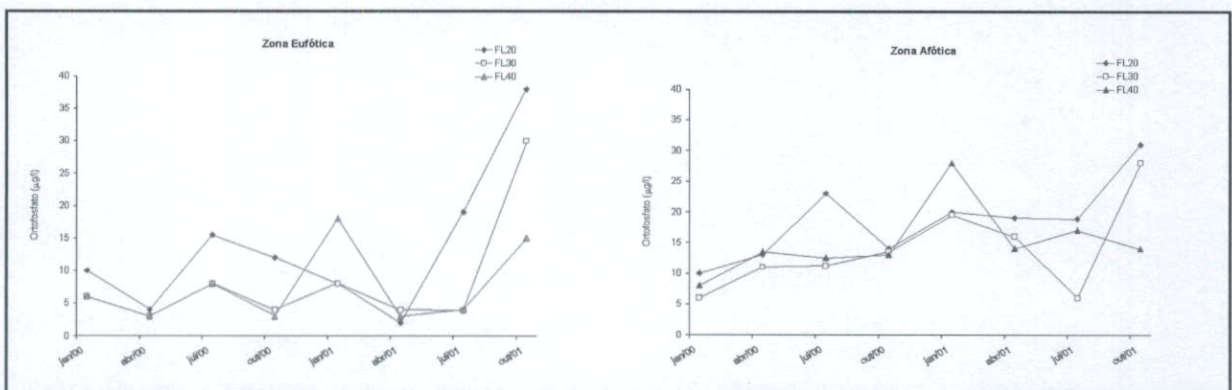


Figura 17 – Concentrações de ortofosfato nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

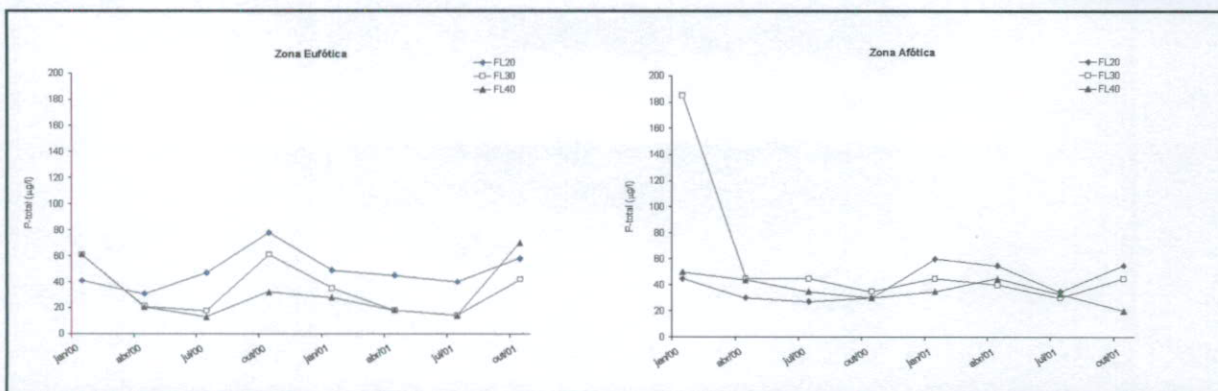


Figura 18 – Concentrações de P-total registradas nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

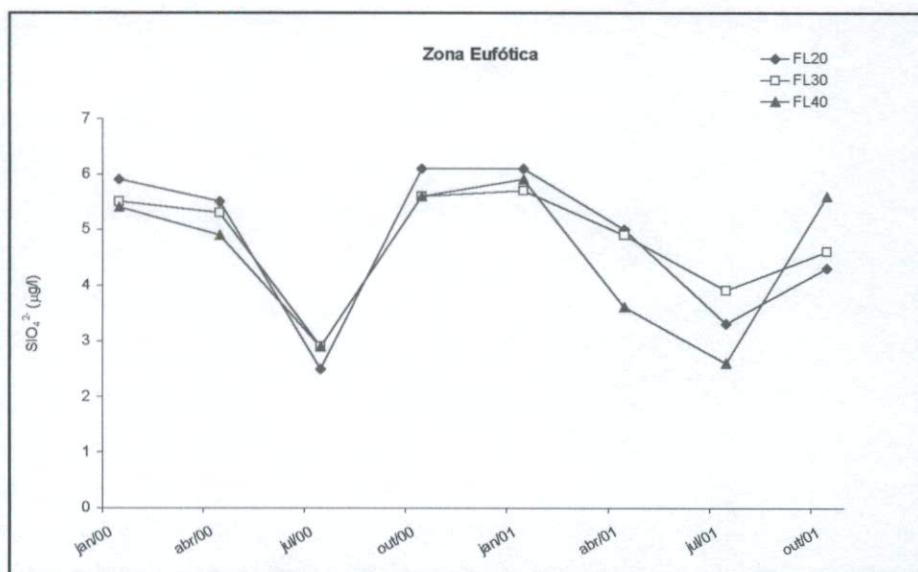


Figura 19 – Concentrações de silicato registradas na zona eufótica, nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

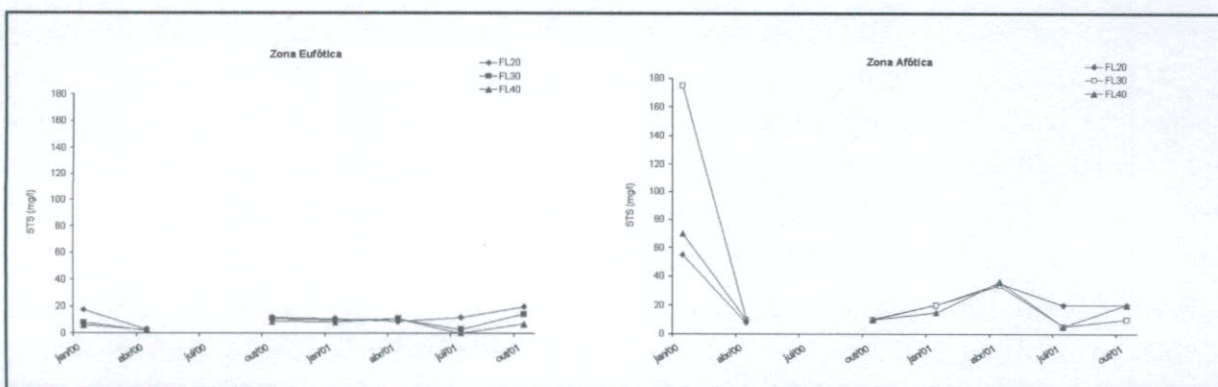


Figura 20 – Sólidos totais em suspensão registrados nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

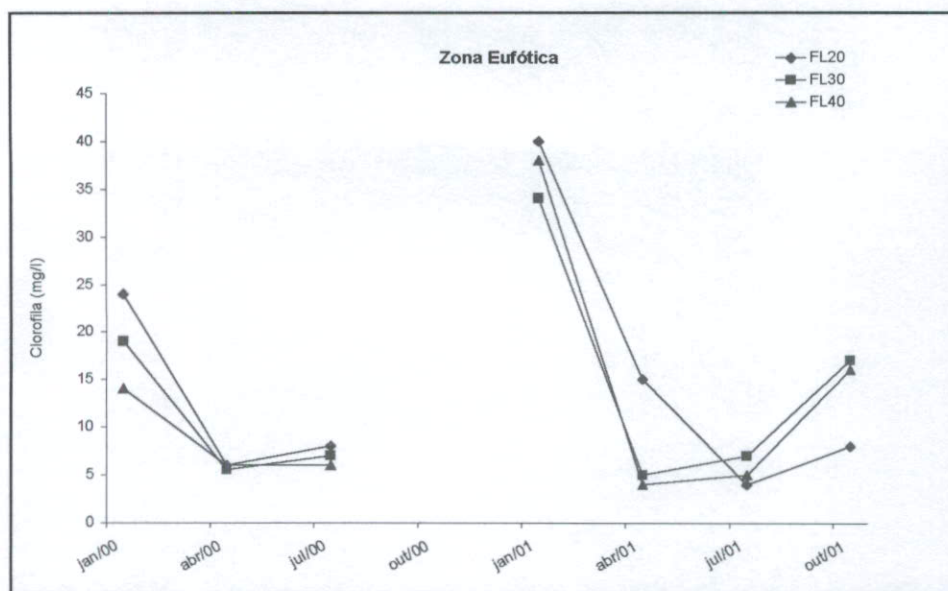


Figura 21 – Concentração de clorofila registradas nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil (2000-2001).

Fitoplâncton e zooplâncton

O levantamento taxonômico da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Funil permitiu a identificação de 57 táxons, dos quais 33 pertencem à divisão Chlorophyta, 10 à divisão Cyanobacteria, 9 à Crysophyta, 3 à Pyrrophyta e 2 à divisão Euglenophyta (Tabela 13).

A abundância fitoplanctônica oscilou numa estreita faixa entre 0 e 4×10^3 indivíduos /ml na maior parte do ano, com exceção do mês de janeiro de 2001 onde foi observado um grande aumento na abundância nos três locais de amostragem, sendo mais acentuado no ponto FL40, que atingiu cerca de 22×10^3 indivíduos/ml neste período (Figura 22).

Os grupos algais mais abundantes no reservatório foram Cyanobacteria e Pyrrophyta, sendo o restante dos grupos pouco expressivos durante o período. De forma geral, o grupo Pyrrophyta manteve abundância superior em relação aos outros grupos durante a maior parte do período nos três locais. Por outro lado, o mês de janeiro se destacou por um pico de abundância de Cyanobacteria, principalmente em 2001, onde os valores atingiram cerca de 1500 ind./ml em FL20, 7000 ind./ml e cerca de 19800 ind./ml em FL30 (Figura 23). As espécies que mais contribuíram nos valores de abundância no mês de janeiro foram *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Microcystis aeruginosa*, espécies predominantes nas coletas.

Tabela 13 – Lista de espécies do fitoplâncton encontradas no reservatório da UHE Funil de 2000 a 2001.

Clorophyta	Pyrrophyta
<i>Actinastrum sp</i>	<i>Cryptomonas brasiliensis</i>
<i>Ankistrodesmus bernardii</i>	<i>Cryptomonas erosa</i>
<i>Ankyra judayi</i>	<i>Rhodomonas lacustris</i>
<i>Botrycoccus braunii</i>	
<i>Chlorella vulgaris</i>	Chrysophyta
<i>Coelastrum reticulatum</i>	<i>Aulacoseira granulata var. angustissima</i>
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	<i>Cyclotella sp</i>
<i>Elakatothyx viridis</i>	<i>Dynobryon sp</i>
<i>Eutetramorus planctonicus</i>	<i>Mallomonas sp</i>
<i>Franceia sp</i>	<i>Mallomonas tonsurata</i>
<i>Kirchneriella lunaris</i>	<i>Mellosira sp</i>
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	<i>Navicula sp</i>
<i>Monoraphidium contortum</i>	<i>Rhyzosolenia sp</i>
<i>Monoraphidium griffithii</i>	<i>Synedra sp</i>
<i>Monoraphidium kumarkovae</i>	
<i>Oocystis lacustris</i>	Cyanobacteria
<i>Pediastrum tetras</i>	<i>Anabaena sp</i>
<i>Quadrigula sabulosa</i>	<i>Cylindropermopsis raciborskii</i>
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	<i>Lyngbya limnetica</i>
<i>Scenedesmus bijugus var. disciformis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>
<i>Scenedesmus denticulatus</i>	<i>Microcystis aeruginosa var. flos-aquae</i>
<i>Scenedesmus denticulatus var. australis</i>	<i>Microcystis viridis</i>
<i>Scenedesmus protuberans</i>	<i>Microcystis sp</i>
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Phormidium tenue</i>
<i>Schroederia sp</i>	<i>Pseudanabaena mucicola</i>
<i>Selenodictyon brasiliensis</i>	<i>Synechocystis sp</i>
<i>Staurastrum contortum</i>	
<i>Staurastrum sp</i>	Euglenophyta
<i>Staurodesmus minor</i>	<i>Trachelomonas verrucosa</i>
<i>Tetraëdron caudatum</i>	<i>Trachelomonas volvocina</i>
<i>Tetraëdron minimum</i>	
<i>Tetrastrum triangulare</i>	



Considerando que os valores de diversidade variam de 0 a 5 (segundo o Índice de Shannon-Wiener), a diversidade fitoplanctônica no reservatório de Funil foi baixa na maior parte do ano, sendo raros valores maiores que 3,0 bits/indivíduo. As coletas referentes ao mês de janeiro de 2000 e 2001 apresentaram os menores valores, principalmente no ano de 2001 em função da presença de *C. raciborskii*, que apresentou crescimento maciço nos três pontos de coleta (Figura 24).

O levantamento da comunidade zooplanctônica realizado a partir de 2001, revelou uma abundância baixa destes organismos. Enquanto em FL30 e FL40 a comunidade zooplanctônica foi estável durante o período, FL20 teve uma abundância alta em relação aos outros pontos em janeiro, no entanto, estes valores declinaram nas coletas seguintes, atingindo valores extremamente baixos em outubro de 2001 (próximos de 1.10^3 indivíduos/m³) (Figura 25).

Com relação a composição da comunidade zooplanctônica, Copepoda e fases imaturas deste grupo, chamados Nauplios foram os mais importantes em abundância no reservatório. Os outros grupos, Cladocera e Rotifera apresentaram picos esporádicos como verificado para Cladocera em janeiro e para Rotifera em outubro de 2001 em FL30 (Figura 26).

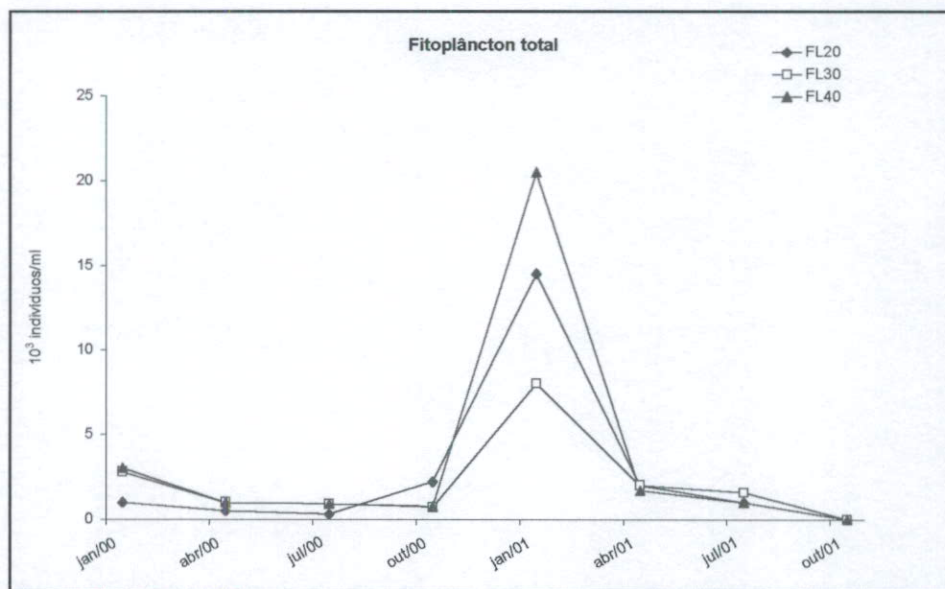


Figura 22 – Abundância total (Indivíduos/ml) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante os anos 2000 e 2001.

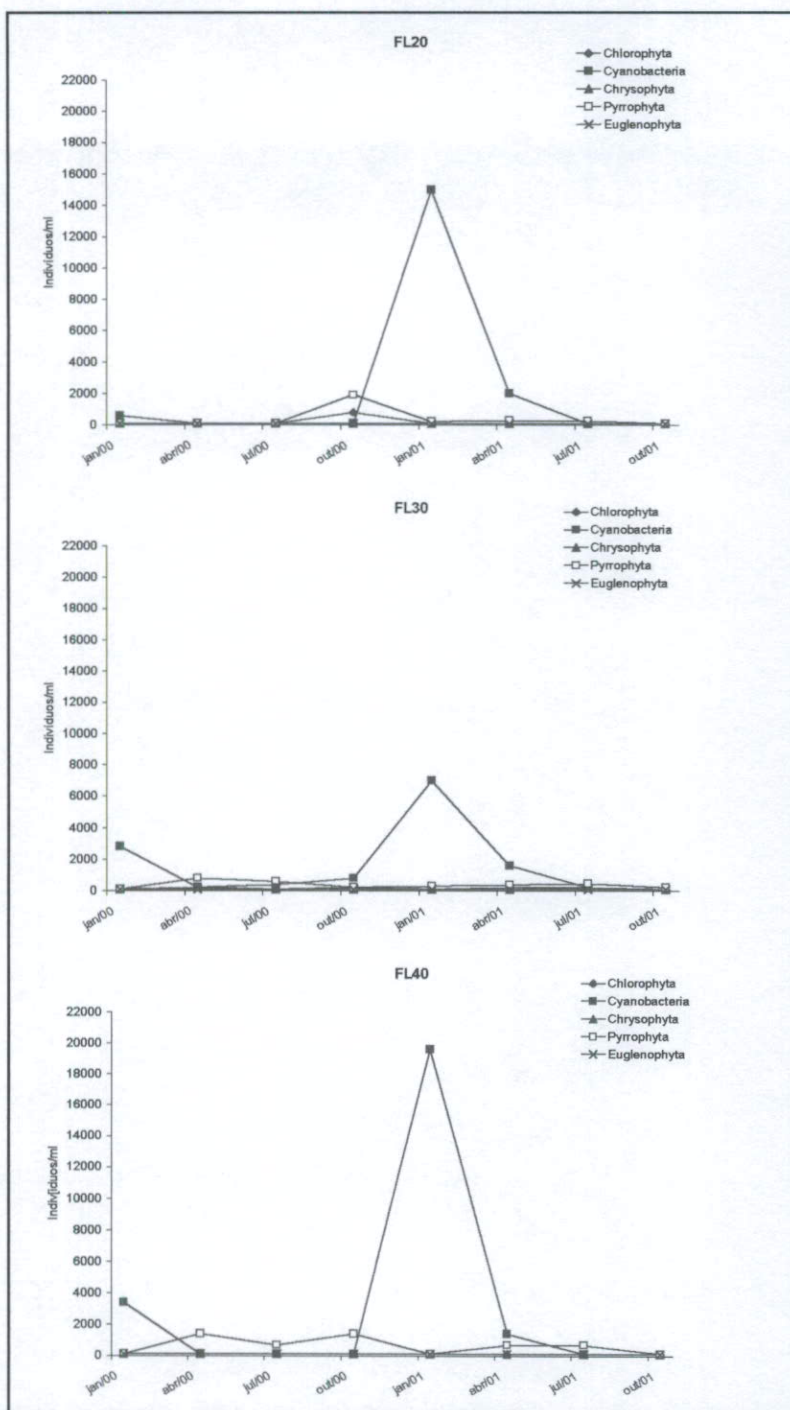


Figura 23 – Número de indivíduos por divisão algal nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante os anos de 2000 e 2001.

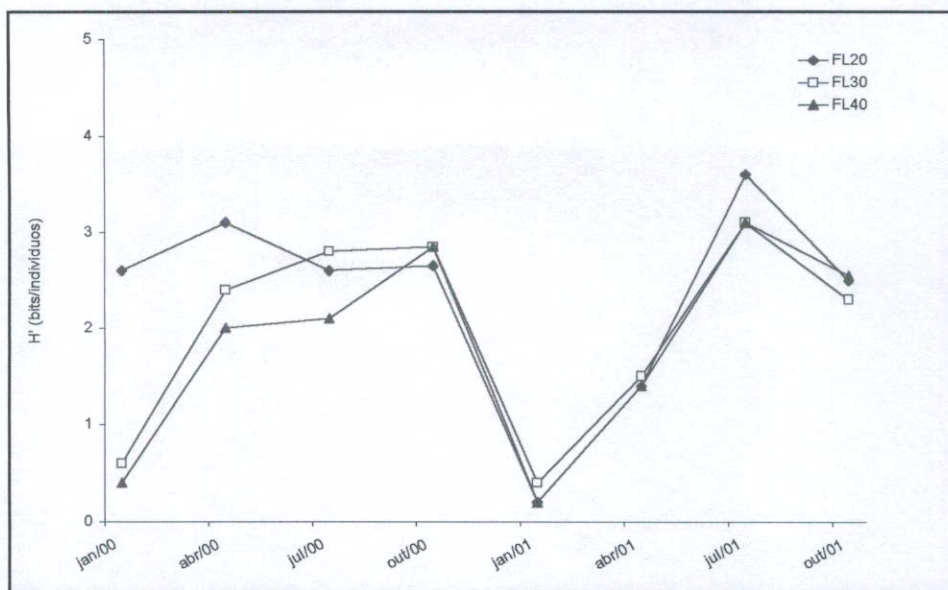


Figura 24 – Diversidade (H') da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante os anos de 2000 e 2001.

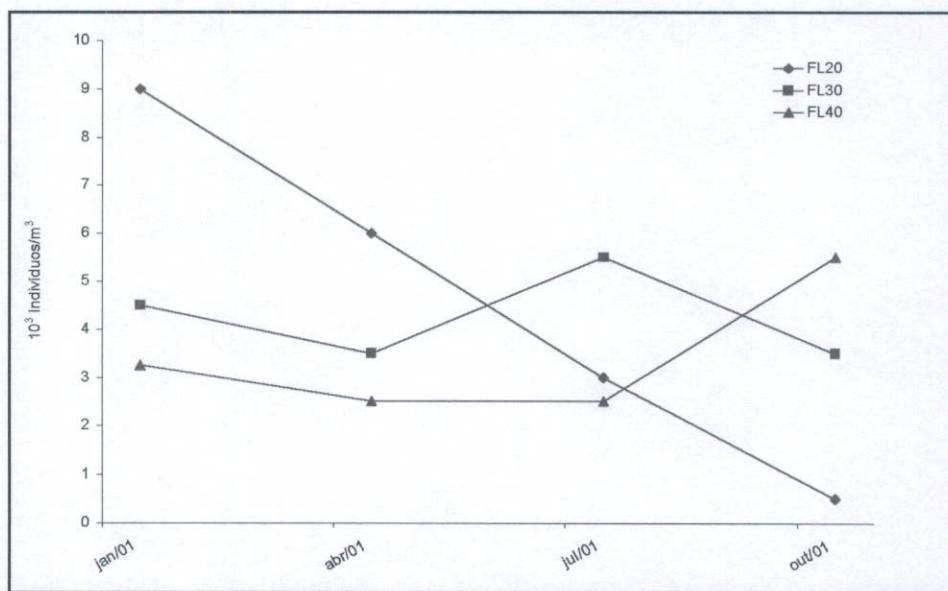


Figura 25 – Abundância total (Indivíduos/m³) da comunidade zooplânctônica nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante o ano 2001.

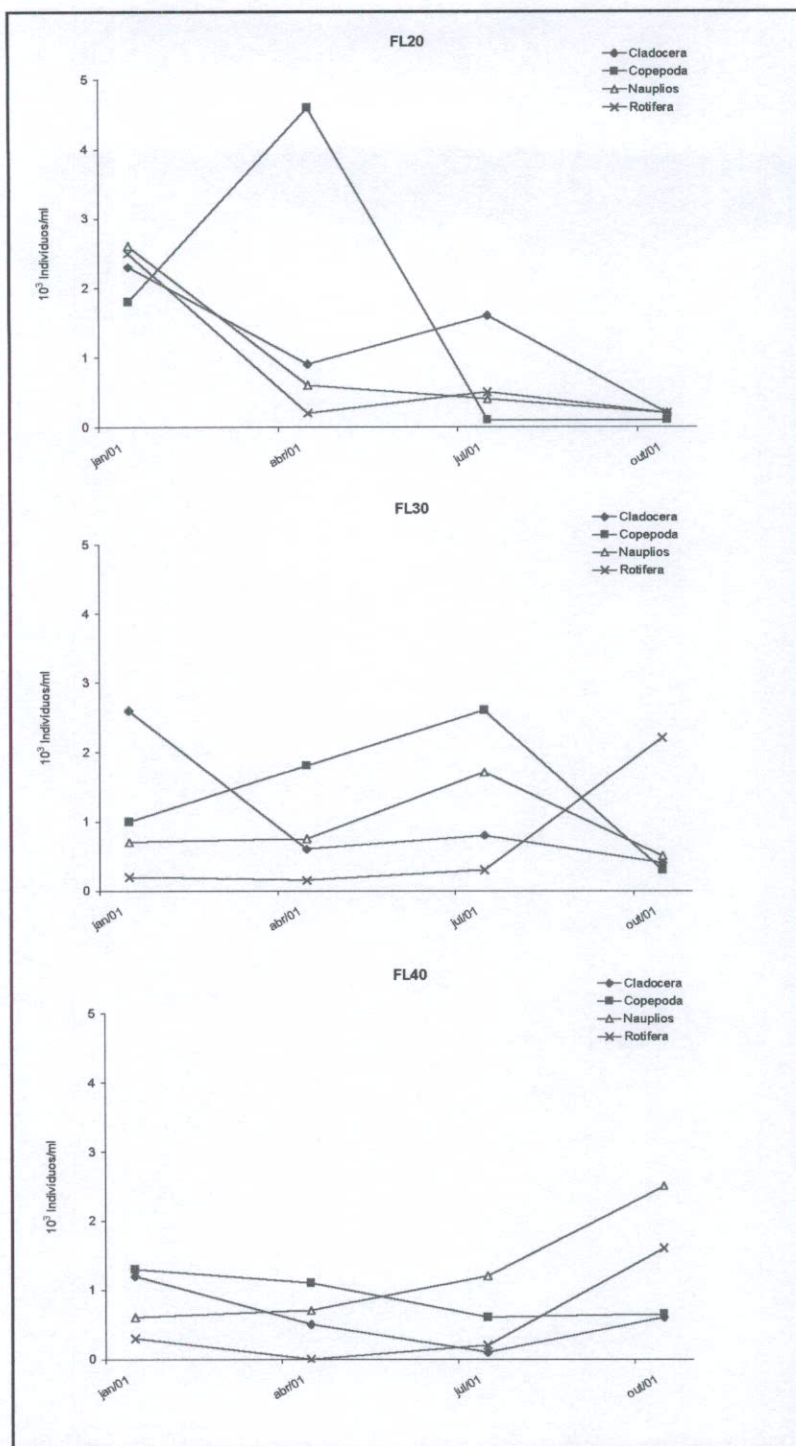


Figura 26 – Abundância de grupos zooplantônicos nos pontos de amostragem do reservatório da UHE Funil durante o ano 2001.

Ictiofauna

Nas amostragens realizadas no período de 2000 a 2002 no ponto FL10, foram coletadas 19 espécies num total de 1862 indivíduos. Os exemplares capturados foram identificados através de chaves taxonômicas apropriadas, segundo classificação proposta por LAUDER & LIEM (1983) e com auxílio de especialistas da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura – NUPELIA, da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

As espécies foram distribuídas em 4 ordens, 11 famílias, 15 gêneros e relacionadas numa lista conforme posição taxonômica e nome popular (Tabela 14).

Das espécies capturadas, apenas quatro se destacaram nas capturas: *P. maculatus* (38,56%), *P. adspersus* (28,73%), *A. altiparanae* (12,89%) e *H. littorale* (7,41%) (Tabela 15).

Foram capturadas seis espécies introduzidas, sendo quatro de origem alóctone: *P. maculatus* (38,56%), originária da bacia do Paraná, *C. monoculus* (0,54%), da Amazônia e *H. littorale* (7,41%) do baixo Paraná e duas exóticas: *T. rendalli* (0,48%) e *C. carpio* (0,16%).

Espécies de hábito migratório foram capturadas somente *P. maculatus* (38,56%), *L. conirostris* (0,54%) e *L. copelandi* (0,43%).

A ictiofauna do reservatório de Funil foi representada por 6 grupos tróficos, sendo 5 espécies bentófagas, 3 piscívoras, 4 onívoras, 2 insetívoras, 1 herbívora, 1 detritívora e 3 espécies cujo hábito alimentar não foi encontrado na literatura (Tabela 15).

Tabela 14 – Posição taxonômica e nome popular das espécies capturadas na pesca experimental no reservatório da UHE Funil no período de 2000-2002.

Ordem CHARACIFORMES
Família CHARACIDAE
<i>Astyanax fasciatus paraguayae</i> - lambari do rabo vermelho
<i>Astyanax altiparanae</i> (Garutti & Britski, 2000) - lambari do rabo amarelo
<i>Brycon</i> sp - piracanjuba
<i>Oligossarcus hepsetus</i> - peixe cachorro
Família ANOSTOMIDAE
<i>Leporinus conirostris</i> - piau
<i>Leporinus copelandi</i> - piau vermelho
<i>Leporinus</i> sp - piau
Família ERYTHRINIDAE
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794) - traíra
Ordem SILURIFORMES
Família PIMELODIDAE
Sub-família PIMELODINAE
<i>Pimelodus maculatus</i> (Lacépède, 1803) - mandi amarelo
<i>Pimelodus fur</i> (Reinardt, 1874) - mandi prata
Família CALLICHTHYDAE
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828) - tamboatá
Família LORICARIIDAE
Sub-família PLECOSTOMINAE
<i>Hypostomus</i> sp. 1 - cascudo
Ordem GYMNOTIFORMES
Família GYMNOTIDAE
<i>Gymnotus carapo</i> (Linnaeus, 1758) - sarapó
Família STERNOPYGIDAE
<i>Eigenmania virescens</i> (Valenciennes, 1847) - tuvira
Ordem CYPRINIFORMES
Família CYPRINIDAE
<i>Ciprinus carpio</i> - carpa
Ordem PERCIFORMES
Família CICHLIDAE
<i>Cichla monoculus</i> (Spix, 1831) - tucunaré
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824.) - acará
<i>Tilapia rendalli</i>
Família SCIENIDAE
<i>Pachypops adspersus</i> - corvina

Tabela 15 – Espécies capturadas de 2000 a 2002 no reservatório de Funil , com seu nome popular, abundância relativa e hábito alimentar.

Espécie	Nome popular	N	Ab. Rel. (%)	G. trófico
♁ <i>P. maculatus</i>	mandi amarelo	718	38.56	Onívoro
<i>P. adspersus</i>	corvina	535	28.73	Bentófago
<i>A. altiparanae</i>	lambari do rabo amarelo	240	12.89	Onívoro
* <i>H. littorale</i>	tamboatá	138	7.41	Bentófago
<i>A. fasciatus parahybae</i>	lambari	85	4.56	Insetívoro
<i>P. fur</i>	mandi amarelo	36	1.93	Onívoro
<i>Hypostomus sp1</i>	casculo	27	1.45	Detritívoro
<i>G. brasiliensis</i>	acará	11	0.59	Bentófago
<i>G. carapo</i>	sarapó	10	0.54	Insetívoro
* <i>C. monoculus</i>	tucunaré	10	0.54	Piscívoro
<i>O. hepsetus</i>	peixe-cachorro	10	0.54	Piscívoro
♁ <i>L. conirostri</i>	piau	10	0.54	N. ident.
** <i>T. rendalii</i>	tilápia	9	0.48	Bentófago
♁ <i>L. copelandii</i>	piau vermelho	8	0.43	N. ident.
<i>Leporinus sp</i>	piau	5	0.27	N. ident.
<i>E. virescens</i>	tuvira	4	0.21	Bentófago
** <i>C. carpio</i>	carpa	3	0.16	Herbívoro
<i>H. malabaricus</i>	traíra	2	0.11	Piscívoro
♁ <i>Brycon sp</i>	piracanjuba	1	0.05	Onívoro

*Espécies alóctones

**Espécies exóticas

♁ Espécies de hábito migratório

∞ Espécies nativas de interesse na pesca

A abundância relativa das espécies por tamanho de malha mostrou que as malhas de 3, 4 e 5 cm foram as que detiveram o maior número de indivíduos durante o período de amostragens (Figura 27). Entre as espécies de maior importância nas capturas, *P. maculatus* e *P. adspersus* foram a mais capturadas durante os três anos de amostragem (Figura 28).

As maiores contribuições nos valores de CPUEn por tamanho de malha foram em função de *P. maculatus* na malha de 3 cm, *P. adspersus* nas malhas de 4 e 5 cm e *H. littorale* nas malhas de 6 e 7 cm. Em CPUep *P. maculatus* foi a mais importante nas malhas 3 e 4 e 8 cm, *H. littorale* na malha 5 e *P. adspersus* nas malhas de 6 e 7 cm (Figura 29).

O índice de diversidade (H') foi muito baixo, com valores menores que 2,0 na maior parte do período. Os valores variaram consideravelmente entre as coletas, sendo que no mês de julho de 2002 foi verificado o menor valor (próximo de 0). Com relação a riqueza, o padrão de distribuição da quantidade de espécies foi semelhante ao padrão de distribuição do índice de diversidade (Figura 30).

Dos grupos tróficos encontrados no reservatório, o grupo onívoro, embora não tenha contemplado o maior número de espécies, foi o mais abundante (45,48%), seguido pelos bentófagos (37,43%) e insetívoros (5,10%) (Figura 31).

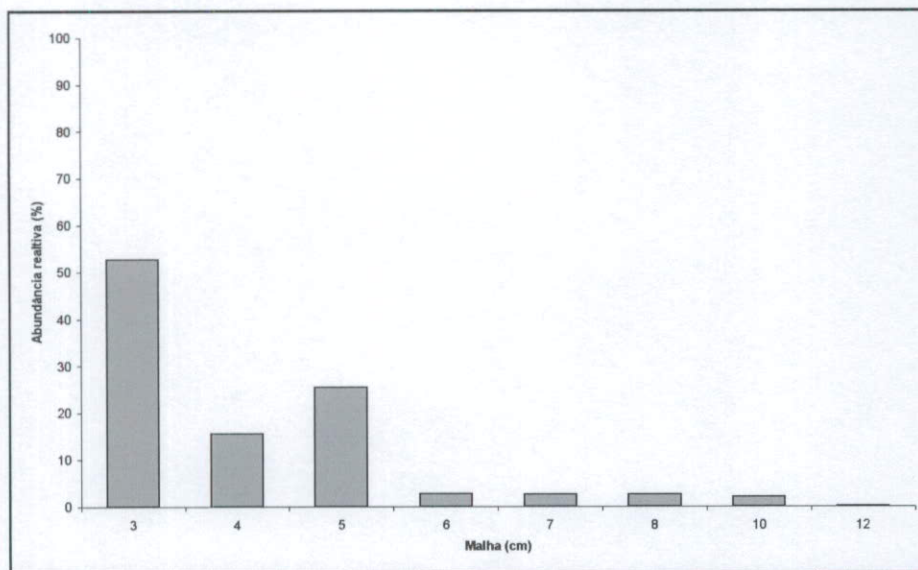


Figura 27 – Abundância relativa por tamanho de malha das espécies capturadas no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil .

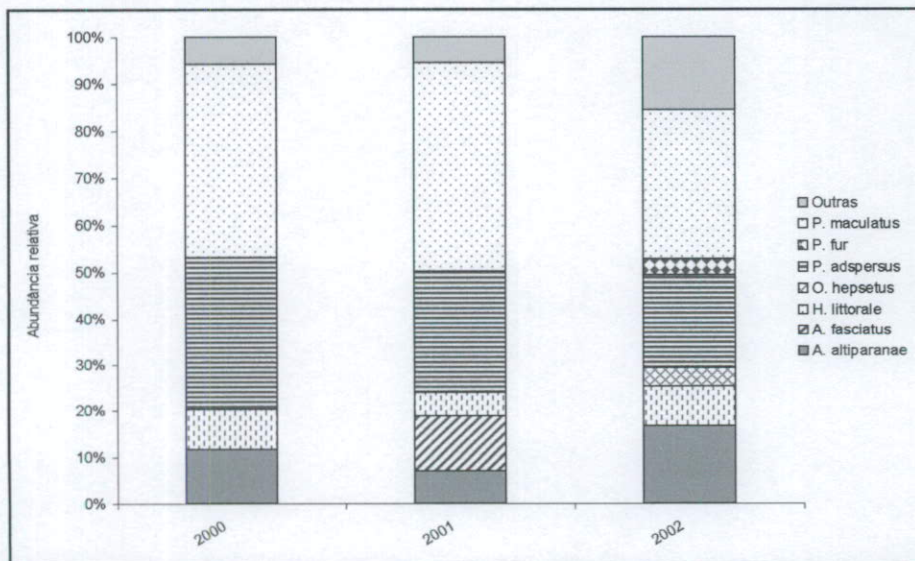


Figura 28 – Abundância relativa das principais espécies no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil .

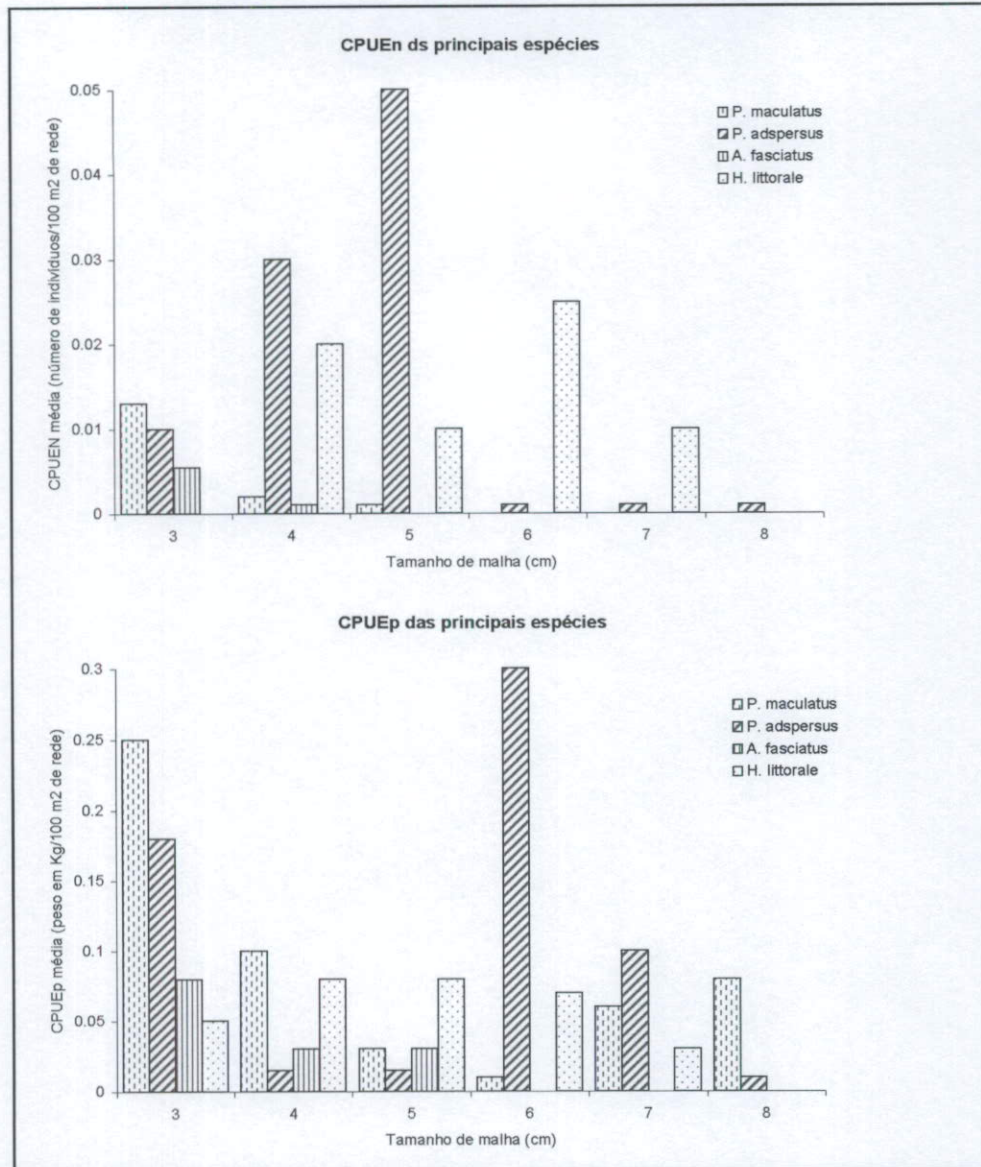


Figura 29 – CPUE média de número e peso por tamanho de malha das quatro espécies mais capturadas no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil .



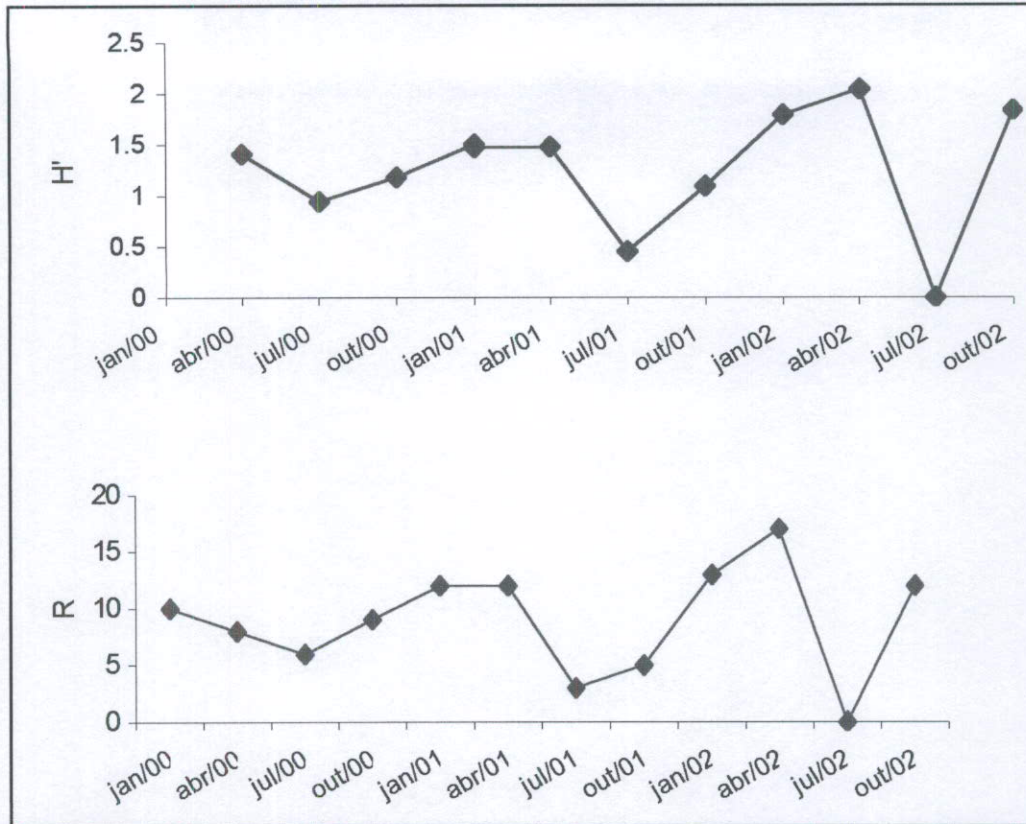


Figura 30 – Diversidade (Shanon-Wiener) e Riqueza de espécies no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil (Fonte: FURNAS, 2001).

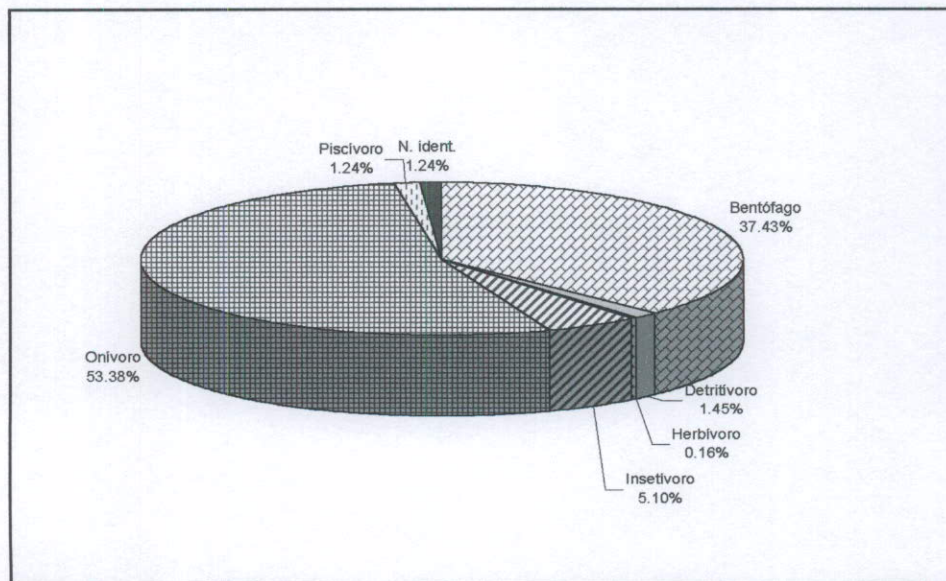


Figura 31 – Abundância relativa dos principais grupos tróficos encontrados no período de 2000 a 2002 no reservatório da UHE Funil .

A estrutura das populações de peixes do reservatório de Funil dada pelas amplitudes de comprimento e peso das espécies, foi representada na sua maioria por espécies de pequeno e médio porte, com comprimento médio variando de 7 a 30cm, e peso médio variando de 15g a 875g (Tabela 16).

Tabela 16 – Número de indivíduos capturados, média e desvio padrão, amplitude de comprimento (Cmax e Cmin) e peso (Pmax e Pmin) das espécies encontradas no reservatório da UHE Funil no período de 2000 a 2002.

Espécie	N	CP max	CP min	Média	Desvio	PC max	PC min	Média	Desvio
<i>P. maculatus</i>	718	35,6	6,7	11,47	3,75	1096	9	42,37	91,02
<i>L. conirostris</i>	10	29,9	13,5	23,16	4,58	610	45	282,30	173,36
<i>H. malabaricus</i>	2	30,5	30	30,25	0,35	902	848	875,00	38,18
<i>C. monoculus</i>	10	29,5	9,5	17,74	6,29	815	17	195,00	235,95
<i>G. carapo</i>	10	29	19	21,91	2,69	60	33	40,60	9,20
<i>P. fur</i>	36	20,7	6,5	12,36	4,01	90	5	23,59	13,41
<i>C. carpio</i>	3	23,4	17	21,27	3,70	360	157	292,33	117,20
<i>P. adspersus</i>	535	23,3	8,7	17,05	2,75	244	15	86,67	36,56
<i>O. hepsetus</i>	10	20,6	11,5	17,28	3,58	154	15	74,50	60,80
<i>L. copelandii</i>	8	26	11,5	17,26	5,26	360	35	129,13	125,89
<i>Brycon</i> sp	1	21,5	21,5	21,50	0,0	135	135	135,00	0,0
<i>Hypostomus</i> sp1	27	24	10,5	18,07	2,69	390	27	150,41	77,23
<i>H. littorale</i>	138	23	7,5	12,24	2,38	384	17	70,15	46,33
<i>Leporinus</i> sp	5	23	13	17,80	4,62	205	47	116,80	74,15
<i>G. brasiliensis</i>	11	17,5	11,3	13,50	1,96	156	54	90,18	29,03
<i>E. virescens</i>	4	21	17,5	19,25	2,02	47	19	33,00	16,17
<i>T. rendalii</i>	9	15,5	7,5	10,67	2,50	146	18	55,22	40,97
<i>A. altiparanae</i>	240	11	6	7,69	0,99	47	6	15,52	6,92
<i>A. fasciatus parahybae</i>	85	10	7,2	8,17	0,61	27,9	10	15,41	3,64

5.2.2.2 Diagnóstico Limnológico

As represas, ao interceptarem o fluxo de água de um rio, funcionam como "coletores de eventos" fornecendo informações fundamentais sobre as bacias hidrográficas. Por esta razão, constituem importantes centros de convergência das várias atividades desenvolvidas numa bacia hidrográfica, inclusive de seus aspectos econômicos e sociais (BICUDO *et al.*, 1999).

No reservatório de Funil, o clima demonstrou atuar de forma constante, tanto no comportamento dos parâmetros físico-químicos da água, quanto na estrutura das comunidades biológicas.

Apesar de terem sido analisados apenas dois anos de coletas, os baixos índices pluviométricos ocorridos no final do ano 2000 e início de 2001 mantiveram os níveis de água do reservatório baixos durante um longo período, o que deve ter influenciado muitas das variáveis analisadas.

A estratificação da coluna d'água foi nítida durante as coletas de janeiro em todos os pontos de amostragem. No entanto, nas coletas seguintes, principalmente nos meses de abril e julho, onde são comuns temperaturas mais baixas, a temperatura na coluna d' água foi mais uniforme.

Este padrão de circulação da coluna d'água durante o inverno e estratificação durante os meses mais quentes é característico de ecossistemas aquáticos monomíticos quentes, com isotermia durante os meses mais frios e estratificação na primavera e verão (HENRY 1993).

Os padrões de estratificação e mistura da coluna d'água podem variar num gradiente longitudinal no reservatório. Assim, as regiões mais próximas à barragem, geralmente mais profundas, são mais susceptíveis à estratificação que as regiões fluviais e intermediárias, geralmente mais rasas e com maior circulação das massas de água em função da permanente entrada de água no reservatório pelo rio (THORNTON, 1990).

No reservatório de Jurumirim, no rio Paranapanema, este padrão foi evidente especialmente na zona lacustre do reservatório e menos acentuado nas regiões mais a montante, onde houve predomínio de um padrão de mistura contínua causada pela influência de processos advectivos (NOGUEIRA, 1996). Este panorama também ocorreu no reservatório de Funil onde, no ponto FL40, região mais próxima à barragem, a estratificação foi mais pronunciada que nos pontos localizados a montante.

O comportamento térmico do reservatório de Funil também pode estar relacionado às características óticas da água, que, devido ao alto conteúdo de sólidos em suspensão, absorve grande parte da radiação térmica no primeiro metro da coluna d' água. A água pode refletir até 25% da luz incidente, aumentando o caminho ótico do feixe luminoso,

característica que limita a transferência de energia para as camadas mais profundas. Além disso, a retirada contínua de água mais fria do hipolimnio em função da tomada d'água do reservatório estar localizada a cerca de 50 m de profundidade, também favorece a acumulação de calor na camadas superficiais da coluna d'água (Diagnóstico Ambiental do Reservatório de Funil, 1997).

Embora a estratificação térmica tenha ocorrido no reservatório em determinados períodos, a distribuição do oxigênio não coincidiu com os perfis térmicos durante todas as coletas. Os períodos de maior semelhança ocorreram no mês de janeiro, onde a estratificação de oxigênio acompanhou a da temperatura, e outubro, quando as duas variáveis apresentaram distribuição praticamente homogênea ao longo da coluna d'água.

As concentrações de oxigênio dissolvido no reservatório de Funil são características de ambientes eutróficos. O crescimento maciço de algas em determinados períodos proporciona maior oxigenação na superfície da coluna d'água, conforme pode ser observado em janeiro de 2001, em todos os locais onde houve aumento na abundância fitoplanctônica e nas concentrações de clorofila *a*.

Outro fator que pode estar influenciando na grande quantidade de oxigênio na superfície, principalmente quando ocorrem *blooms* de Cyanobacteria, é o fato do reservatório ter apresentado uma abundância muito baixa de organismos do zooplâncton. Assim, a baixa demanda de oxigênio por estas comunidades e a menor predação sobre o fitoplâncton também favorece uma maior oxigenação da coluna d'água.

A maior oxigenação encontrada na superfície também favorece o aumento da alcalinidade, conforme observado na zona eufótica, em função do alto consumo de CO₂, que ocorre durante as atividades fotossintéticas (ESTEVES, 1998).

Por outro lado, as diferenças de densidade da água causadas pela estratificação térmica não permitem que o oxigênio dissolvido chegue até as regiões mais profundas, tornando o hipolimnio praticamente anóxico. Estas condições também são agravadas pelo sombreamento causado pela alta densidade algal, assim como pelo aumento da condutividade causado pela decomposição da matéria orgânica, conforme observado na zona afótica de todos os locais em janeiro.

Apesar da alta condutividade encontrada no reservatório de Funil, fatores relevantes tais como o assoreamento e a poluição do rio Paraíba do Sul e a menor incidência de chuvas dos últimos anos podem estar influenciando estes valores, já que as chuvas exercem um papel importante na diluição dos íons nestes sistemas.

As concentrações de nitrogênio foram avaliadas segundo suas formas nitrogenadas (amônia, nitrito, nitrato e nitrogênio total de Kjeldahl). O menor consumo energético na absorção, faz da amônia a principal forma de nitrogênio utilizada pelas algas, o que explica



sua menor concentração na zona eufótica nos meses de maior biomassa algal. Por outro lado, a sua transformação em nitrogênio orgânico pelos processos de metabolização das algas, leva a processos de amonificação durante sua decomposição por bactérias heterotróficas, transformando o nitrogênio orgânico em amônia (KIMEL *et al.*, 1990), fato que pode ter ocorrido no reservatório de Funil, visto que maiores concentrações de amônia foram encontradas na zona afótica neste período.

O nitrato, apesar de representar maior gasto energético na absorção, também pode ter sido utilizado pelas algas, primeiro por sua grande abundância, e segundo porque as menores concentrações foram registradas no período de maior atividade fotossintética na zona eufótica. Também se verificou um aumento nas concentrações deste íon de 2000 para 2001. No entanto, dois anos de coleta são insuficientes para afirmar se esta tendência se manterá no reservatório.

O nitrito foi a forma nitrogenada que apresentou as menores concentrações no reservatório. A formação de amônia através dos processos de decomposição do fitoplâncton estimula o crescimento de Nitrossomonas. Sob condições aeróbicas ocorre a conversão da amônia a nitrito elevando suas concentrações (KIMEL *et al.*, 1990). Nota-se que no reservatório de Funil, as maiores concentrações de nitrito foram encontradas na zona afótica, com um pico no mês de julho, quando o perfil do oxigênio foi praticamente uniforme na coluna d'água.

O nitrogênio total permite quantificar a concentração conjunta do nitrogênio amoniacal e do nitrogênio orgânico. Deste modo, com a subtração das concentrações de amônia dos resultados de TKN, obtém-se apenas a fração orgânica de nitrogênio da amostra (ESTEVES, 1998). Os resultados mostraram que a fração orgânica de nitrogênio é muito baixa no reservatório de Funil (valores inferiores a 2 mg/l).

Um gradiente horizontal nas concentrações de compostos nitrogenados também foi observado no reservatório, de forma que o ponto FL20, localizado mais a montante da barragem e que, portanto, recebe maior aporte destes nutrientes pela proximidade do rio Paraíba do Sul, manteve as maiores concentrações durante a maior parte do período.

Devido às mudanças na distribuição horizontal e vertical das formas nitrogenadas encontradas no reservatório e à grande quantidade de amônia encontrada durante os períodos de maior intensidade fotossintética, é possível que esteja ocorrendo incorporação de nitrogênio atmosférico em condições de aceleração da atividade fotossintética no verão. Esta vantagem competitiva faz com que as Cyanobacterias dominem em ambientes eutróficos, assim como foi verificado em Funil, onde este grupo foi extremamente abundante no verão.

Um dos fenômenos de maior interesse limnológico em reservatórios é a redução das concentrações de fósforo que ocorrem no sentido rio - barragem, fenômeno considerado um dos principais responsáveis pela redução do fosfato inorgânico registrado ao longo das

18

cadeias de reservatórios da região sudeste e sul do Brasil (TUNDISI *et al*, 1988; AGOSTINHO *et al*, 1995; THOMAZ *et al*, 1997).

A formação de um gradiente horizontal também ocorreu para o P-total em Funil, onde as maiores concentrações foram verificadas no pontos mais a montante. Além disso, o fósforo é, em sua maior parte, indisponibilizado do meio aquático por processos de precipitação química e adsorção física. A elevação do pH em períodos de intensa fotossíntese pode ocasionar a precipitação do fósforo.

De modo geral, as concentrações de compostos nitrogenados e ortofosfato no reservatório, estiveram abaixo dos níveis estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86, para reservatórios eutróficos, sendo estas concentrações encontradas em reservatórios de classe II. O rápido consumo pelo fitoplâncton, abundante na maior parte das coletas pode ter sido responsável por estes resultados. No entanto, caso estas baixas concentrações fossem devido apenas ao consumo pelas algas, seriam esperadas maiores concentrações das formas ligadas à matéria orgânica como TKS e P-total, fato este que não ocorreu durante o período de coleta. Por outro lado, se levamos em consideração que estes nutrientes costumam se acumular no sedimento, compartimento que não foi incluído nas coletas, possivelmente estas concentrações estejam sendo subestimadas.

Segundo Diagnóstico Ambiental realizado para o reservatório de Funil em 1997 (PQA, 1997), há condições físico-químicas para transferência de fósforo dissolvido do sedimento para superfície no período de anoxia no hipolímnio. No entanto, o diagnóstico revela que grande parte do fósforo solubilizado, em função das condições de operação da usina é liberado na descarga da usina, o que pode trazer conseqüências negativas para os usos do rio Paraíba do Sul a jusante do reservatório.

A respeito da comunidade fitoplanctônica, a divisão Chlorophyta foi a que mais contribuiu em número de espécies no reservatório, o que é considerado uma característica comum na maioria dos ambientes aquáticos tropicais que abriga um grande número de espécies deste grupo (KEBEDE & BELAY, 1994). De modo geral, este grupo corresponde a quase metade dos gêneros na listagem do fitoplâncton tropical e a variação entre lagos e reservatórios é bastante pequena (BICUDO *et al.*, 1999). Por outro lado, em abundância, o grupo Pyrrophyta foi o mais importante na maior parte do ano, só perdendo espaço para algumas espécies de Cyanobacteria que explodiram no mês de janeiro de ambos os anos.

Períodos com maior frequência de chuvas, como o que ocorreu no mês de janeiro, aumentam o aporte de nutrientes de origem alóctone, além da ação de ventos que proporcionam a mistura da coluna d'água, tornando os nutrientes disponíveis e proporcionando um aumento na biomassa algal (ESTEVES, 1998).

Os picos nas concentrações de clorofila *a* também indicam alta atividade fotossintética neste período. No entanto, também foi verificado um pico de clorofila *a* em janeiro de 2000, que

não foi tão pronunciado nos dados de abundância total. Possivelmente isto se deve à composição do fitoplâncton, que foi diferente de 2000 para 2001. Enquanto que em 2000 a espécie mais abundante nas coletas foi *M. aeruginosa*, em 2001 foram *C. raciborskii* e *M. viridis*.

Estes resultados atentam para a importância da análise da concentração de Clorofila *a* para estimar a produtividade primária, uma vez que a abundância subestima a importância de espécies de grandes dimensões como *M. aeruginosa*.

A composição dos grupos algais no reservatório mostrou que as variações sazonais foram mais importantes que as espaciais, uma vez que nos três locais de coleta foram verificados picos de abundância de Cyanobacteria no mesmo período do ano.

Em um reservatório com características eutróficas como o de Funil, a disponibilidade de nutrientes durante o período mais quente e chuvoso do ano representa um fator chave para o desenvolvimento do fitoplâncton, que esteve presente em elevada abundância em todos os pontos amostrados.

Em geral, o panorama da estrutura das comunidades algais em reservatórios demonstram maior dominância de determinadas espécies na região pelágica e mais próxima da barragem e maior diversidade nas regiões a montante, onde as condições mais favoráveis de acesso a nutrientes e de *habitats* favorece o desenvolvimento de um maior número de espécies (THORNTON, 1990). Este panorama também foi verificado no reservatório de Funil onde, a diversidade fitoplanctônica foi maior em FL20, ponto localizado mais a montante da barragem.

A diversidade, segundo o Índice de Shannon-Wiener varia de 0 a 5. Deste modo, a diversidade fitoplanctônica do reservatório de Funil foi considerada relativamente baixa, não ultrapassando 2,5 bits/indivíduo na maior parte do ano. Os menores valores foram registrados no mês de janeiro, onde houve também maior dominância de Cyanobacteria representadas basicamente por três espécies: *C. raciborskii*, *M. viridis* e *M. aeruginosa*.

Nota-se que a eutrofização no reservatório de Funil provocou mudanças drásticas na composição das espécies presentes no reservatório. Estudos realizados nos anos de 1978 e 1979 (FEEMA/PNUD, 1979) indicavam baixa densidade e grande diversidade de organismos fitoplanctônicos no interior do reservatório. O grupo Chlorophyta era predominante tanto em espécie quanto em número de indivíduos. A abundância relativa deste grupo era da ordem de 50% enquanto que Cyanobacteria apresentavam variações espaciais e uma abundância relativa de cerca de 17% em determinados locais, situação bem diferente do panorama atual, em que Cyanobacteria foi o grupo mais abundante em todos os locais.

Embora coletada apenas a partir de 2001, a comunidade zooplancônica do reservatório de Funil caracteriza-se por uma abundância muito baixa, não excedendo a 1×10^3 indivíduos/m³ durante o ano de 2001. O grupo que mais se destacou foi Copepoda adulto e suas formas larvais (nauplios), que foram os mais abundantes em todos os locais.

O conhecimento das variações espaço-temporais da composição e abundância do zooplâncton, assim como o entendimento de suas relações com as demais comunidades aquáticas, fornecem subsídios básicos para a manipulação de cadeias tróficas, visando o controle da eutrofização e conseqüente melhoria da qualidade de água de lagos e reservatórios (ZALEWSKI *et al.*, 1990).

Alguns grupos zooplancônicos podem ser utilizados como indicadores da qualidade de água em reservatórios. Subgrupos como Calanoida e Cyclopoida (Copepoda), por exemplo, constituem indicativo do estado de trofia dos sistemas aquáticos, sendo Calanoida dominante em ambientes oligo-mesotróficos e Cyclopoida em sistemas altamente eutróficos (TUNDISI *et al.*, 1988).

A comunidade zooplancônica de reservatórios é dependente das condições existentes no ambiente. Em reservatórios onde foi constatada a presença de algas como *C. raciborskii*, espécie comum em Funil, ocorreu uma drástica redução da disponibilidade de alimento para o zooplâncton, já que esta espécie é menos palatável, digestiva e até mesmo tóxica para algumas espécies do zooplâncton. Além disso, grande parte da biomassa fitoplanctônica produzida no ecossistema fica acumulada, inacessível ao zooplâncton, pois espécies de Cianobacteria maiores só podem ser utilizadas pelos organismos zooplancônicos na forma de detrito ou como célula bacteriana (FULTON & PAERL, 1988).

Um outro aspecto importante que favorece indiretamente a escassez de organismos zooplancônicos em reservatórios eutróficos é que estes organismos acabam se alimentando de outras espécies de algas, mais palatáveis, diminuindo as principais competidoras das Cyanobacteria, favorecendo ainda mais seu desenvolvimento no reservatório (BRANCO & CAVALCANTI, 1999).

Apesar de não se conhecer a composição de espécies zooplancônicas do reservatório de Funil, muitas das espécies de Copepoda tem os detritos orgânicos suspensos na água como principal fonte de alimento, fato que pode favorecer este grupo no reservatório em função da grande quantidade de sólidos dissolvidos encontrados na água (THORNTON, 1990). Por outro lado, a escassez de representantes de maior dimensão corporal como Cladocera que poderiam diminuir a biomassa fitoplanctônica no reservatório, decorre do fato de representarem uma fonte de alimento importante para diferentes espécies de peixes.

Espécies introduzidas como *T. rendalli*, além de fases juvenis da maioria das espécies de peixes que também utilizam o zooplâncton na alimentação, podem ser os responsáveis pela baixa abundância das populações de zooplâncton no reservatório.

Apesar das condições eutróficas do reservatório representarem um fator relevante na composição e abundância dos organismos zooplânctônicos, a falta de informações da composição do zooplâncton antes do represamento dificulta o entendimento do comportamento destes grupos na área represada.

A metodologia de coleta utilizada também pode ter influenciado as baixas capturas destes organismos. Desta forma, como foram contemplados, basicamente, os grupos coletados na coluna d'água, grupos de hábito perifítico, como é o caso de muitas espécies de Rotifera e de Cladocera que vivem próximo às macrófitas, e ao sedimento, como algumas espécies da família Chidoridae (Cladocera), não foram coletadas.

Variações na estrutura em função de fatores sazonais também podem não ter sido detectadas em função das coletas terem contemplado apenas um ano, ressaltando a importância das análises em longo prazo. Além disso, considerando que o zooplâncton costuma realizar migrações verticais diárias tanto para alimentação quanto para evitar os riscos de predação pelos peixes, o estabelecimento de mais de um horário de coleta, comum nos diferentes locais é de fundamental importância para se ter um levantamento mais abrangente destas comunidades.

Macroinvertebrados

Representados pelos grupos Mollusca, Anellida e Insecta maiores que 0,5 mm (CUMMINS, 1975), os macroinvertebrados, na sua maioria de hábitos benthônicos, têm como principais atributos serem presas de inúmeras espécies de peixes, funcionando como intermediários na cadeia alimentar. Entre outras vantagens, destacam-se por apresentarem dimensões suficientes para serem observados a olho nu, abundância suficiente para serem coletados, além de ciclo de vida com duração adequada (de algumas semanas a dois anos) para investigação tanto sazonal como anual (CUMMINS, 1992). Todas estas vantagens conferem a estes animais uma grande importância nos estudos de biomonitoramento que são utilizados na avaliação da qualidade da água e nos estudos de fluxo de energia e ciclagem de nutrientes, por serem considerados um elo fundamental entre as cadeias alimentares de detritos e de pastejo, representando um componente fundamental nos estudos de dinâmica de energia nos ecossistemas aquáticos (KARR, 1991).

De forma geral, os estudos da utilização de invertebrados bentônicos como bioindicadores de impactos sobre os ecossistemas aquáticos têm sido utilizados mais especificamente na detecção de poluição ambiental. Neste caso, KUHLMAN *et al.*, (2001) justifica pelo menos três razões para serem utilizados:

- 1- em casos de poluição ambiental, é possível se detectar a ação de vários poluentes, desde descargas industriais quanto domésticas que possam vir a exibir efeitos sinérgicos;
- 2- respondem a níveis de contaminantes não detectáveis pela metodologia química;

3- acusam a ocorrência de despejos intermitentes, como a liberação noturna de efluentes industriais.

Estudos que abordem a utilização dos invertebrados bentônicos no monitoramento das condições ambientais em reservatórios são ainda escassos. No entanto, entre as propostas de sua utilização, discute-se a introdução de parâmetros relacionados ao uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas e sua influência sobre estas comunidades (KUHLMAN *et al*, 2001).

Pesquisas com esse enfoque seriam fundamentais para o monitoramento destes ambientes em função da grande influência que o aporte de matéria orgânica proveniente das margens exercem sobre as comunidades bióticas dos reservatórios. Assim, por ocasião da elaboração dos programas ambientais de monitoramento do reservatório, deverão ser consideradas ações que abordem o estudo dos macroinvertebrados.

Macrófitas

No que diz respeito aos processos de ontogenia, a característica lântica dos reservatórios é bastante semelhante aos lagos naturais. Dessa forma, em menor ou maior grau, em algum estágio de seu desenvolvimento serão colonizados por macrófitas (THOMAZ & BINI, 1999).

As macrófitas aquáticas constituem um compartimento importante no estudo dos ecossistemas lânticos. A sua extensão lateral, a zonação longitudinal, sua altura e área propiciam uma complexidade ambiental, onde se abriga uma elevada diversidade de animais (HENRY, 2000).

As grandes infestações de macrófitas em rios e lagos, freqüentemente, são consequências de profundos desequilíbrios promovidos nestes corpos hídricos, quase sempre ligados a ação antrópica (PITELLI *et al*, 2000). Por esta razão, a proliferação de plantas aquáticas tem sido motivo de preocupação para as usinas hidrelétricas.

Como componente freqüente da biota de reservatórios, as macrófitas fornecem refúgio para pequenos animais contra predação, local de desova para diferentes espécies de peixes, crustáceos, moluscos e insetos, altera a dinâmica de nutrientes do sistema, além de prevenir a ressuspensão de sedimentos (GRANÉLI & SOLANDER, 1988). Por outro lado, seu crescimento maciço causa efeitos indesejáveis como o entupimento da tomada d' água das turbinas, além de impactos negativos sobre alguns fatores ambientais como o oxigênio dissolvido e comprometimento da utilização alternativa da água (THOMAZ *et al.*, 2000).

Embora uma quantidade mínima de vegetação aquática nativa seja necessária como fonte de O₂, alimento e abrigo para a vida aquática, uma vegetação densa sobre a superfície pode tornar praticamente nula a concentração de O₂ dissolvido em função da não penetração de luz em quantidades suficientes para suportar o crescimento de organismos fotossintetizantes na coluna d'água. Nota-se que mesmo as comunidades de plantas

imersas, que produzem grandes quantidades de O₂ durante o dia, em função da pequena capacidade de armazenamento da água, podem consumir praticamente todo o estoque de O₂ dissolvido durante a noite (VELINI, 2000).

Embora não haja informações a respeito da presença destas plantas em Funil, existem fatores importantes que devem ser considerados para explicar seu desenvolvimento em reservatórios. Entre eles, as alterações decorrentes da formação de reservatórios são apontadas como os principais responsáveis pelas alterações na abundância destas plantas.

A evolução das condições tróficas do reservatório podem acarretar num aumento tanto da riqueza quanto da abundância destas plantas, podendo trazer prejuízos futuros ao seu funcionamento. No entanto, não se sabe ao certo se estes padrões de riqueza se manterão com a evolução do ecossistema.

Os mecanismos de dispersão das espécies também contribuem com o aumento da riqueza e com o processo de colonização, uma vez que podem ser disseminadas através de aves, peixes ou pela própria correnteza, que carrega os módulos botânicos vivos provenientes dos tributários até o corpo principal do reservatório (HENRY & AMOROS, 1998).

Ictiofauna

Uma das conseqüências mais dramáticas da construção de uma barragem sobre a ictiofauna é a transformação de um ambiente fluvial em lacustre, criando novos *habitats* dos quais nem todas as espécies se adaptam a viver (STRASKRABA & TUNDISI, 2000).

No reservatório de Funil, além das alterações proporcionadas pelo barramento do rio Paraíba do Sul, outras fontes de pressão antrópica sobre a ictiofauna remontam a época dos primeiros ciclos econômicos estabelecidos a partir do século XVIII (Araújo, 1996). A retirada de grande parte da cobertura vegetal, em particular as matas ciliares, a poluição dos rios com efluentes industriais e urbanos, as obras de retificação em alguns rios para o controle de cheias e aproveitamento agrícola e a pesca predatória, tem influenciado sobremaneira no empobrecimento da ictiofauna da bacia.

Os dados de captura fornecidos pela Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas – EHPPF sobre a ictiofauna do reservatório de Funil apontam um total de 19 espécies, um número extremamente baixo se considerarmos levantamentos anteriores para a bacia do rio Paraíba do Sul, onde foram levantadas cerca de 160 espécies (HILSDORF & PETRERE, 2002).

A utilização de redes de emalhar como único aparelho de pesca pode ter influenciado na baixa captura em função de serem altamente seletivas. Entretanto, as características físico-químicas do reservatório, demonstrando sua evolução para um sistema eutrófico, certamente são as principais responsáveis pela baixa captura, assim como foi verificado para outros componentes bióticos como o fito e zooplâncton.



A composição da ictiofauna de um reservatório também é fortemente alterada em função da qualidade de suas águas. O regime anormal de descarga, associado a condições químicas e termais, impostas pelos represamentos são os efeitos mais significantes sobre as comunidades aquáticas.

O regime variável de fluxo, aliado às reduções sazonais e diárias, pode alterar o deslocamento natural de organismos que servem de fonte de alimento e prejudicar os hábitos alimentares e a possibilidade de reprodução dos peixes (PETTS, 1984). Por este motivo, é comum em ambientes represados a substituição da ictiofauna original dominada por espécies estritamente reofilicas por espécies sedentárias e de alta flexibilidade trófica e reprodutiva, assim como evidenciado em Funil, da qual a ictiofauna foi composta basicamente de espécies forrageiras de pequeno porte e de espécies sedentárias.

A formação de gradientes físicos e químicos, comuns em reservatórios, é responsável, em grande parte, pela distribuição e abundância das espécies nestes ambientes (BENEDITO-CECÍLIO, 1994). No entanto, muitas vezes as condições que se formam, principalmente nas regiões mais profundas do reservatório, torna a utilização destes compartimentos inviáveis para a maioria das espécies.

Embora as alterações nos atributos limnológicos possam reduzir drasticamente a ocorrência de muitas espécies, para algumas populações pode ocorrer o inverso, ou seja, espécies que ocorriam naturalmente em baixas densidades no seu ambiente de origem, passam a apresentar explosões populacionais no ambiente represado (AGOSTINHO, 1992; PETTS, 1984).

No reservatório de Funil cerca de 90% da abundância da ictiofauna ocorre em função de quatro espécies. As modificações decorrentes dos represamentos favorecem o desenvolvimento de espécies de pequeno e médio porte capturadas principalmente nas malhas 3, 4 e 5 cm como é o caso de *P. maculatus* e *P. adspersus*, as duas mais capturadas na pesca experimental. Espécies com estas características podem se alimentar de insetos, detritos, vegetais e de diferentes espécies de peixes, recursos geralmente abundantes em reservatórios, principalmente nos trechos superiores e nas regiões próximas aos tributários. Nestas regiões predominam fontes alimentares alóctones devido a maior relação água - terra, sendo comum encontrarmos um grande número de espécies de peixes alimentando-se nestas áreas (ARAUJO-LIMA *et al.*, 1995).

As interações tróficas também são importantes no sucesso das espécies em ambientes represados. Modificações na relação predador-presa, assim como competição, são responsáveis pela diminuição do crescimento, perda de peso, agressividade, canibalismo e conseqüente desaparecimento de algumas espécies (ARTHINGTON, 1991).

A introdução de espécies também contribui sobremaneira nas modificações das interações tróficas, principalmente quando se tratam de espécies piscívoras. Este fator é relevante no



rio Paraíba do Sul, em função das introduções realizadas no passado com intuito de aumentar a pesca comercial.

Espécies como o dourado (*Salminus maxillosus*) proveniente da bacia da bacia do rio Paraná, o tucunaré (*Cichla* sp), da bacia amazônica, piscívoros vorazes competem por espaço e alimento suprimindo espécies nativas. As espécies piscívoras nativas tiveram capturas muito baixas no reservatório, apesar da disponibilidade de alimento ser grande em função da captura de uma grande quantidade de espécies de pequeno porte, importantes fontes de alimento para espécies deste grupo trófico.

Este padrão na estrutura trófica da ictiofauna, onde os piscívoros ocorrem em baixa abundância e as espécies forrageiras de diferentes hábitos alimentares são dominantes, também foi verificado em outros reservatórios como Furnas (SANTOS, 1999) e Itutinga, (ALVES *et al.*, 1998). Nestes ambientes, as espécies predominantemente piscívoras nunca ultrapassaram 25% das capturas em número e 40% da biomassa.

O crescimento rápido e maciço das espécies forrageiras, tanto em tamanho quanto em número leva a uma diminuição no crescimento dos predadores, uma vez que pode ocorrer competição por espaço e por alimento entre as espécies, principalmente nas fases jovens dos predadores que geralmente exploram os mesmos recursos alimentares que espécies de pequeno porte. Desta forma, embora a espécie-presa esteja amplamente disponível, seu tamanho corporal superior torna o predador incapaz de consumi-lo (LI & MOILE, 1993).

O tucunaré *C. monoculus* foi o piscívoro mais capturado e ocupou a décima posição no ranking de abundância das espécies. Por ser uma espécie introduzida, especial atenção deve ser dada ao seu comportamento no reservatório, uma vez que a inexistência de dados no período anterior à sua introdução não permite avaliar eventuais mudanças ocorridas na estrutura da ictiofauna após sua introdução. Quando se trata de espécies como *C. monoculus*, um predador voraz, comum em áreas represadas, apesar da baixa abundância, deve-se ter cuidado com relação aos valores de captura em função de ter sido utilizado apenas redes de emalhar como aparelho de pesca.

A peculiar habilidade dos ciclídeos de evitarem as redes (FERREIRA, 1984), aliada ao hábito preferencialmente diurno das espécies do gênero *Cichla*, possivelmente tenha influenciado na baixa captura desta espécie. Por outro lado, a baixa transparência verificada na maior parte do ano em função da quantidade de sólidos dissolvidos e da ocorrência de *blooms* de *Cyanobacteria* no reservatório, podem diminuir sua acuidade visual e, conseqüentemente, sua eficácia na captura das presas, levando à diminuição da população.

A baixa abundância de espécies de hábitos migratórios em Funil reflete o que acontece na maioria dos reservatórios brasileiros, onde espécies que antes ocorriam com considerável freqüência, são impedidas de se movimentar rio acima após o represamento e, como conseqüência, suas populações são reduzidas drasticamente (AGOSTINHO *et al.*, 1997).

A respeito das introduções de espécies para melhorar as atividades de pesca no reservatório, apesar de ser uma prática antiga e coberta de restrições, ainda é muito utilizada no Brasil. Consiste na adição de peixes na área do reservatório e pode ser realizada tanto com espécies naturais da comunidade local, como com espécies oriundas de outras bacias (AGOSTINHO & GOMES, 1997).

Um dos maiores problemas nos programas de peixamento, segundo VIEIRA (2001) é a manutenção da qualidade genética dos exemplares produzidos, uma vez que a alta taxa de sobrevivência dos indivíduos provenientes das estações de piscicultura, quando comparada a da natureza, indica que genótipos de baixa aptidão, normalmente eliminados pelos mecanismos de seleção natural, serão liberados. Além disso, existem os riscos de uma redução da qualidade genética dos peixes nativos em função do aumento dos níveis de consangüinidade.

No reservatório de Furnas, após 17 anos de peixamento com o trairão *H. lacerdae*, essa espécie contribuía com apenas 1,9% da produção pesqueira, sendo o restante da produção composta de espécies nativas ou exóticas utilizadas nos peixamentos. Desta forma, os peixamentos devem ser vistos com precaução, em função da escassez de pesquisas de sua eficiência e de seus efeitos sobre a ictiofauna nativa.

A despeito dos esforços que têm sido feitos para repovoar os reservatórios com espécies de grande porte e de interesse na pesca, nota-se que, mais importante do que as técnicas de repovoamento é a manutenção da integridade do ambiente aquático, como a recuperação das margens com a vegetação nativa, a criação de abrigos artificiais que minimizem a perda de habitats destas espécies, o controle da entrada de nutrientes provenientes de áreas plantadas mal manejadas, efluentes industriais, esgotos domésticos, assim como a conscientização da população de entorno através da educação ambiental.

Os peixes desempenham um papel-chave na biocenose do reservatório, sendo que a presença ou ausência de determinadas espécies ajuda a detectar o estado ambiental do ambiente, além de determinar a composição e quantidade de zooplâncton e de fitoplâncton presentes (STRASKRABA & TUNDISI, 2000). Ensaios de biotoxicidade realizados no laboratório da FEEMA (FEEMA, 1979) com amostras de água coletadas durante o período de floração de algas no reservatório de Funil, constataram toxicidade em ensaios com carpas (*C. carpio*). Além disso, o relatório ainda relata ocorrência localizada de mortalidade de espécies como *T. rendalli* nos últimos anos, o que demonstra a importância dos peixes como sensores ambientais.

Os dados de monitoramento da qualidade de água do reservatório de Funil (PQA, 1997) indicam que ele funciona como um anteparo à poluição oriunda do estado de São Paulo, através da precipitação e sedimentação em seu interior de nutrientes, substâncias tóxicas e sedimentos transportados pelo rio Paraíba do Sul.

Estas condições favorecem o florescimento de algas tóxicas, que casualmente são ingeridas pelo zooplâncton, que por sua vez é ingerido por determinadas espécies de peixes, podendo provocar prejuízos em toda a cadeia alimentar do reservatório.

A teoria da "icteoeutrofização" presume a existência de uma retroalimentação positiva entre o processo de eutrofização e as alterações na complexidade das espécies de peixes (OPOSZYNSKI, 1980), o que provavelmente deve estar ocorrendo no reservatório de Funil, dada a baixa abundância de espécies encontrada. Segundo este conceito, o gerenciamento pesqueiro visando o combate da eutrofização deve contemplar uma série de medidas no sentido de preservar a estrutura da comunidade de peixes existentes ou, pelo menos, retardar suas alterações.

Rios e lagos são fortemente influenciados por sua geologia, declividade e vegetação de entorno, assim como por atividades humanas que alteram a cobertura do solo, o regime hidrológico e o mais importante, a interface terra-água (ALLAN & JOHNSON, 1997). Nos últimos anos as áreas de entorno dos ecossistemas aquáticos, em particular a vegetação ripária, tem recebido atenção especial em função de sua importância para o equilíbrio desses ecossistemas. A caracterização da vegetação com relação à florística e estrutura das comunidades, relacionadas ou não às variações de topografia, textura do solo, níveis do lençol freático, exposição a inundações, estrutura genética de suas populações, assim como a ocupação antrópica, tem sido parte integrante do quadro geral dos estudos sobre a paisagem (SOUZA-STEVAUX, *com. pess.*).

Das relações com os ecossistema aquático a região ecótone é fator determinante na dinâmica hidrológica. Desta forma, num conceito ecológico mais clássico, um rio é considerado um sistema aberto, tendo sua dinâmica altamente dependente da matéria orgânica e dos nutrientes que entram através do sistema terrestre de captação. Assim, a quantidade, a qualidade e o tempo de suprimento de matéria orgânica alóctone ao ecossistema aquático são altamente dependentes da estrutura da interface terra/água. Em lagos o ecótone regula a entrada de nutrientes e o acesso a luz, que por sua vez, afetam o suprimento de matéria orgânica autóctone (ZALEWSKI, 1990).

A mata ripária contribui de diferentes formas para o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos melhorando a qualidade da água retendo e filtrando parte das substancias que poderiam ser carregadas em excesso para o corpo de água, fornecendo substrato e abrigo para o desenvolvimento de invertebrados, algas e pequenos vertebrados.

Para a ictiofauna, estas regiões representam importantes fontes de alimento e abrigo para diferentes estágios de vida, sendo que sua degradação pode levar a uma redução drástica da biodiversidade, assim como no rendimento da pesca (AGOSTINHO & ZALEWSKI, 1995). A relação de interdependência entre a vegetação e a ictiofauna também é um fator a ser considerado. Na Amazônia, por exemplo, estima-se que metade das espécies de peixe que

se alimentam de frutos e sementes possam atuar como dispersores através da alimentação (LOWE McCONNELL, 1999).

Apesar dos avanços nos estudos sobre ecologia de paisagem, a influência do meio terrestre sobre os corpos de água ocorre através de caminhos e mecanismos múltiplos e que operam em diferentes escalas. (FRISSELL *et al.*, 1986). No entanto, o crescente avanço nas discussões sobre o manejo das bacias de drenagem, mostra que os estudos das propriedades físicas, químicas e biológicas dos ambientes aquáticos, aliados à adoção de políticas públicas que determinem o uso da terra, ampliam de forma considerável as tomadas de decisão com respeito ao manejo destes ambientes.

Considerações Finais sobre a Limnologia da UHE Funil

O acompanhamento dos processos evolutivos dos ecossistemas lacustres artificiais desempenha papel fundamental no desenvolvimento de técnicas que visem minimizar os impactos causados por estes empreendimentos. Em função das particularidades de cada reservatório e do uso múltiplo a que se destinam, seu monitoramento pressupõe um amplo conhecimento de todos os componentes do sistema, bem como das áreas de entorno do reservatório.

As condições eutróficas de Funil refletem as condições da água que chega ao reservatório através do rio Paraíba do Sul, principal receptor de poluentes tanto de origem doméstica quanto industrial de boa parte do Estado de São Paulo. Desta forma, antes de qualquer tomada de decisão com relação ao monitoramento das condições ambientais do reservatório, o primeiro passo é diminuir a carga de poluentes que entra no reservatório com políticas públicas mais eficientes, principalmente no que diz respeito ao tratamento de esgotos e efluentes industriais, esforços que cabem exclusivamente aos governos estaduais dos estados envolvidos.

A periodicidade das coletas também constitui num fator fundamental para o sucesso das técnicas de manejo, de forma a poder acompanhar de maneira sistemática a evolução das características tróficas do reservatório e de seus efeitos sobre a biota aquática. E a escala utilizada para a aquisição destas informações também representa fator importante para o manejo em reservatórios. A maioria das comunidades animais e vegetais respondem de maneiras distintas no espaço e no tempo, tornando-se necessário avaliar todas as fontes possíveis de variação de sua distribuição e frequência.

Os principais impactos detectados pelo monitoramento foram: as grandes oscilações dos parâmetros físico-químicos no decorrer do período de coletas, refletindo as condições eutróficas do reservatório; a baixa diversidade de espécies do fitoplâncton; a dominância de espécies que oferecem riscos tanto para a saúde humana, quanto para o restante do componente biótico do reservatório; a baixa abundância de organismos zooplânctônicos; e a redução de abundância e diversidade da ictiofauna.