

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**DIRETRIZES PARA UM ESTUDO DE PROTEÇÃO
ECOLÓGICA DE REPRESAS**

por

ENG^o LAURINDO DE ALENCAR FLORENTINO

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Maio, 1983

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**DIRETRIZES PARA UM ESTUDO DE PROTEÇÃO
ECOLÓGICA DE REPRESAS**

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência (Engenharia Civil - Sub-área Saneamento) à Comissão Julgadora da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, sob a orientação do Prof. José Farias Nóbrega.

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Maio, 1983



F633d Florentino, Laurindo de Alencar
Diretrizes para um estudo de protecao ecologica de represas / Laurindo de Alencar Florentino. - Campina Grande, 2008.
157 f.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

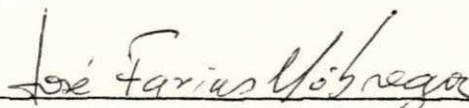
1. Represas 2. Ecologia - Represas 3. Dissertacao I.
Nobrega, Jose Farias II. Universidade Federal da Paraiba -
Campina Grande (PB) III. Título

CDU 626.4(043)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

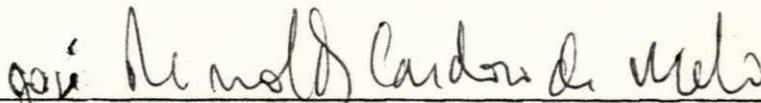
APROVAÇÃO

ORIENTADOR:

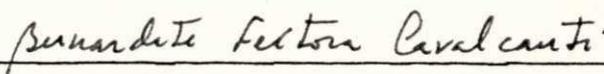


Prof. José Farias Nóbrega

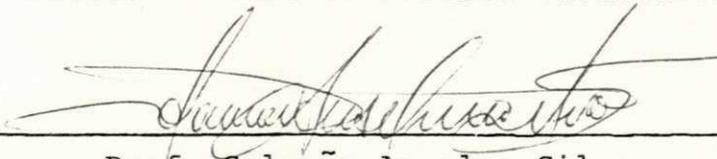
MEMBROS DA COMISSÃO JULGADORA:



Prof. José Reynolds Cardoso de Melo



Profa. Bernardete Feitosa Cavalcanti



Prof. Salomão Anselmo Silva

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Maio, 1983

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho, contou-se com a colaboração efetiva de vários órgãos públicos e entidades particulares que, ao longo de toda a pesquisa, foram sempre prestimosos no atendimento às informações que lhes foram solicitadas. Entretanto, especial atenção dedica-se ao Prof. José Farias Nóbrega que se dispôs a orientar e debater todas as questões que se revelaram importantes no decorrer da pesquisa.

O Autor.

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Maio, 1983

RESUMO

O presente trabalho analisa os efeitos ambientais relativos à construção de grandes represas, as alterações provocadas na qualidade das águas pelo efeito do próprio repreamento e, por fim, propõe medidas de proteção a esses corpos de água, através de um planejamento racional do uso e ocupação do solo da bacia de drenagem.

ABSTRACT

The present work analyses the effects relative to construction of the big dams, the perturbations provoked as quality of the drinking water by effect own dam and, after all, proposes method of protection this waterway, through of plan rational of use and occupation of soil area of drainage.

S U M Á R I O

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	2
CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA.....	5
CAPÍTULO III - METODOLOGIA.....	8
CAPÍTULO IV - EFEITOS DO REPRESAMENTO.....	31
1.0 - AS REPRESAS E O MEIO AMBIENTE.....	31
1.1 - Fatores Relacionados com o Ambiente Físico (Fatores Abióticos).....	31
1.1.1 - Paisagístico.....	31
1.1.2 - Geomorfológico.....	32
1.1.3 - Climatológico.....	33
1.1.4 - Hidrológico.....	33
1.2 - Fatores Relacionados com o Ambiente Biológico (Fatores Bióticos).....	34
1.2.1 - Flora e Fauna Terrestre.....	34
1.2.2 - Flora e Fauna Aquática.....	34
1.3 - Fatores Relacionados com o Ambiente Sôcio-eco nômico e Cultural.....	35
1.3.1 - Atividades Econômicas da População.....	35
1.3.2 - Estado de Saúde Pública.....	35
1.3.3 - Relocação e Reassentamentos Populacionais.....	36

1.4	- Efeitos Benéficos do Represamento.....	36
2.0	- ÁGUA POTÁVEL - PADRÕES DE QUALIDADE.....	37
3.0	- QUALIDADE DAS ÁGUAS REPRESADAS.....	55
3.1	- Estratificação Térmica.....	57
3.2	- Fotossíntese.....	60
3.3	- Eutrofização.....	61
3.4	- Cor e Turbidez.....	64
3.5	- pH.....	65
3.6	- Cloretos e Bactérias Coliformes.....	66
3.7	- Nutrientes e Plancton.....	69
4.0	- FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	71
4.1	- Erosão do Solo.....	74
4.2	- Lançamento de Resíduos de Origem Doméstica.....	76
4.3	- Outros Fatores que Afetam a Qualidade da Água.....	78
5.0	- USO RECREACIONAL DAS REPRESAS.....	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
	CAPÍTULO V - APRESENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO.....	86
1.0	- ESTRATÉGIA DE PROTEÇÃO DE REPRESAS.....	86
1.1	- Caracterização da Bacia Hidrográfica.....	88
1.2	- Caracterização do Reservatório.....	93
1.2.1	- Dados Morfométricos e Hidrológicos.....	93
1.2.2	- Parâmetros Físicos, Químicos e Biológicos.....	95

1.3	- Capacidade de Diluição e Autodepuração.....	101
1.4	- Limpeza Prêvia de Terrenos.....	107
1.5	- Faixa de Segurança Sanitária.....	117
2.0	- MEDIDAS DE PROTEÇÃO DOS RECURSOS.....	122
2.1	- Planejamento Integrado.....	122
2.2	- Disciplinamento do Uso do Solo.....	123
2.3	- Tamanho dos Lotes - Esgotos Sanitários.....	125
2.3.1	- Sistema Estático.....	126
2.3.2	- Sistema Dinâmico.....	138
2.4	- Águas Pluviais.....	141
2.5	- Controle Sedimentológico Afluente às Represas.....	144
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
	CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO.....	156

RELAÇÃO DE TABELAS E FIGURAS

CAPÍTULO III

- Figura III-1 – Divisão do Estado de São Paulo em Zonas
Hidrográficas..... 16
- Figura III-2 – Área de Estudo - Sistema Alto Tietê..... 17
- Figura III-3 – Gráficos de Valores Referentes ao IQA..... 18

CAPÍTULO IV

- Figura IV-1 – Curvas de Função de Qualidade para cada
Parâmetro..... 43
- Tabela IV-1 – Aplicação Típica do IQA..... 42
- Tabela IV-2 – Dados de Qualidade de Águas..... 44
- Tabela IV-3 – Medidas de Cor e Turbidez..... 64
- Tabela IV-4 – Medidas de Cloretos e Bactérias Coliformes. 68

CAPÍTULO V

- Figura V-1 – Redução de Cor em Reservatórios.....113
- Figura V-2 – Redução de Organismos Microscópicos
em Reservatórios.....114
- Figura V-3 – Curva Obtida do Andamento Diário do Con-
sumo de Oxigênio pela Vegetação na Água
(A) e sua Comparação com uma Curva Nor-
mal de DBO de Esgotos a 20°C (B).....115
- Figura V-4 – Faixa de Segurança Sanitária.....134

Tabela V-1	- Balanço de Água no Reservatório.....	95
Tabela V-2	- Quantidades Estimadas de N e P conforme várias Fontes de Contribuição.....	97
Tabela V-3	- Composição dos Elementos que Constituem a Matéria Seca da Vegetação.....	116
Tabela V-4	- Distâncias Observadas de Infiltração Horizontal de Poluentes Químicos.....	121
Tabela V-5	- Rendimentos Obtidos em Fossas Sêpticas bem Projetadas e Adequadamente Mantidas....	127

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A implantação de uma represa, quer para usos singulares ou múltiplos, provoca impactos ambientais dos mais diversos, dependendo da sua maior ou menor intensidade do porte da obra construída. Se de um lado, estes impactos têm provocado alterações ambientais com grandes prejuízos ecológicos, de outro, têm exigido grandes esforços dos técnicos no sentido de formular medidas que visem anular estes efeitos sobre o meio ambiente e sobre a qualidade da água que se pretende armazenar. Com relação a qualidade da água, vários são os fatores que interagem simultaneamente no seio da massa líquida represada, provocando transformações físicas, químicas e biológicas que são provenientes, tanto do próprio represamento quando transforma o regime hidráulico do curso de água, como das várias atividades humanas que são desenvolvidas na bacia de drenagem ou no interior da represa, ou, ainda, das características físicas e químicas do solo da bacia de acumulação.

Como se vê, inúmeras são as causas que interferem na qualidade das águas represadas; também inúmeras são as modificações que a construção de uma represa traz ao meio ambiente, provocando, portanto, mudanças no mesoclima, ciclo hidrológico, lençol freático, etc.

Diante dessa gama de causas e efeitos, o presente trabalho, elegeu algumas represas localizadas no Estado de São

Paulo, e alguns trechos do rio Tietê, como sendo o universo ideal para o desenvolvimento da pesquisa, ora proposta. O critério para a escolha destes corpos de água, baseou-se em dois fatores fundamentais que são: o controle de qualidade da água que a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) vem realizando desde 1975 e, também, pela diversidade de uso e ocupação do solo que cada um apresenta em suas bacias de drenagem.

De posse dos resultados fornecidos pela CETESB e dos obtidos através de investigações realizadas "in loco" iniciou-se a análise dos fenômenos inerentes ao represamento, das causas que os produzem e a dimensão dos impactos gerados por tais fenômenos. O que constitui o objetivo do presente trabalho.

REVISÃO DA LITERATURA

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

A seleção do material bibliográfico é, sem dúvida, uma das tarefas mais importantes de um trabalho de pesquisa, pois o sucesso das etapas subseqüentes do trabalho depende fundamentalmente de uma boa qualidade e quantidade de informações disponíveis e acessíveis ao pesquisador. No presente trabalho, o material bibliográfico foi vastamente pesquisado junto a órgãos públicos, entidades e empresas particulares que, direta ou indiretamente, lidam com a proteção do meio ambiente.

Cabe observar, portanto, que no decorrer da pesquisa bibliográfica verificou-se a quase inexistência de trabalhos específicos sobre a proteção de represas e sobre os efeitos que elas causam ao meio ambiente. Este fato é bastante constrangedor quando se sabe que o Brasil é um país dotado de um potencial hidroenergético superior a 53,5 milhões de Kw disponível, e conta com um grande número de reservatórios já implantados e em operação que é de 430 e, em fase de construção, 29.

Não obstante essa escassez de elementos técnicos e científicos, procurou-se desenvolver o trabalho calcado em algumas represas que contassem com antecedentes sobre a qualidade de suas águas e sobre a evolução da ocupação espacial de sua bacia hidrográfica, especificando as atividades ali desenvolvidas, num período bastante representativo. Assim sendo, grande parte da bibliografia consultada foi proveniente de re

latórios da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) que, desde 1975, vem desenvolvendo um trabalho de pesquisa junto as principais represas do Estado de São Paulo. Também deve-se destacar a experiência de outros países que através de publicações científicas (livros, revistas, artigos, etc.), forneceram informações valiosas para a solução de questões levantadas no decorrer da pesquisa.

METODOLOGIA

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

Para alcançar as metas e os objetivos pré-estabelecidos no Plano de Tese, foi necessário, antes, a realização de um estudo preliminar para então se eleger qual ou quais as represas que se enquadrariam às exigências da pesquisa em questão. Como condição inicial, porém, era importante que houvesse mais de uma represa e que elas estivessem localizadas em áreas não muito distantes umas das outras, como forma de se reduzir os custos operacionais da pesquisa. Além disso, também era necessário que as bacias hidrográficas apresentassem uma diversidade bastante acentuada quanto ao uso e ocupação do solo, como forma de se analisar os diferentes impactos sobre a qualidade da água represada. Outro fator, não menos importante no processo de escolha, era a existência de antecedentes hidrológicos e de dados da qualidade da água determinados através de análises e exames laboratoriais, por um órgão de comprovada idoneidade técnica, durante um período relativamente longo.

Para cumprir todo esse elenco de exigências, elegeu-se como universo da pesquisa algumas represas do Estado de São Paulo, cujo controle de qualidade da água é feito de forma sistemática pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), desde 1975. Essas represas, servem também de mananciais para a SABESP (Companhia de Saneamento Básico

do Estado de São Paulo), onde mais de 10 milhões de habitantes da Grande São Paulo, são abastecidos com água potável. Elas pertencem à 1ª zona hidrográfica, das oito em que foi dividido o território do Estado de São Paulo (ver Figura III-1), e fazem parte dos seguintes corpos de água: Tietê Alto Cabeceiras, Tietê Alto Zona Metropolitana, Billings, Cotia, Guara Piranga e Sistema Cantareira, como mostra a Figura III-2.

Vale enfatizar que a CETESB vem realizando um controle efetivo das 29 bacias hidrográficas que compõem o território estadual, desde 1975, quando foi implantado o sistema de monitoramento da qualidade das águas interiores. Este controle é feito através de uma rede formada por 96 pontos de amostragem distribuídos estrategicamente em todas as bacias. Entretanto a área escolhida, ou seja, parte da 1ª zona hidrográfica, detém 24 do total de pontos de amostragem, cujos resultados estão apresentados nos 24 gráficos (dois em cada página), anexos e representados pela Figura III-3.

Apenas a título de esclarecimento, a CETESB utiliza para identificar os pontos de amostragem, uma codificação que tem a seguinte estrutura:

- - símbolo gráfico que representa o ponto de amostragem; e
- 00SP01BT2200 - algarismo alfanumérico para identificar o ponto de amostragem, cuja estrutura é a seguinte:
 - 00 - identifica o corpo de água quanto a sua natureza, como por exemplo, 00 - representa os rios e 01 - representa represas, etc.;
 - SP - identificação do Estado em que o trecho do rio ou outro corpo de água, que contém

o ponto de amostragem, está localizado;

01 - código de identificação da bacia hidrográfica;

BT - iniciais que identificam o nome do corpo de água (no caso, trata-se do rio Biritiba-Mirim);

2 - numeral que representa a classe a que pertence o corpo de água, segundo o enquadramento da CETESB (no caso, pertence à classe 2);

200 - número de três dígitos que representa a distância, em km, do ponto de amostragem até a nascente do corpo de água.

A seguir será feita uma descrição detalhada das características atuais das bacias hidrográficas desses corpos de água, extraída de relatórios internos da CETESB:

. Tietê Alto Cabeceiras

"Esta parte da bacia do Alto Tietê estende-se desde as nascentes até quase à entrada de São Paulo, na divisa com Itaquaquecetuba. As nascentes do Tietê e de seus afluentes mais importantes da margem esquerda como o rio Biritiba-Mirim, rio Jundiá e rio Taiapuêba, localizam-se no alto da Serra do Mar, em região rural com algumas cidades como Salesópolis e Biritiba-Mirim. À medida que o rio Tietê se aproxima da Capital e atravessa Mogi das Cruzes, a presença de indústrias vai se acentuando, mercê da crescente urbanização que domina São Paulo.

A qualidade das águas da bacia é acompanhada através de cinco pontos de amostragem que são:

BT2200 - rio Biritiba-Mirim - 2 km a montante da foz

JD2050 - rio Jundiá - próximo à futura barragem

TE1010 - rio Tietê - 5 km a jusante da barragem de Ponte Nova

TE1040 - rio Tietê - captação do SMAE de Mogi das Cruzes

TI2100 - rio Taiapuê - a jusante da barragem.

Estes pontos cobrem os trechos da cabeceira do rio Tietê e afluentes principais, pertencentes à zona de Proteção de Mananciais da Região Metropolitana de São Paulo, de acordo com a Lei 898, de 18 de dezembro de 1975".

. Tietê Alto Zona Metropolitana

"Esta bacia abrange o rio Tietê e seus afluentes desde a entrada de São Paulo até a barragem de Pirapora. Como se sabe, esta região é a mais urbanizada e industrializada do Brasil. Os principais rios estão enquadrados na classe 4, com exceção do rio Juqueri e alguns outros que fazem parte do sistema de águas da Cantareira. Estima-se que nesta área são geradas cargas no montante de 300 toneladas de DB05 por dia.

A qualidade das águas é acompanhada através de dois grupos de pontos, sendo o primeiro relativo aos trechos poluídos do Tietê, Tamanduateí e Pinheiros. O segundo abrange corpos de água que fazem parte do sistema Cantareira.

Tietê:

- JQ4500 - rio Juqueri - na ponte da rodovia Anhangüera
- TA4200 - rio Tamanduatei - altura do nº 4826 da Avenida do Estado (São Caetano do Sul)
- TA4500 - rio Tamanduatei - ponte da Avenida Santos Dumont
- TE4020 - rio Tietê - ponte na estrada Cumbica São Miguel Paulista
- TE4080 - rio Tietê - ponte dos Remédios
- TE4200 - rio Tietê - junto à barragem de Pirapora
- TG2200 - represa de Tanque Grande - município de Guarulhos
- PN4500 - canal do rio Pinheiros - junto à elevatório de Pedreiras.

Sistema Cantareira:

- JM2050 - represa do Juqueri - na ponte de "Santa Inês".

. Represa Billings

"O reservatório Billings faz parte do Sistema Alto Tietê e além de receber as contribuições dos rios Grande e Pequeno, rio Bororô e outros, pode acumular grande quantidade de água oriunda do rio Tietê, via canal de Pinheiros. Estas duas águas têm baixa qualidade por receberem toda a carga de esgotos urbanos e industriais gerados em São Paulo. Dentre os contribuintes, o rio Grande apresenta alguma poluição de origem industrial e doméstica e, no braço da Billings que lhe corresponde, próximo à Via Anchieta, se encontra a

captação do ABC.

A qualidade de suas águas é acompanhada através dos quatro pontos de amostragem:

BI2100 - represa Billings - ponte da Via Anchieta, junto à captação do ABC.

BI2500 - represa Billings - ponte na Rodovia dos Imigrantes

BI2900 - represa Billings - no 'Sumit Control'

GR2100 - rio Grande ou Jurubatuba - ponte na Avenida Santo André em Rio Grande da Serra".

. Cotia

"O rio Cotia possui dois trechos com características próprias. O Alto Cotia, à montante da cidade do mesmo nome, tem suas águas represadas em dois reservatórios - Pedro Brecht e das Graças. Sua bacia é coberta por uma reserva florestal. O Alto Cotia fornece água para a ETA, da SABESP. O Baixo Cotia percorre região urbanizada onde se localizam inúmeras indústrias. A ETA de Vila Izoldina tem captado água deste trecho.

A qualidade das águas da bacia é acompanhada através dos pontos:

C02030 - rio Cotia - na ponte da Rodovia Raposo Tavares, Km 28,5

C02500 - rio Cotia - na barragem das Graças".

. Guarapiranga

"O reservatório de Guarapiranga faz parte do Sistema Alto Tietê. Originalmente construído para regularização e ge-

ração de energia, logo passou a ser utilizado para abastecimento público de São Paulo, chegando a contribuir com 70% das águas distribuidas.

Os rios Embu-Guaçu e Embu-Mirim são seus principais contribuintes e sua bacia se encontra em zona protegida conforme Lei Estadual Nº 898, de 18 de dezembro de 1975. Há núcleos residenciais próximos do reservatório e junto dos contribuintes, além de algumas indústrias.

A qualidade de suas águas é controlada através dos seguintes pontos de amostragens:

EG1200 - rio Embu-Guaçu - ponte na estrada que liga Embu-Guaçu à Fazenda da Ilha.

EM1200 - rio Embu-Mirim - ponte na estrada M'Boi Mirim

GA1150 - reservatório de Guarapiranga - no canal de captação da SABESP".

Da descrição acima conclui-se que os corpos de água escolhidos representam muito bem o universo exigido pela pesquisa, pois além de apresentar uma diversidade muito grande de atividades em suas bacias hidrográficas, estão relativamente próximos uns dos outros e existe, principalmente, o controle efetivo da qualidade da água, há mais de cinco anos.

Como metodologia de trabalho, ficou estabelecido que todas as ações seriam orientadas no sentido de acompanhar o trabalho de monitoramento que a CETESB vem realizando junto a esses corpos de água, e, com base nesses resultados, seriam formuladas todas as questões de ordem prática e teórica que com

põem a presente pesquisa.

Assim procedendo, a pesquisa foi calcada nos relatórios internos da CETESB e complementada com as visitas realizadas a esses corpos de água, em companhia da equipe técnica da CETESB, durante todo o ano de 1982. Por oportuno é interessante registrar que a autorização da CETESB, para utilizar os seus dados e permitir que se acompanhasse a equipe de campo, só foi possível devido ao Ofício DCCT-PRAI Nº 021/UFPb, de 28 de janeiro de 1982.

FIGURA III - 1
DIVISÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO
EM ZONAS HIDROGRÁFICAS



FIGURA III-3: GRÁFICO DE VALORES REFERENTE AO IQA

RIO : Embu_Mirim

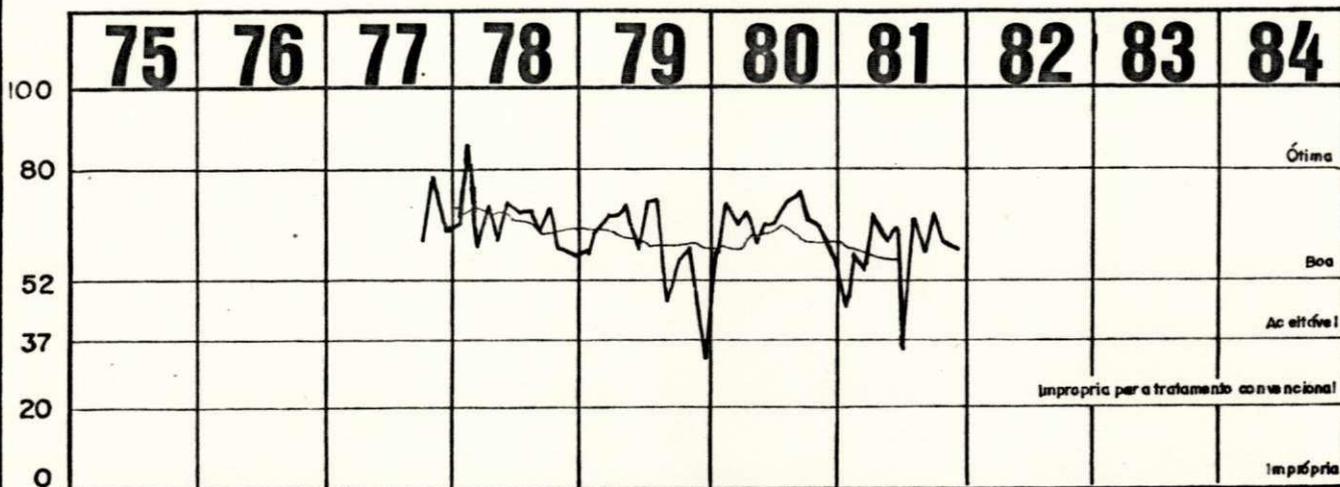
CLASSE : 2

LOCAL : Ponte da Estrada M^a Boi Mirim

IQA : _____

PONTO : OOSPO5EMI200

MÉDIA MÓVEL : _____



RESERVATÓRIO : Guarapiranga

CLASSE : 4

LOCAL : Canal de Captação SABESP

IQA : _____

PONTO : OLSPO5GA1150

MÉDIA MÓVEL : _____

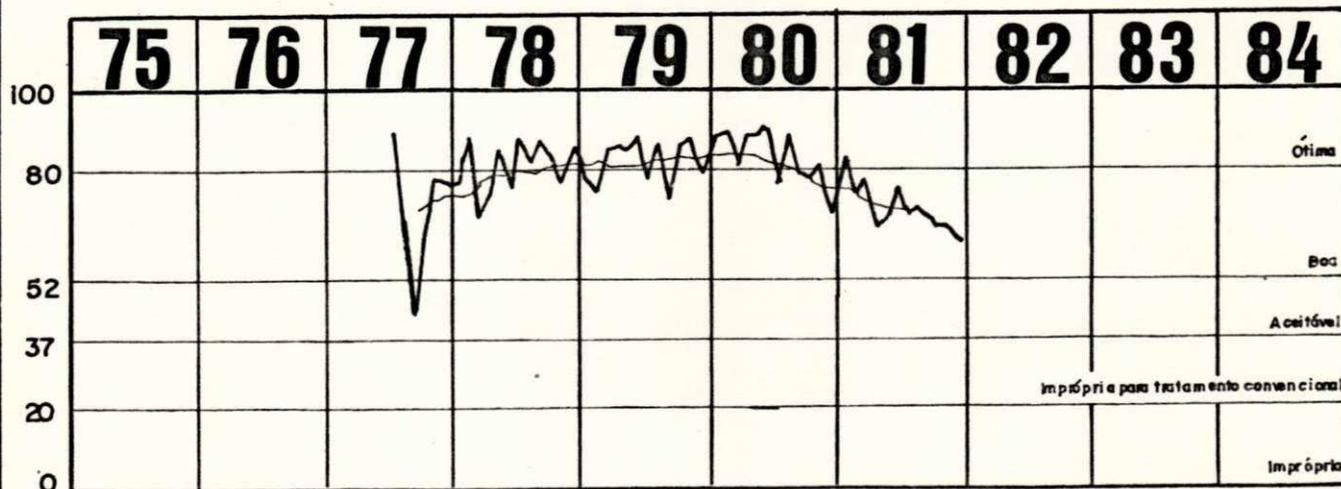


FIGURA III-3: GRÁFICO DE VALORES REFERENTE AO IQA

RIO : Grande ou Jurubatuba

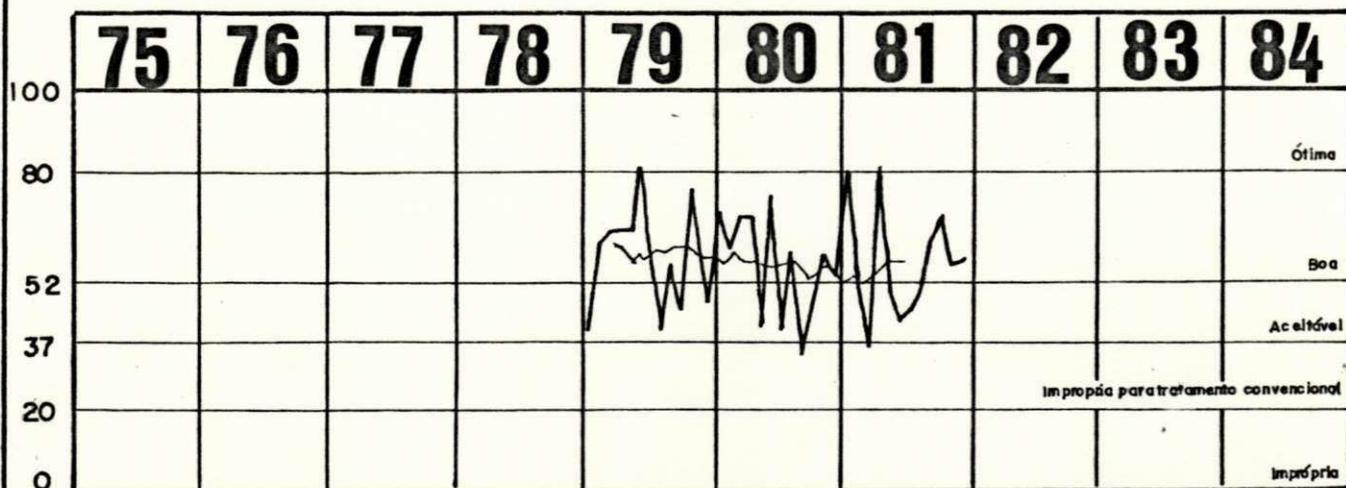
LOCAL: Rio Grande da Serra

PONTO: OOSP03GR2100

CLASSE : 2

IQA : _____

MÉDIA MÓVEL: _____



RIO : Cotia

LOCAL: Ponte da Rod. Raposo Tavares Km 28,5

PONTO: OOSP04C02030

CLASSE : 3

IQA : _____

MÉDIA MÓVEL: _____

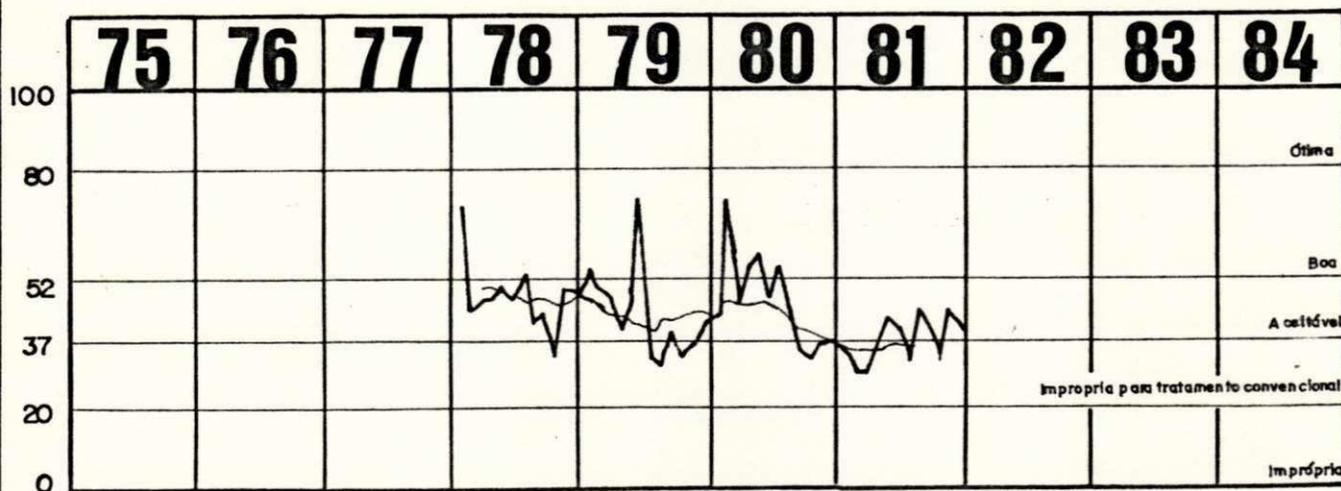


FIGURA III-3: GRÁFICO DE VALORES REFERENTE AO IQA

RIO : Tietê

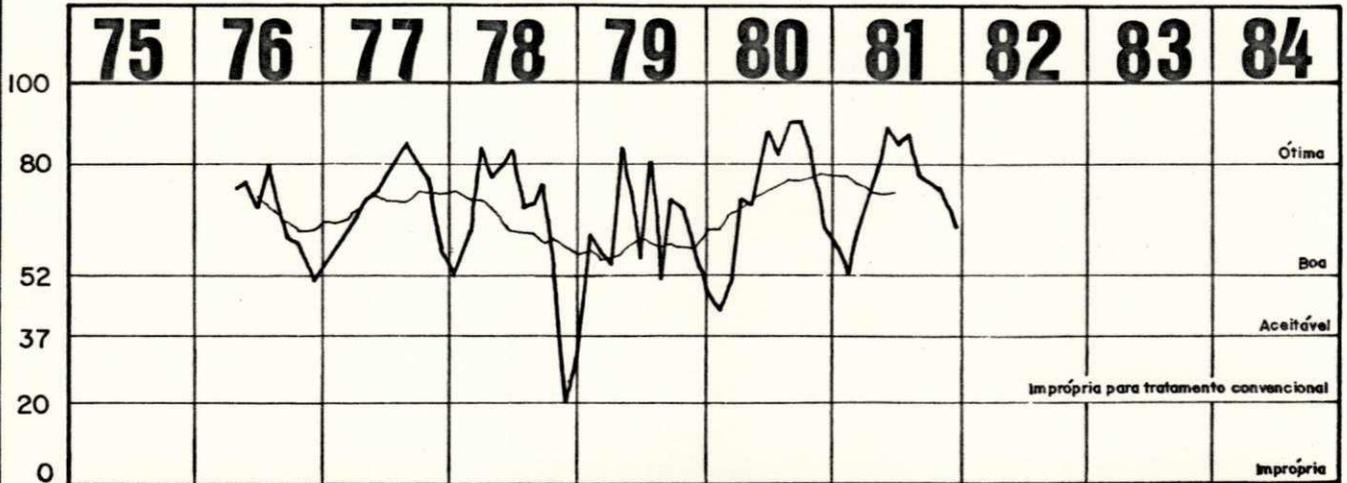
CLASSE : 2

LOCAL : A Jusante de Ponte Nova

IQA : _____

PONTO : OOSPOLTE1010

MÉDIA MÓVEL : _____



RIO : Tietê

CLASSE : 2

LOCAL : Captação do SEMAE - Mogi das Cruzes

IQA : _____

PONTO : OOSPOLTE1040

MÉDIA MÓVEL : _____

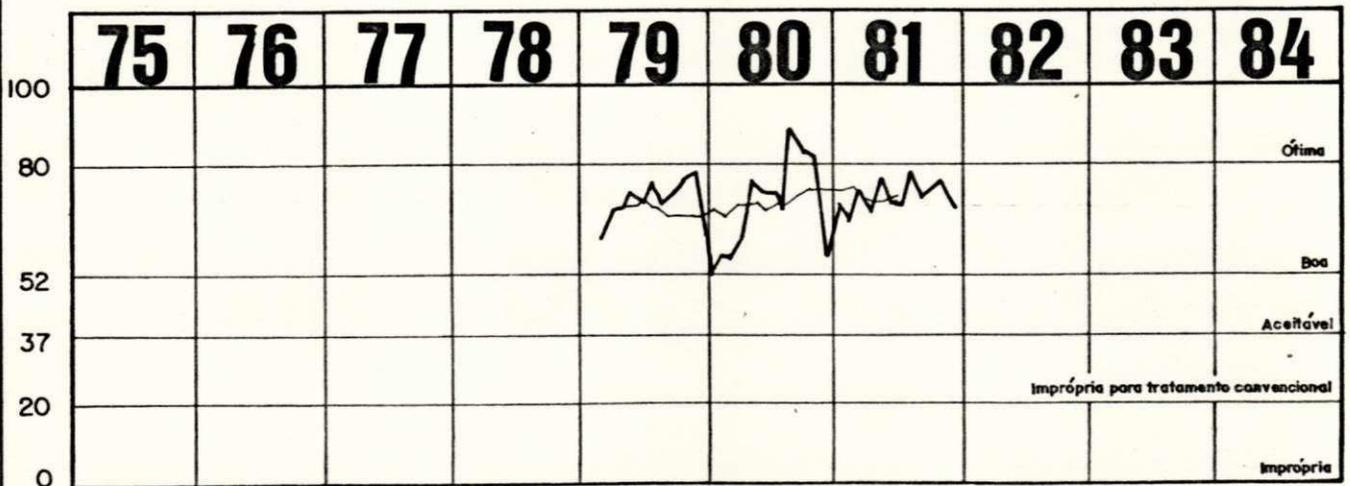


FIGURA III-3: GRÁFICO DE VALORES REFERENTE AO IQA

RIO : Biritiba - Mirim

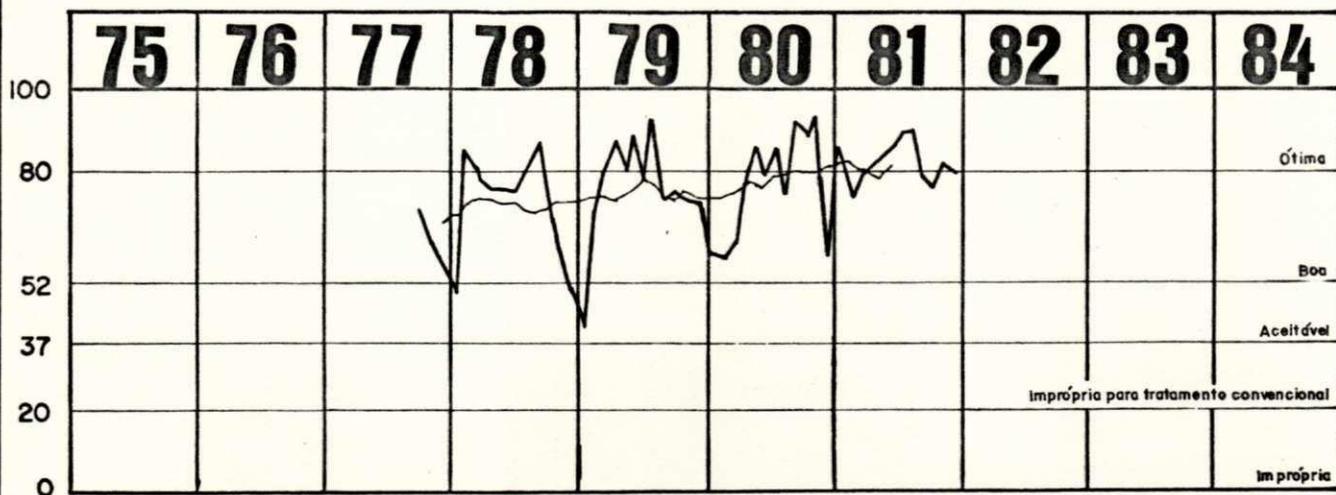
LOCAL : 2 Km à montante da foz

PONTO : OOSPO1BT2200

CLASSE : 2

IQA : _____

MÉDIA MÓVEL: _____



RIO : Jundiá

LOCAL : Próximo à futura barragem

PONTO : OOSPO1JD2050

CLASSE : 1

IQA : _____

MÉDIA MÓVEL: _____

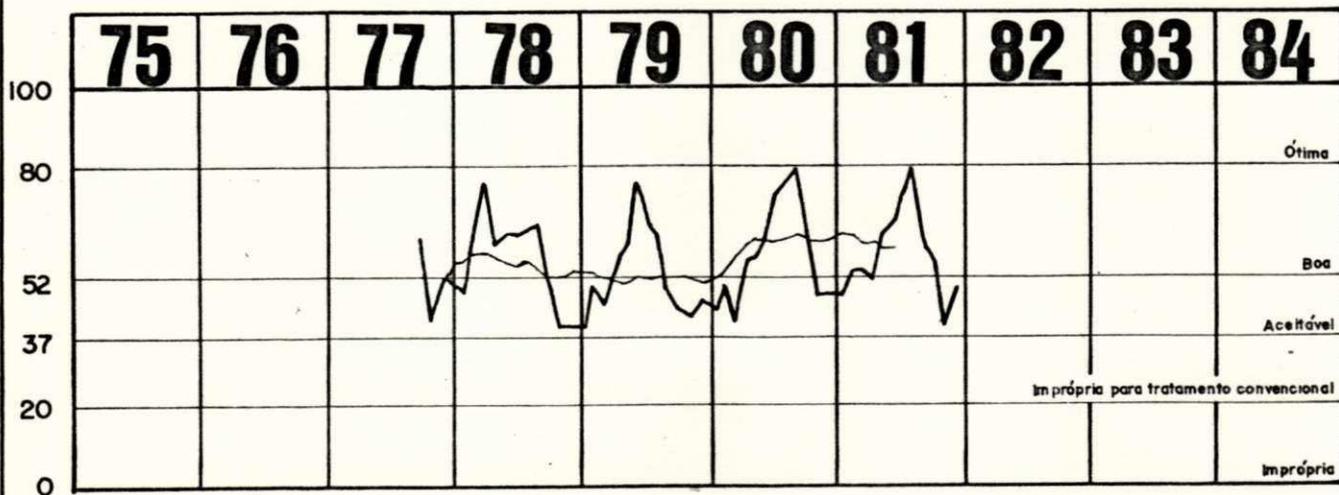


FIGURA III-3: GRÁFICO DE VALORES REFERENTE AO IQA

RIO : Taiacupeba

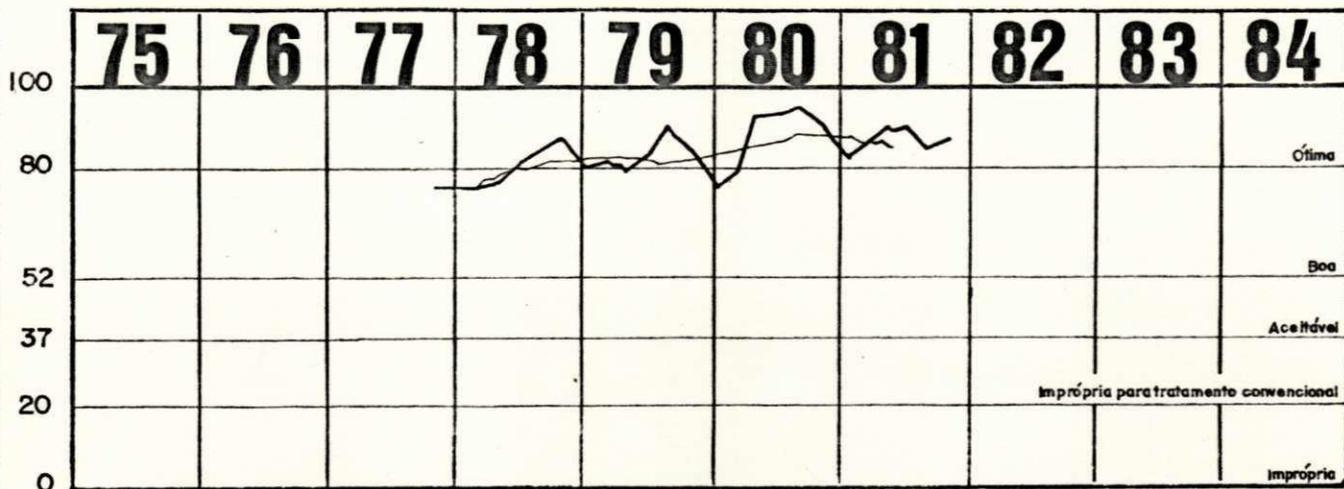
LOCAL : A Jusante da Barragem

PONTO : OOSPO1T12100

CLASSE : 1

IQA : _____

MÉDIA MÓVEL : _____



RIO : Juqueri

LOCAL : Ponte da Rodovia Anhaguera

PONTO : OOSPO2JQ4500

CLASSE : 3

IQA : _____

MÉDIA MÓVEL : _____

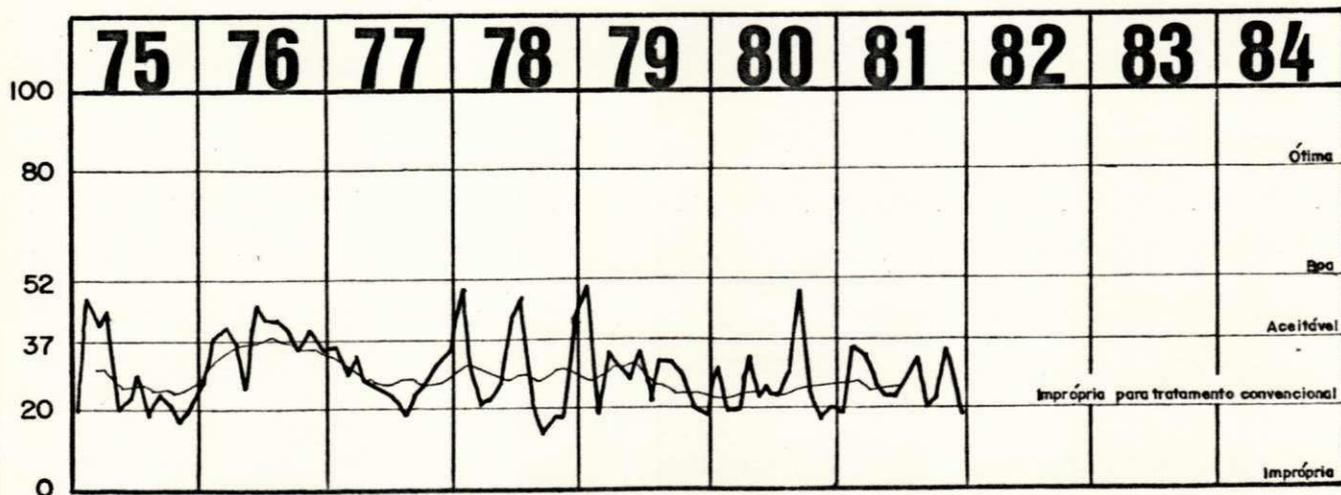


FIGURA III-3: GRÁFICO DE VALORES REFERENTE AO IQA

REPRESA Tanque Grande

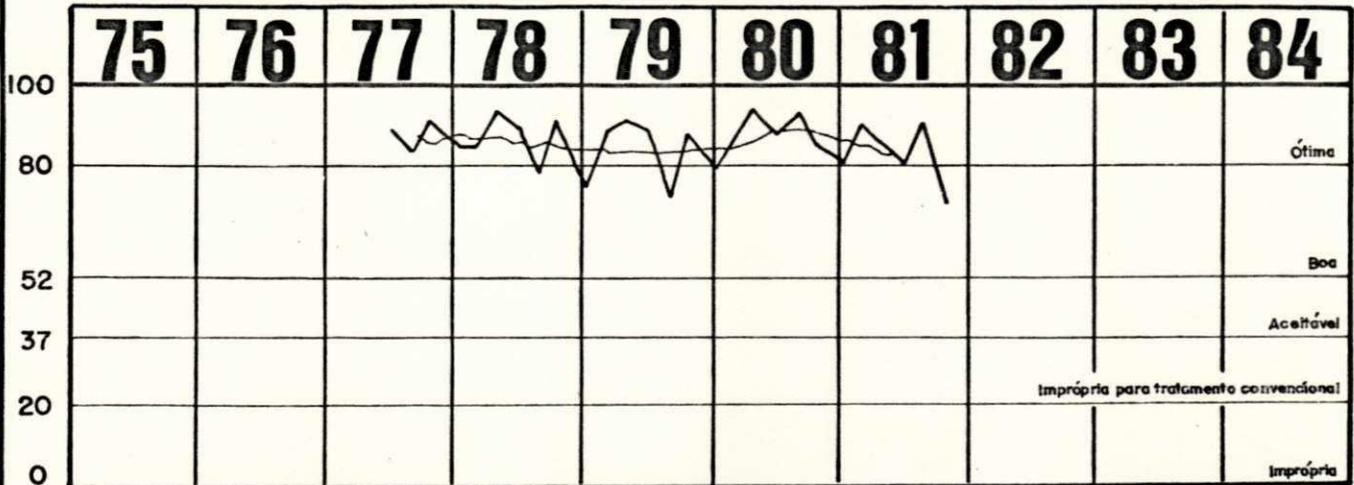
CLASSE 1

LOCAL Município de Gurulhos

IQA _____

PONTO OLSP02TG2200

MÉDIA MÓVEL _____



RIO Pinheiros

CLASSE 4

LOCAL Elevatória de Pedreira

IQA _____

PONTO OOSP02PN4500

MÉDIA MÓVEL _____

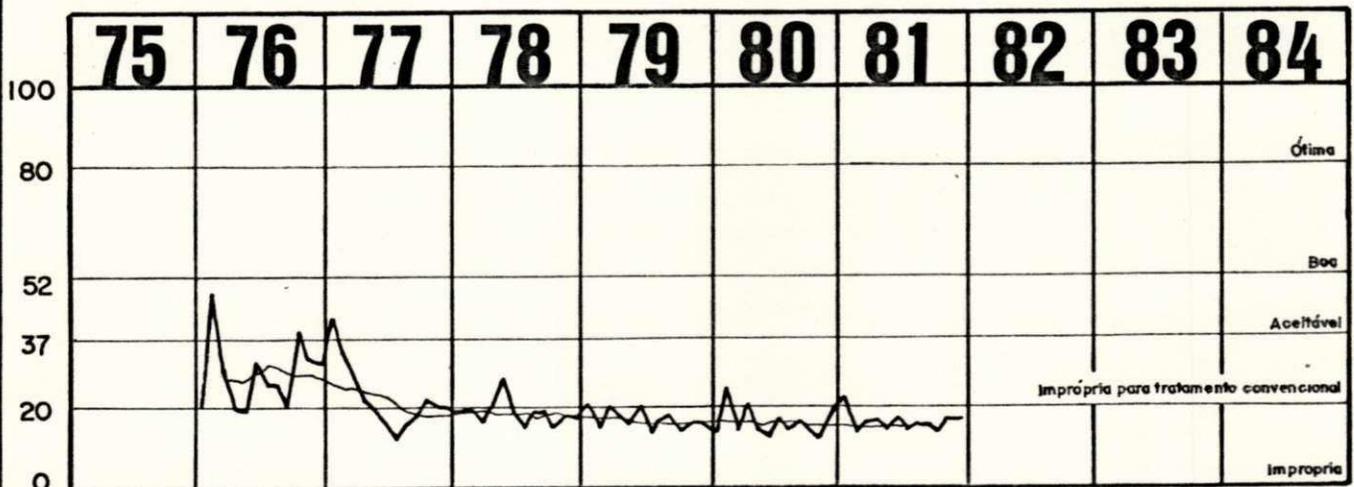


FIGURA III-3: GRÁFICO DE VALORES REFERENTE AO IQA

RIO : Tietê

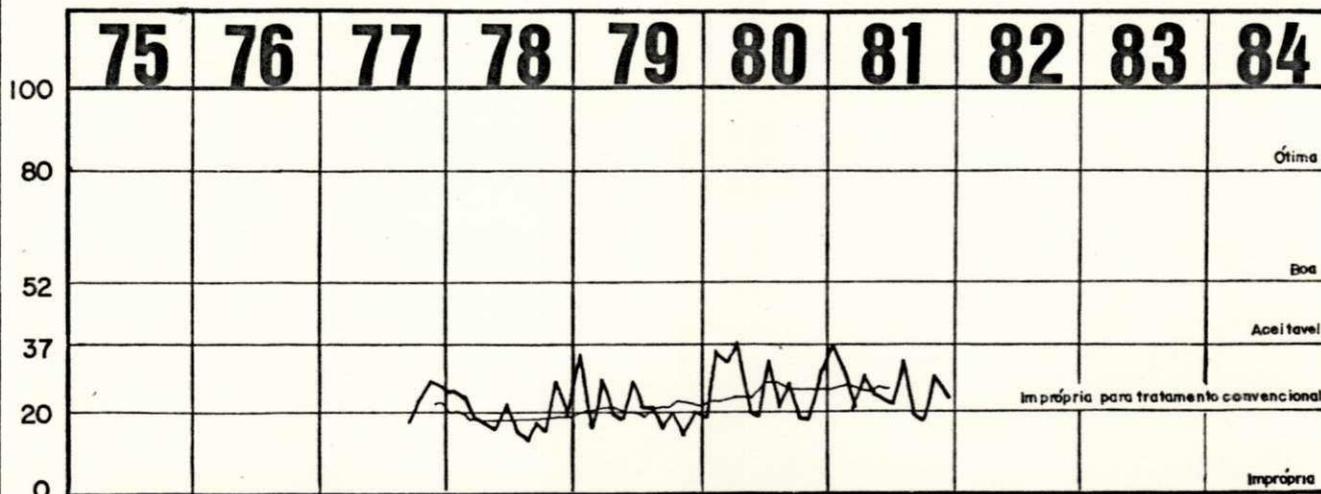
CLASSE : 4

LOCAL : Ponte da Estrada Cumbica_São Miguel Paulista

IQA : _____

PONTO : OOSPO2TE4020

MÉDIA MÓVEL: _____



RIO : Tietê

CLASSE : 4

LOCAL : Ponte dos Remédios

IQA : _____

PONTO : OOSPO2TE4080

MÉDIA MÓVEL: _____

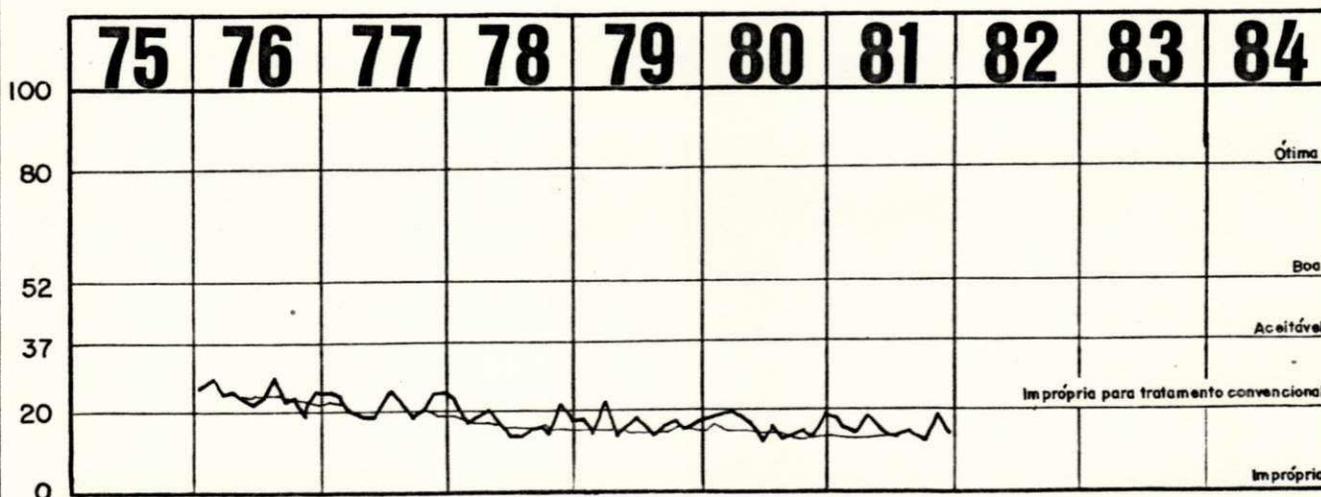
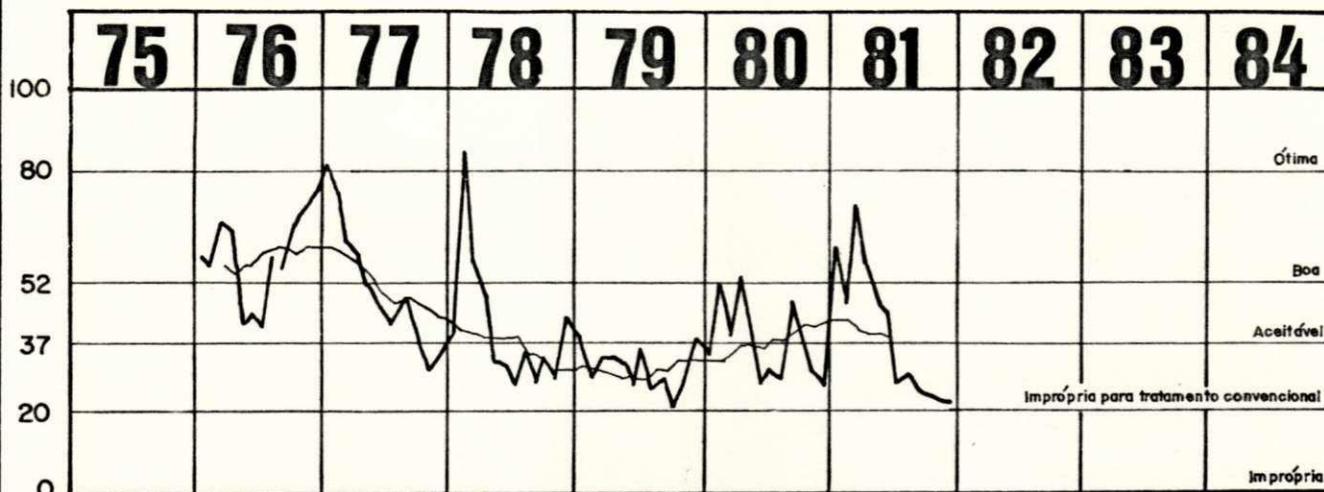


FIGURA III-3: GRÁFICO DE VALORES REFERENTE AO IQA

REPRESA : Billings
 LOCAL : Imigrantes
 PONTO : OLSPO3BI2500

CLASSE : 2
 IQA : _____
 MÉDIA MOVEL : _____



REPRESA : Billings
 LOCAL : "Summit Control"
 PONTO : OLSPO3BI2900

CLASSE : 2
 IQA : _____
 MÉDIA MOVEL : _____

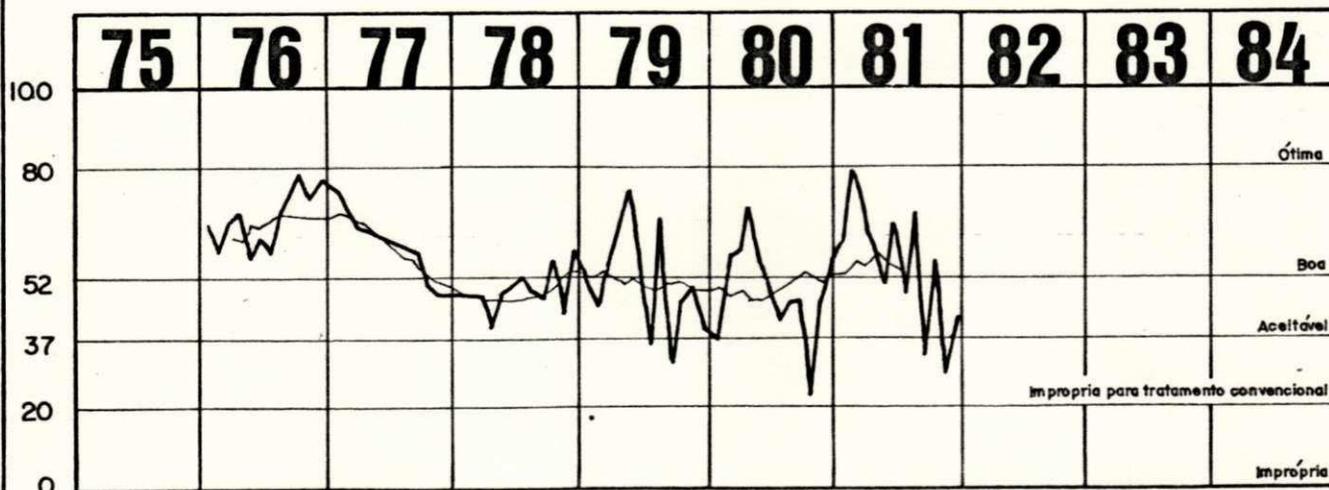


FIGURA III-3: GRÁFICO DE VALORES REFERENTE AO IQA

RIO :Tietê

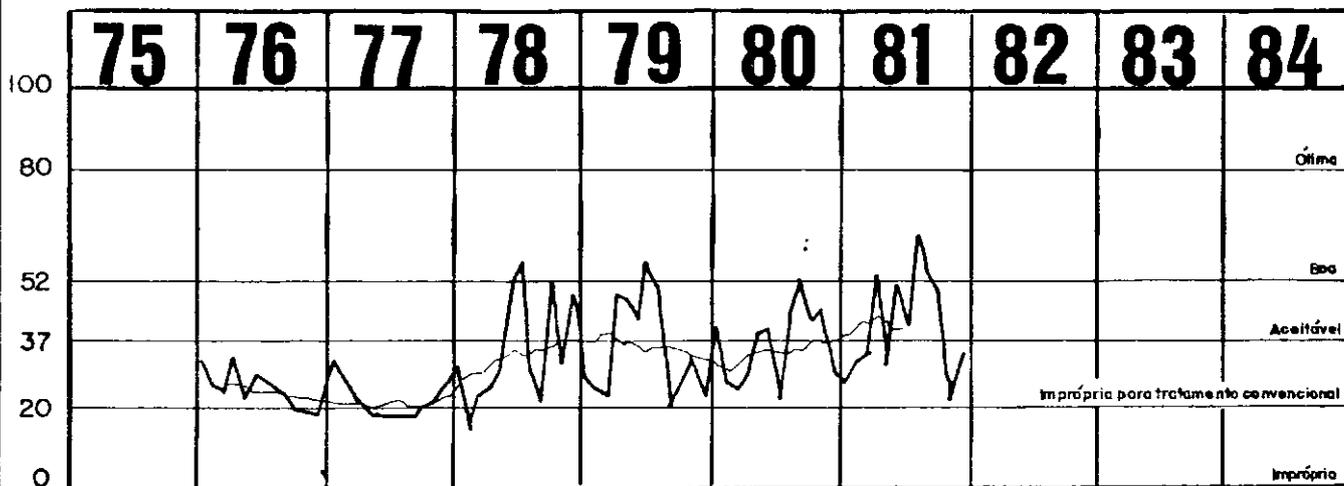
LOCAL:Reservatório Edgard de Souza

PONTO:01SPO2TE4100

CLASSE : 4

IQA : _____

MÉDIA MÓVEL: _____



RIO :Tietê

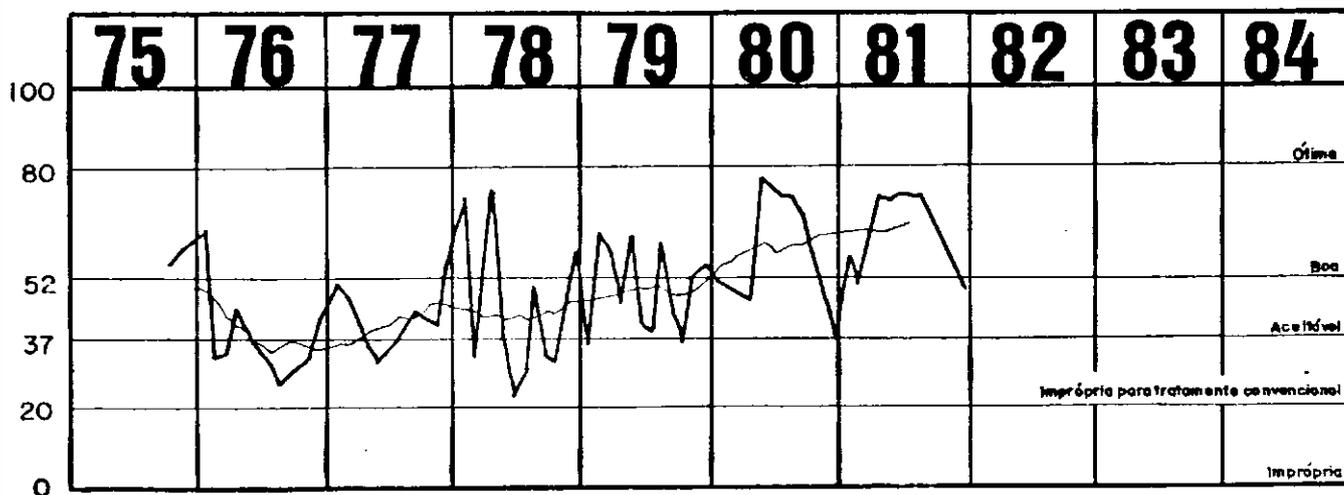
LOCAL: Barragem de Pirapora

PONTO: 01SPO2TE4200

CLASSE : 4

IQA : _____

MÉDIA MÓVEL: _____



EFEITOS DO REPRESAMENTO

CAPÍTULO IV

EFEITOS DO REPRESAMENTO

Os conceitos emitidos neste capítulo foram baseados nos resultados do monitoramento da qualidade da água, desenvolvido pela CETESB, através dos 24 pontos de amostragem já identificados no capítulo anterior.

1.0 - AS REPRESAS E O MEIO AMBIENTE

O represamento das águas de um modo geral, causam profundas modificações no meio ambiente, podendo trazer efeitos adversos (às vezes irreversíveis) à flora e à fauna local. Estes efeitos assumem maior ou menor proporção dependendo do vulto da obra hidráulica construída, pois, quanto maior a obra, maior serão as modificações das condições naturais que antes existia nas circunvizinhanças do local onde foi implantada a represa. O problema ambiental criado por essas obras é abrangente, e inclui fatores relacionados tanto com o ambiente físico quanto o biológico, além de interferir nas atividades humanas e, portanto, sócio-culturais. (1)

1.1 - Fatores Relacionados com o Ambiente Físico

(Fatores Abióticos)

1.1.1 - Paisagístico

Com o represamento de um curso d'água, dependendo do porte da obra hidráulica construída, extensa área será inundada

da e, conseqüentemente, o ambiente adquirirá uma nova e bela paisagem formada pelo espelho da massa d'água represada. Entretanto, cuidados especiais deverão ser tomados com vistas a proteger às margens da represa para que se evite a formação de faixas com áreas pantanosas decorrentes da oscilação do nível d'água que poderá atingir grandes variações em função do volume de água a ser captado (para fins diversos), tornando mais grave esse fenômeno, nos períodos de estiagem prolongada. Outro aspecto que deve ser criteriosamente estudado é a vocação atual e futura da bacia, inspirada pela presença da própria represa, evitando-se, assim, a implantação desordenada de loteamentos, etc., que necessariamente concorrerá para o desmatamento da área, trazendo conseqüências danosas à paisagem e à qualidade da água armazenada. (1); (2)

1.1.2 - Geomorfológico

Na escolha do local para implantação de uma barragem é necessário que se faça uma série de testes geotécnicos, estrategicamente distribuídos por toda área da bacia e no local de implantação da barragem, a fim de que se possa conhecer as diversas características do solo, como por exemplo: textura, estrutura, composição química, grau de acidez ou alcalinidade, entre outras. Pois bem, essa bateria de testes define com razoável precisão, não só a estabilidade do maciço (nas barragens de terra), mas também as características químicas da água a ser armazenada e as regiões da bacia que carecem de maior atenção no combate aos fenômenos da erosão e o conseqüente assoreamento do reservatório.

O armazenamento de grandes volumes de água, transmi

te pressões hidrostáticas elevadas ao solo, forçando uma nova adaptação das formações geológicas na área inundada que, por sua vez, sofre também influência da infiltração da água através dos espaços ocupados anteriormente pelo ar. Presume-se que esses fatores são os responsáveis pelos abalos sísmicos que ocorrem nas zonas próximas da represa que antes eram livres de tais fenômenos. (2).

1.1.3 - Climatológico

Os grandes reservatórios inundam extensas áreas formando grande superfície de água que, dependendo da região onde são implantados, permitem uma maior ou menor evaporação da massa líquida. Nas regiões de clima desértico a pluviosidade é aleatória e não ocorre todos os anos; por isso haverá maior evaporação e, conseqüentemente, aumento da umidade relativa do ar. Enquanto que, as regiões que dispõem de uma densa cobertura vegetal o clima apresenta uma temperatura média mais baixa, uma umidade média mais elevada, movimentos do ar muito atenuado, iluminação reduzida, etc..., concorrendo assim para um menor volume de água a ser evaporado. Assim sendo, com a implantação de reservatórios poderá ocorrer mudanças no mesoclima, trazendo conseqüências indesejáveis, principalmente às regiões com densa cobertura vegetal. (2); (3)

1.1.4 - Hidrológico

As modificações hidrológicas verificadas nos cursos d'água, com a implantação de uma represa, são: mudança no regime hidráulico do rio, ou seja, transformação de locais de correnteza em ambientes lânticos; alteração na temperatura da água; maior velocidade de sedimentação das partículas em sus

ensão devido ao repouso da massa líquida; alterações relacionadas com o nível do lençol freático, etc... Outras modificações poderão ocorrer dependendo do uso da água, como por exemplo, oscilações constantes do nível d'água da represa. (2); (3)

1.2 - Fatores Relacionados com o Ambiente Biológico (Fatores Bióticos)

1.2.1 - Flora e Fauna Terrestre

Na implantação de represas, além do desmatamento necessário da bacia de acumulação do reservatório, poderão ocorrer outros na sua bacia hidrográfica, seja para o uso intensivo de atividades agropastoris ou hortigranjeiras, ou, ainda, para implantação de núcleos urbanos devido as novas condições ambientais criadas pela represa. Como consequência disto, torna-se inevitável o desaparecimento da fauna local, principalmente os animais de maior porte. Ensejando, assim, o aparecimento de outras espécies, tais como roedores e outros, devido ao desequilíbrio do ecossistema. (1); (4); (5)

1.2.2 - Flora e Fauna Aquática

As modificações generalizadas das condições biológicas naturais do terreno, ou seja, o solo sem proteção natural à ação de agentes de erosão, provocam um aumento no índice de cor e turbidez, que, diminuindo a transparência da massa líquida, dificultam ou impedem a penetração da luz necessária às reações de fotossíntese do plancton. Outro fator de destaque é a transformação de locais de correnteza em ambientes lênticos, permitindo o aumento da temperatura das camadas superficiais. Dependendo da profundidade do reservatório,

poderá ocorrer uma estratificação térmica ou química, condicionando a seleção de seres característicos nas faixas ou camadas que são: epilímnio, metalímnio e hipolímnio. Aliado a estes fatores, outros poderão influenciar negativamente a vida aquática, como por exemplo, o acúmulo de sais minerais incrementado pelo barramento dos rios, alterações no pH devido a presença de certos tipos de despejos e a eliminação parcial ou total do oxigênio dissolvido na água em decorrência da composição da matéria orgânica (taxas de oxigênio dissolvido inferiores a 1,0 mg/l são prejudiciais à maioria dos seres aquáticos). (3); (4); (6)

1.3 - Fatores Relacionados com o Ambiente Sócio-econômico e Cultural

1.3.1 - Atividades Econômicas da População

A implantação de uma grande represa, seja para aproveitamento hidroelétrico, seja para regularização de vazões de um curso d'água de certa importância, inundam extensas áreas, que anteriormente eram ocupadas por atividades econômicas da região, como, por exemplo, áreas agrícolas, pastoris e/ou atividades extrativas. Além destas, poderá ocorrer a inundação parcial ou total de centros urbanos com infra-estrutura pré-existente, como: edifícios, linhas de transmissão de energia, telegráficas e telefônicas, sistemas de abastecimento de água, rede de esgotos, etc. (1); (7)

1.3.2 - Estado de Saúde Pública

Como os reservatórios podem ter usos múltiplos, e, dependendo destes, poderá ocorrer maior ou menor variação do

nível d'água. Para grandes variações de níveis, surge o inconveniente de tornar as margens pantanosas, podendo se constituir em ambientes propícios a proliferação de vetores de doenças endêmicas, como, por exemplo, a represa Billings, em São Paulo, que, quando de sua inundação e até por volta de 1940, era um dos focos de malária da região. Quando do enchimento de reservatórios, o deslocamento da fauna será decorrência natural da elevação do nível da água, podendo resultar no aumento do risco de ataque, à população, de animais peçonhentos.(2)

1.3.3 - Relocação e Reassentamentos Populacionais

A experiência em projetos anteriores (represas de Boa Esperança e Sobradinho), tem demonstrado que um dos problemas mais complexos decorrentes da implantação de uma grande represa, é, sem dúvida, o representado pela relocação e reassentamento das populações ribeirinhas. Os órgãos responsáveis deverão levar em consideração as aspirações das populações quando da escolha dos locais dos novos núcleos e dotá-los de toda a infra-estrutura; abastecimento d'água, sistema de esgotos, rede elétrica, proporcionando segurança e conforto aos habitantes. A maior preocupação das autoridades responsáveis pelo reassentamento da população, é, que cada habitante relocado seja capaz de assegurar sua subsistência na nova localidade.(1);(7)

1.4 - Efeitos Benéficos

Nos itens precedentes ficou caracterizado, em linhas gerais, os efeitos negativos que as represas causam ao meio ambiente, porém, não se pode negar que efeitos positivos, tam

bém, poderão advir com a implantação de barragens para formação de grandes reservatórios artificiais. Por exemplo, a geração hidroelétrica é o de menor custo ecológico por não apresentar nenhum dos problemas de poluição típicos do processo de combustão. A utilização crescente dos recursos naturais é conflitante com a preservação do meio ambiente, mas não se deve preconizar a atitude imobilista, ou seja, de "crescimento zero", haja vista a própria terra constituir um sistema dinâmico que evolui continuamente e a biosfera deve constantemente adaptar-se a essa evolução. A exemplo disso, podem ser observadas, no passado, evoluções naturais danosas e/ou benéficas ao homem, ou seja, regiões que possuíam exuberantes matas e hoje estão transformadas em desertos e vice-versa. Há assim necessidade imperiosa de se estabelecer ou consolidar normas básicas de procedimento para o uso dos recursos naturais disponíveis na natureza. (1); (8)

2.0 - ÁGUA POTÁVEL - PADRÕES DE QUALIDADE

A água, para ser considerada potável, deve obedecer a requisitos estéticos e sanitários. Os primeiros dizem respeito à ausência de cor, turbidez, sabor, odor, etc..., características que, embora sejam prejudiciais apenas de um ponto de vista psicológico, têm que ser levados em conta sob pena de recusa pública de consumo da água. O homem não se recusa a tomar bebidas de cor acentuada, como chá ou café, porém tem repugnância por águas ligeiramente amareladas ou turvas. O maior inconveniente da distribuição de águas com mau aspecto estético (embora saudáveis do ponto de vista bacteriológico e químico) é o de fazer com que o consumidor procure servir-se

de águas de fontes ou de poços, freqüentemente mal protegidos, as quais, embora cristalinas e transparentes são, freqüentemente, contaminadas, podendo transmitir doenças tais como hepatite infecciosa, febre tifóide, etc.

Quanto aos padrões sanitários propriamente ditos, estes se referem especificamente a ausência de microrganismos patogênicos e substâncias tóxicas. São exigidos, além disso, alguns requisitos referentes ao pH, dureza (teor de carbonatos) etc., com o fim de evitar fenômenos de corrosão ou obstrução das tubulações na rede de distribuição de água potável.

Difícilmente as águas "in natura", de rio ou de lago, obedecem a todos os padrões estéticos e sanitários acima referidos. Por essa razão, as águas de abastecimento público são, em geral, submetidas a um tratamento prévio, em estações de tratamento de água, com as finalidades básicas de remover cor, turbidez, matéria orgânica e seres patogênicos. Em alguns casos, porém torna-se necessário corrigir outros fatores, tais como sabor, odor, excesso de ferro, de carbonatos, etc.

Além dos padrões estéticos e sanitários da água para consumo humano, outros também são exigidos para as águas "in natura", quando um corpo de água é enquadrado nas classes 1, 2, 3, ou 4, cujos padrões são fixados pela Portaria GM/Nº 0013, de 15 de janeiro de 1976, anexa.

O enquadramento de um corpo de água, numa dessas classes, visa a manutenção de uma qualidade mínima exigida em função do uso da água. Entretanto, para se manter um corpo de água dentro daquilo que a respectiva classe exige, são necessárias algumas medidas de proteção, principalmente, com rela-

ção a implantação e desenvolvimento de certas atividades humanas na bacia de drenagem ou no próprio corpo de água. É necessário, também, que o órgão responsável pela execução da política ambiental, mantenha um controle efetivo sobre as condições atuais e as tendências da qualidade da água.

A CETESB implantou o sistema de monitoramento da qualidade das águas através de distintos parâmetros físico-químicos, bioquímicos e biológicos determinados para as amostras coletadas, mensal ou bimestralmente, o que lhe permite acompanhar simultaneamente as condições atuais e as tendências das águas superficiais do Estado de São Paulo. Os dados obtidos de cada amostra são organizados e sintetizados através de um índice destinado a fornecer uma visão global da qualidade da água. (9)

O Índice de Qualidade das Águas utilizado pela CETESB é determinado em função de um processo multiplicativo que envolve 09 (nove) parâmetros: OD, DB05, Coliforme Fecal, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total e Turbidez, definido pela seguinte expressão:

$$IQA = \frac{\prod_{i=1}^n q_i w_i}{\pi}$$

onde:

IQA = índice de qualidade das águas, um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido do "gráfico de qualidade" respectivo em função de sua concentração ou medida;

w_i = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, atribuído em

função da importância desse parâmetro para a conformação global da qualidade, um número entre 0 e 1;

$\sum_{i=1}^n w_i = 1$ - sendo n, número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

As curvas da função de qualidade de cada parâmetro utilizada nos cálculos do IQA e os respectivos pesos estão apresentados na Figura IV-1.

Com os resultados determinados para cada parâmetro nos respectivos gráficos de qualidade, avalia-se os q_i , por exemplo, para 80% de saturação de OD, obtém-se no respectivo gráfico $q_i = 86$. Eleva-se este valor ao expoente igual ao peso atribuído ao OD que é 0,17 e obtém-se $86^{0,17} = 2,13$. Repetida esta operação para os demais parâmetros, efetua-se o produto deles. O resultado será o IQA da amostra.

A qualidade das águas indicada pelo IQA, numa escala de 0 a 100, tem o seguinte significado para o abastecimento público como água bruta:

- 80 - 100 - qualidade ótima
- 52 - 79 - qualidade boa
- 37 - 51 - qualidade aceitável
- 20 - 36 - imprópria para tratamentos convencionais
- 0 - 19 - imprópria.

Embora o IQA aplicado pela CETESB permita considerar a temperatura através do gráfico de qualidade de água correspondente, este parâmetro só é utilizável em casos particulares onde existe um nítido desvio de temperatura em relação à que seria normal (ou de equilíbrio) no momento da coleta.

Como este caso não foi ainda caracterizado nos pontos de amostragem, esta temperatura tem entrado no cálculo do IQA com desvio zero, participando, portanto, com o valor correspondente à melhor qualidade.

Para levar em conta os elementos tóxicos (metais pesados) que não são incluídos no jogo de parâmetros que compõem o IQA, adotou-se um indicador bivalente que assume valor zero, caso qualquer parâmetro tóxico do conjunto considerado ultrapasse o limite permitido, ou 1 (um), quando nenhum elemento tóxico excede o limite. Assim, a nota final de um corpo d'água num determinado ponto de amostragem deve resultar do produto do IQA (calculado em função dos 09 parâmetros mencionados) pelo IT - Índice de Toxicidade. Essa nota final confirma a nota atribuída pelo IQA, ou é anulada em face da presença de substâncias tóxicas em concentração acima das permissíveis.

A título de ilustração, apresenta-se, na tabela IV-1, uma aplicação típica do IQA. Trata-se do cálculo do IQA para a amostra coletada no dia 03.01.79, às 15:00 horas, no ponto 01SP05GA1150, da Rede Básica de Amostragem. Este ponto está localizado no Reservatório de Guarapiranga, mais precisamente no canal de captação da SABESP.

O valor do IQA, calculado na tabela IV-1, aparece na coluna correspondente ao mês de janeiro (tabela IV-2) que mostra os resultados dos Parâmetros e Indicadores de Qualidade das Águas para 12 amostras coletadas em 1979, no reservatório de Guarapiranga.

TABELA IV-1

APLICAÇÃO TÍPICA DO IQA

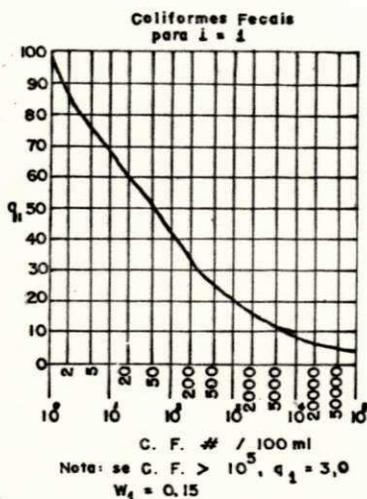
CÁLCULO DO IQA DA AMOSTRA COLETADA EM 03.01.79 ÀS 15:00 HORAS NO PONTO 01SP05GA 1150 - RESERVATÓRIO DE GUARAPIRANGA, NO CANAL DE CAPTAÇÃO DA SABESP.

Parâmetros	Valores Observados	Avaliação Individual da Qualidade	Pesos (w_i)	Avaliação Global da Qualidade ($q_i w_i$)
Temperatura da Água (°C)	27	94	0,10	1,58
pH	6,3	83,8	0,12	1,67
OD (% de saturação)	90,6	93,4	0,17	2,16
DBO 5,20 (mg/l)	3	68,0	0,10	1,52
Coli-Fecal (NMP/100ml)	27	54,8	0,15	1,82
Nitrogênio Total (mg/l)	0,68	92,9	0,10	1,57
Fósforo Total (mg/l)	0,029	97,8	0,10	1,58
Resíduo Total (mg/l)	75	86,5	0,08	1,43
Turbidez (UFT)	40	43,9	0,08	1,35

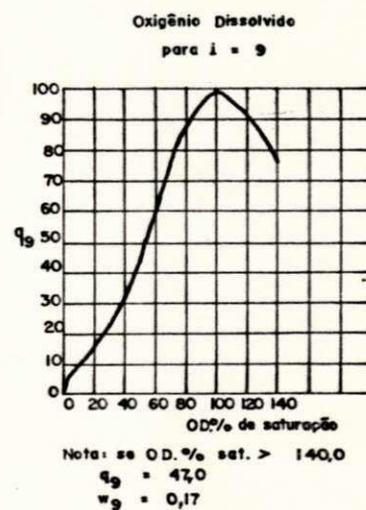
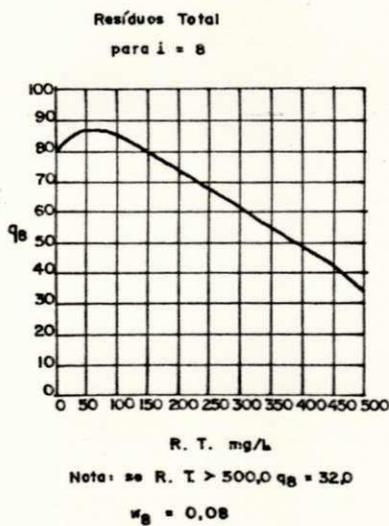
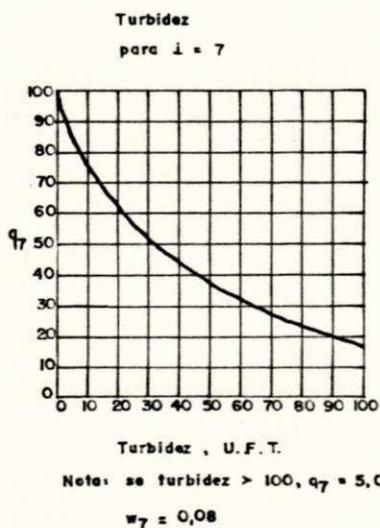
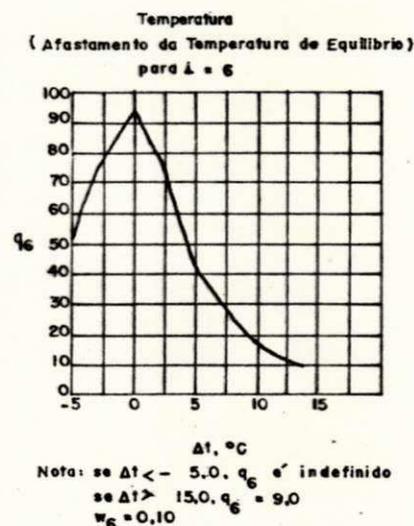
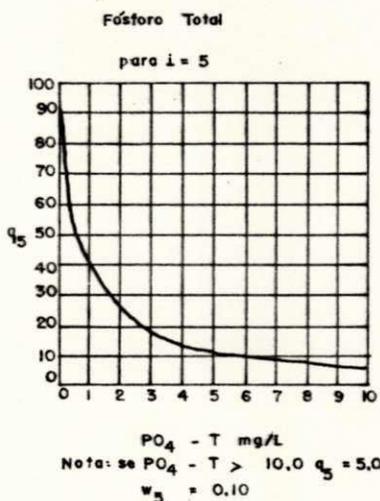
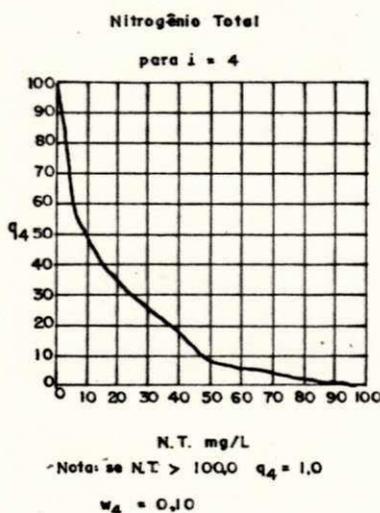
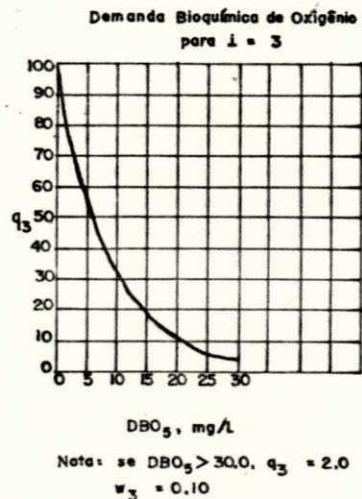
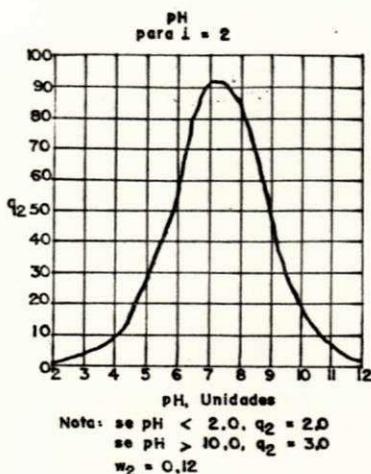
$$IQA = \sum_{i=1}^n q_i w_i = 76$$

FONTE: (9).

FIGURA IV - 1
CURVA DE FUNÇÃO DE QUALIDADE
PARA CADA PARÂMETRO



Escala logarítmica para interpolação



PARÂMETROS	PADRÕES DECRETO 8468	DATAS E HORAS DE COLETAS											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		03 15:00	01 15:20	05 8:00	02 7:00	03 9:30	04 7:45	02 13:10	02 10:10	03 7:00	02 12:35	06 13:25	04 13:45
TEMP DA ÁGUA (°C)		27	23	24	21	20	16	17	16	18	22	23	20
PH		6,3	6,3	6,6	—	6,4	6,3	6,7	7,0	6,7	6,9	6,9	7,1
OD (mg/l)		6,7	7,6	7,0	7,0	7,9	8,2	8,1	8,4	7,9	7,4	7,7	7,3
DBO (mg/l)		3	2	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	<1	<1
COLI-FECAL (NMP/100m)		27	130	5	6	4	2	70	9	230	2	<2	22
NITROGÊNIO TOTAL (mg/l)		0,68	0,71	0,76	0,82	0,77	0,79	1,01	0,69	0,81	1,10	0,68	0,98
FÓSFORO TOTAL (mg/l)		0,029	0,020	0,020	0,035	0,129	0,026	0,029	0,038	0,027	0,338	0,057	0,036
RESÍDUO TOTAL (mg/l)		75	69	82	56	66	56	55	57	74	76	105	75
TURBIDEZ (UFT)		40	37	23	3	25	28	26	29	37	40	45	45
IQA	—	76	74	86	—	84	86	78	85	73	84	87	80
BÁRIO (mg/l)		ND	ND	ND	ND	ND	0,003	0,004	0,002	0,003	0,014	0,006	0,001
CADMIO (mg/l)		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
CHUMBO (mg/l)		0,016	0,004	0,020	0,005	0,012	0,006	0,006	0,008	0,013	0,004	0,002	0,001
COBRE (mg/l)		0,034	0,004	0,021	0,002	0,017	0,010	0,005	0,006	0,008	0,010	0,009	0,002
CROMO (mg/l)		0,003	0,002	0,007	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,004	0,012	0,001	ND
ESTANHO (mg/l)		0,002	ND	ND	ND	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	ND
MERCÚRIO (mg/l)		L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017	L 0,00017
ZINCO (mg/l)		L 0,002	0,01	L 0,002	0,16	0,01	0,007	0,02	0,21	L 0,0006	0,02	0,01	0,01
FENOL (mg/l)		L 0,0001	0,001	0,082	L 0,0001	L 0,0001	L 0,0001	L 0,0006	L 0,0006	L 0,0006	L 0,0006	L 0,0006	L 0,0006
IT	—	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

TABELA IV-2
DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUAS

PORTARIA GM/Nº 0013, DE 15 DE JANEIRO DE 1976

O Ministro de Estado do Interior, acolhendo proposta do Secretário Especial do Meio Ambiente, no uso das atribuições que lhe conferem o Decreto Nº 73.030, de 30 de outubro de 1973, o Decreto-Lei Nº 1413, de 14 de agosto de 1975, e o Decreto Nº 76.389, de 03 de outubro de 1975;

Considerando que a necessidade de classificar os cursos d'água interiores é essencial à defesa de sua qualidade, que é medida através de determinados parâmetros;

Considerando que os custos do controle de poluição podem ser melhor adequados quando a qualidade exigida, para um determinado curso d'água, ou para seus diferentes trechos, está de acordo com o uso preponderante que se pretende dar aos mesmos;

Considerando que a classificação dos corpos d'água interiores deve estar baseada, não necessariamente no seu estado atual, mas nos parâmetros que eles deveriam possuir, para atender às necessidades da comunidade;

RESOLVE estabelecer a seguinte classificação das águas interiores do Território Nacional:

I - São classificadas, segundo seus usos preponderantes, em quatro classes, as águas interiores do Território Nacional:

1. Classe 1 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico, sem prévia ou com sim

ples desinfecção.

2. Classe 2 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho).

3. Classe 3 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora;
- c) à dessedentação de animais.

4. Classe 4 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado;
- b) à navegação;
- c) à harmonia paisagística;
- d) ao abastecimento industrial, irrigação e a usos menos exigentes.

II - Não há impedimento no aproveitamento de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não prejudiquem a qualidade estabelecida para essas águas.

III - Nas águas das classes 2, 3 e 4 serão tolerados lançamentos de despojos, desde que, além de atenderem ao dispo

to no item XIV, desta Portaria satisfaçam, após o lançamento, os limites dos parâmetros estabelecidos para as classes correspondentes e, neste caso, caberá ao órgão encarregado do controle da poluição quantificar as cargas poluidoras admissíveis.

IV - Tendo em vista os usos preponderantes fixados para as águas, os órgãos competentes estabelecerão programas de controle de poluição, para que os padrões das referidas classes sejam obedecidos:

- a) os corpos de águas que na data de seu enquadramento apresentarem qualidade inferior à estabelecida para a classe 4 serão objeto de providências visando a sua recuperação pelo menos até os padrões dessa última classe, cabendo às autoridades de controle de poluição fixar prazos para a sua realização;
- b) não serão objeto de enquadramento nas classes previstas nesta Portaria, os corpos d'água projetados para o tratamento e transporte de águas residuárias;
- c) o enquadramento das águas federais na classificação será estabelecido pela SEMA ouvido o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica;
- d) nos cursos d'água estaduais, o enquadramento na classificação será realizado pelo órgão estadual competente;
- e) para rios intermitentes, os órgãos competentes definirão condições específicas de qualidade.

V - Nas águas da classe 1, não serão tolerados lançamentos de efluentes, mesmo tratados.

VI - Para as águas da classe 2, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- d) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração, convencionais;
- e) não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros, em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite indicativo da existência de condições bacteriológicas relativamente boas, para a recreação de contato primário (balneabilidade), será de até 5.000 coliformes totais em mais de 80% de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês;
- f) DBO/5 dias, 20°C 5 mg/l;
- g) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l;
- h) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):
 - Amônia : 0,5 mg/l;
 - Arsênio : 0,1 mg/l;
 - Bário : 1 mg/l;

- Cádmió : 0,01 mg/l;
- Cromo : 0,05 mg/l;
- Cianeto : 0,2 mg/l;
- Cobre : 1 mg/l;
- Chumbo : 0,1 mg/l;
- Estanho : 2 mg/l;
- Fenóis : 0,001 mg/l;
- Flóur : 1,4 mg/l;
- Mercúrio: 0,002 mg/l;
- Nitrato : 10 mg/l de N;
- Nitrito : 1 mg/l de N;
- Selênio : 0,01 mg/l;
- Zinco : 5 mg/l.

VII - Para as águas da classe 3, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da classe 2, à exceção dos seguintes:

- a) número de coliformes fecais até 4.000 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês;
- b) DBO/5 dias, 20°C até 10 mg/l;
- c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l.

VIII - Para as águas da classe 4, são estabelecidos limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) odor e aspecto: não objetáveis;
- c) fenóis até 1 mg/l;
- d) OD superior a 0,5 mg/l, em qualquer amostra.

IX - No caso das águas da classe 4 possuírem índices de coliformes superiores aos valores máximos estabelecidos para a classe 3, elas poderão ser utilizadas, para abastecimento público, somente se métodos especiais de tratamento forem utilizados, a fim de garantir a sua potabilização.

X - No caso de águas da classe 4 serem utilizadas para abastecimento público, aplicam-se os mesmos limites de concentração, para substâncias, potencialmente prejudiciais, estabelecidos para as classes 2 e 3.

XI - Os limites de DBO, estabelecidos para as classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstrar que os teores mínimos de OD, previstos, não serão desobedecidos em nenhum ponto do mesmo, nas condições críticas de vazão.

XII - Para efeito desta Portaria, consideram-se "virtualmente ausentes" teores desprezíveis de poluentes, cabendo aos órgãos executivos competentes, quando necessário, quantificá-los para cada caso.

XIII - As autoridades competentes de controle de poluição das águas poderão acrescentar novos parâmetros, ou tornar

mais restritivos os estabelecidos nesta Portaria, tendo em vista as condições locais.

XIV - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente pode rão ser lançados, direta ou indiretamente, às coleções de água, desde que obedeçam às seguintes condições:

- a) pH entre 5 e 9;
- b) temperatura inferior a 40°C;
- c) materiais sedimentáveis até 1 ml/litro em teste de 1 hora cone Imhoff;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média diária;
- e) ausência de materiais flutuantes;
- f) óleos e graxas até 100 mg/l;
- g) substâncias em concentrações que poderiam ser prejudiciais, de acordo com limites a serem fixados pela SEMA;
- h) tratamento especial, se provierem de hospitais e outros estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microrganismos patogênicos, e forem lançados em águas destinadas à recreação primária e à irrigação, qualquer que seja o índice coliforme inicial.

XV - Os efluentes, além de obedecerem aos limites do item anterior, não deverão conferir, ao corpo receptor, características em desacordo com o seu enquadramento nos termos desta Portaria, cabendo ao órgão executivo de controle da poluição exercer a necessária fiscalização.

- XVI - Em obediência à presente Portaria, as indústrias que não possuírem tratamento na data de publicação deste instrumento, terão prazos correspondentes à soma dos prazos necessários para elaboração dos projetos, fornecimento de equipamento por parte do fabricante, instalação e teste, sendo, esses prazos, fixados para cada caso, pelos órgãos executivos competentes, considerando-se em cada etapa que compõe os prazos, o menor tempo exequível, tendo em vista sempre a possibilidade de aquisição de equipamento fabricado no País.
- XVII - As indústrias que, na data da publicação desta Portaria, possuírem instalações de tratamento de seus despejos aprovados por entidade pública, e atendam à legislação anteriormente em vigor, terão prazo não inferior a 3 anos nem superior a 6 anos, a ser fixado pelos órgãos de controle de poluição das águas, para se enquadrarem nas exigências desta Portaria, desde que as referidas instalações sejam mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais forem aprovadas.
- XVIII - Em casos especiais, por solicitação dos órgãos executivos de controle de poluição, o prazo fixado no item XVII, poderá ser reduzido pela SEMA.
- XIX - Aos órgãos de controle de poluição das águas, compete a aplicação desta Portaria, cabendo-lhes a fiscalização para o cumprimento da legislação bem como a aplicação das penalidades nela previstas, inclusive a interdição

de atividades industriais poluidoras, respeitado o disposto no Decreto-Lei Nº 1413, de 14 de agosto de 1975, e sua regulamentação pelo Decreto Nº 76.389, de 03 de outubro de 1975.

XX - No caso de inexistir entidade estadual encarregada do controle executivo da poluição, ou se existindo, apresentar falhas ou omissões, ou prejuízos sensíveis aos usos estabelecidos para as águas à jusante, a Secretaria Especial do Meio Ambiente poderá agir diretamente, em caráter supletivo.

XXI - Os órgãos estaduais de controle de poluição manterão sempre informada a SEMA sobre a classificação dos corpos d'água interiores que efetuarem, bem como das normas e padrões complementares que estabelecerem.

XXII - Todos os estabelecimentos industriais que causarem ou possam causar poluição das águas, devem informar, anualmente ou quando houver alteração, ao órgão executivo de controle da poluição, o volume e o tipo de seus efluentes, bem como os equipamentos e dispositivos anti-po-luidores existentes, sob pena das sanções cabíveis ficando, o órgão competente, obrigado a enviar cópia, dessas informações, à SEMA, à STI (MIC) e ao IBGE (SEPLAN).

XXIII - Em seu território, através dos respectivos órgãos de controle da poluição, os Estados deverão exercer sua atividade repressiva e fiscalizadora dos despejos, ainda que os cursos d'água prejudicados não estejam sob

o seu domínio ou jurisdição.

XXIV - O não cumprimento ao disposto nesta Portaria, caso as sanções municipais ou estaduais inexistirem ou não se mostrarem suficientes, acarretará para os infratores, por iniciativa da SEMA junto aos órgãos federais competentes, as sanções previstas nas letras **a** e **b**, do artigo 5º do Decreto Nº 76.389, de 03 de outubro de 1975.

XXV - Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Publicado no Diário Oficial da União, em 23.01.1976.

3.0 - QUALIDADE DAS ÁGUAS REPRESADAS

O represamento das águas e suas modificações generalizadas causadas ao meio ambiente (hidrologia, geologia, clima, paisagem, etc.), conforme foi evidenciado no item 1 deste capítulo, concorrem para provocar alterações nas características físicas e químicas da água. Além dessa grande gama de condições, outros fatores, como, tempo de detenção, biota, topografia e práticas construtivas e de operação, também contribuem para estas modificações. Em função desses parâmetros e condições naturais, os seguintes efeitos podem ser exercidos sobre a qualidade das águas acumuladas:

Efeitos benéficos: redução do índice de turbidez, cor e em alguns casos de bactérias; amortecimento nos picos de variação de compostos minerais dissolvidos, dureza, pH e alcalinidade, redução de temperatura e retenção de grande parte do material sólido transportado.

Efeitos adversos: aumento das taxas de crescimento de algas, o que pode vir a provocar sabores e odores indesejáveis, redução da concentração de oxigênio dissolvido nas partes mais profundas, aumento nas concentrações de gás carbônico e freqüentemente de ferro, manganês e alcalinidade especialmente próximo no fundo dos reservatórios, aumento da concentração de sólidos dissolvidos e dureza como resultado da evaporação superficial e dissolução de rochas subjacentes.

É evidente que as alterações na composição e características das águas acumuladas nos reservatórios são funções da interação de diversos fenômenos, e, assim sendo, torna-se bastante difícil qualquer tentativa para se formular equações

que definam os fenômenos que originam essa grande variedade de efeitos, devido à interdependência de variáveis físicas, físico-químicas, químicas e biológicas que ocorrem simultaneamente. Por exemplo, um acréscimo de temperatura provoca um aumento na evaporação, o que influi sobre a salinidade, altera a velocidade de sedimentação de partículas suspensas e a precipitação de substâncias em solução modifica a distribuição e a concentração de oxigênio dissolvido no meio líquido, influenciando no fito e no zooplâncton e assim sucessivamente.

Por outro lado, quando a temperatura da água acha-se acima de 4°C, qualquer decréscimo na temperatura provoca aumento da densidade da água e da viscosidade cinemática, fazendo com que a velocidade de sedimentação diminua consideravelmente, como mostra a equação de STOKES (para partículas discretas quando o escoamento é laminar):

$$v = \frac{g}{18} \frac{P - P_o}{W} d^2$$

onde,

V = velocidade terminal de sedimentação;

g = aceleração da gravidade;

P = densidade da partícula;

P_o = densidade da água;

W = viscosidade cinemática da massa líquida;

d = diâmetro das partículas.

É conveniente lembrar, que essa redução de temperatura ocorre mais abruptamente no termoclima, onde o gradiente de temperatura é mais acentuado. Conseqüentemente, haverá um acúmulo de partículas e de bactérias nessa camada, gerando uma

maior demanda de oxigênio. (1); (2)

3.1 - Estratificação Térmica

Estratificação térmica é a disposição da massa líquida em camadas ou estratos de diferentes temperaturas, devido a absorção diferencial de energia luminosa. Com efeito, este fenômeno só se realiza devido a alteração de densidade da água em função da temperatura. Essa variação de densidade, ainda que incrivelmente pequena, provoca efeitos de extrema importância, ou seja, gera uma grande resistência à circulação ou mistura, vencendo, deste modo, os esforços do vento em fazer circular as partes mais profundas de um reservatório, principalmente os de grande porte.

Sabe-se, porém, que a ocorrência desse fenômeno está aliada a vários fatores, como por exemplo, localização geográfica, condições climatológicas, profundidade e área superficial dos reservatórios e, também, devido a baixa velocidade das águas que estes corpos d'água apresentam.

Entretanto, verifica-se que as camadas superiores absorvem a maior parte da energia luminosa e apenas uma pequena parcela atinge as partes mais profundas. Daí a caracterização de três camadas distintas que se formam na massa líquida.

- Epilimnion:

É a camada de água superior cuja espessura varia entre 8 e 15 metros nos grandes reservatórios e chega a atingir uma temperatura de até 30°C. A qualidade da água contida nesta camada, é geralmente boa e uniforme, haja vista a freqüente reaeração e purificação natural que ocorrem. Assim sendo,

os resíduos orgânicos são estabilizados e a concentração de oxigênio dissolvido sempre chega à saturação. Por outro lado, a concentração bacteriana é reduzida a um mínimo devido a ação desinfetante da luz solar, depredação por outros organismos e também a falta de alimentação apropriada. Quanto ao material particulado presente, grande parte é removido por sedimentação e, na maior parte das vezes, a cor é também reduzida a um mínimo. Entretanto, o único efeito adverso que poderá ocorrer no epilimnion será o crescimento excessivo de algas e protozoários que causam sabor e odor nas águas.

- Metalimnion:

Metalimnion ou termoclina é a camada subjacente ao epilimnion, na qual ocorre uma diminuição brusca da temperatura, cuja redução gira em torno de 1°C por metro de profundidade. A temperatura, nessa camada, pode decrescer até 10°C . Com esse gradiente de temperatura, induz-se obviamente um aumento de densidade à massa líquida e conseqüentemente uma grande resistência à mistura e também uma grande estabilidade na termoclina. Conclui-se, então, que essa camada atua como um verdadeiro diafragma na separação das camadas superiores e inferiores do reservatório.

A qualidade da água na termoclina é inferior a do epilimnion, por qualquer decréscimo de temperatura provoca aumento da densidade da água e aumento da viscosidade cinemática, fazendo com que a velocidade de sedimentação diminua consideravelmente. Conseqüentemente, haverá um acúmulo de partículas e de bactérias nessa camada, gerando uma maior demanda de oxigênio.

- Hypolimnion:

Hypolimnion é a camada de água situada logo abaixo da termoclina e que apresenta uma variação de temperatura muito reduzida, geralmente 2 ou 3°C, no máximo. A qualidade da água nessa camada é inferior às demais (Epilimnion e Metalimnion) devido a impossibilidade de reaeração e a decomposição da matéria orgânica suspensa e de fundo, plancton morto e o material particulado que sedimenta das camadas superiores, são os responsáveis pelo consumo de todo o oxigênio disponível, logo, na decomposição anaeróbia que se processa, podem ocorrer metano, gás sulfídrico, cor elevada e altas concentrações de ferro e manganês.

É oportuno mencionar que a superposição de camadas de diferentes temperaturas e densidades, nos corpos de água (lagos ou represas) nem sempre se mantêm, em certas épocas do ano, na mesma seqüência com que foi descrita anteriormente, ou seja, epilimnion, termoclina e hypolimnion. Pois a queda da temperatura no outono, contribui para que os tributários comecem a fornecer água cada vez mais fria que vai reduzindo a temperatura da parte superior da termoclina e do epilimnion, através de convecção e ação do vento. Assim sendo, as temperaturas e densidades dessas duas camadas superiores se aproximam à do hypolimnion, facilitando a circulação vertical, fazendo com que toda a massa líquida tenha aproximadamente a mesma temperatura. Quando essa condição se estabelece, ocorre então o fenômeno da reversão (turn over), prejudicando a qualidade da água. Esse fenômeno provoca o levantamento de todo o material de fundo aumentando o índice de cor e turbidez, queda da concentração de oxigênio dissolvido e aumento da DBO. (2);(3);(10)

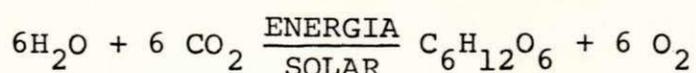
3.2 - Fotossíntese

A fotossíntese é a propriedade que têm as plantas verdes de, aproveitando a energia da luz solar, fazer a síntese da matéria orgânica. Por isso, as plantas aquáticas, tornam-se num fator de grande importância nas concentrações de oxigênio dissolvido em um lago ou represa.

Segundo pesquisas realizadas por Oswald e Gotaas, as algas azuis utilizando energia solar produzem carboidratos através de CO_2 e H_2O , assimilando em seguida esses carboidratos com amônia liberada e outros elementos essenciais para produzir mais algas. Concluíram, ainda, que um quilo de algas sintetizadas é acompanhado da produção de 1,6 quilos de oxigênio molecular. (11)

Estudos realizados durante um ano no Lago Erie, Estados Unidos, mostraram máximos de 12kg de O_2 por dia por hectare de área superficial no inverno e 95 no verão. (3)

Observa-se que a própria reação de fotossíntese:



Para cada grama de oxigênio liberado por fotossíntese, uma grama de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é produzida pela síntese de matéria orgânica, de maneira que não ocorre ganho final de oxigênio. Por outro lado, essa demanda não se exercerá a curto prazo porque o carbono poderá permanecer fixado por períodos relativamente grandes.

Entretanto, a produção de oxigênio por fotossíntese pode influir beneficemente na manutenção dos níveis desejáveis

de oxigênio dissolvido pelo menos nas camadas superiores dos reservatórios. (3); (10)

3.3 - Eutrofização

Eutrofização é o processo de enriquecimento dos corpos d'água através do lançamento direto ou indireto de compostos minerais que não funcionem como agentes tóxicos, causando a morte dos organismos vegetais ou animais sensíveis, mas sim, como fonte de nutrição mineral de organismos - particularmente vegetais.

Sabe-se, porém, que os vegetais sintetizam a matéria orgânica a partir de CO_2 do ar, para sua própria nutrição, mas necessitam, naturalmente, de vários elementos que não se encontram, pelo menos de forma assimilável, na atmosfera: nitrogênio, fósforo, enxofre, magnésio, potássio, etc., por isso é necessário que estes se encontrem na água (ou no solo), em compostos tais como: nitratos, fosfatos, etc. O esgoto que é lançado na água, constitui fonte desses sais, uma vez que, sendo oxidado os seus compostos orgânicos, há formação de compostos simples, minerais, desses elementos. (10); (12)

Dentre os elementos mais importantes no processo da eutrofização das massas líquidas, destaca-se o nitrogênio e o fósforo, pois, em águas naturais, somente a elevação do nitrogênio ou do fósforo produzem aumento do número de organismos. Isto significa que essas águas contêm, naturalmente, quantidades significativas dos demais elementos quer por serem mais freqüentes na natureza, quer por serem exigidos em menores quantidades. Sabe-se, porém, que embora o fósforo esteja em con

centrações bem menores que as de nitrogênio, existe, pelo menos nos lagos poluídos por despejos orgânicos, um saldo do primeiro elemento, com relação às exigências das algas, o que significa que, quando estas forem capazes de consumir quase todo o nitrogênio presente, ainda haverá fósforo em quantidade suficiente para manter a reprodução de organismos, desde que sejam fornecidas novas fontes de nitrogênio. Essa é a definição real de fator limitante; entretanto, com relação ao fenômeno da poluição, o fósforo se apresenta como fator de maior importância, uma vez que, ainda que o suprimento de nitrogênio seja insuficiente, este pode ser obtido a partir do ar atmosférico, sendo impossível exercer-se um controle sobre o teor presente nas águas. O fósforo, sendo fornecido somente pelos despejos, pode ser melhor controlado, na prevenção contra a poluição. (3); (10)

Várias experiências têm demonstrado que a quantidade de nitrogênio e fósforo minerais nas águas naturais, é geralmente, oriunda de várias fontes. O nitrogênio provém da atividade de bactérias nitrificantes que, a partir de matéria orgânica vegetal ou animal, no solo ou na própria água, produzem nitratos. Por outro lado, os nitratos podem provir, ainda, do próprio terreno, em regiões salitradas naturalmente ou adubadas quimicamente. Finalmente, outra fonte de nitrato é a proveniente das águas de chuva, mesmo antes de passar pelo húmus do solo, uma vez que, pequenas quantidades de amônia ou de ácido nítrico, recebidos ao atravessar a atmosfera, procedentes da fumaça de indústrias ou, ainda, das descargas elétricas que permitem a combinação do nitrogênio do ar com o hidrogênio formando amônia. O fósforo pode provir de rochas fos

fáticas, apatitas e, ao que parece, pode ser originado no solo, por atividades de bactérias ainda pouco conhecidas, capazes de reduzir fosfatos a fosfitos, hipofosfitos e fosfina. Pode ser levado a água, ainda, por drenagem de terrenos quimicamente adubados. A principal fonte dos dois elementos é, entretanto, constituída pelos esgotos domésticos, que levam, à água receptora, compostos orgânicos complexos que, através da oxidação biológica, contribuem para a formação de quantidades relativamente elevadas de nitritos e fosfatos como produtos finais. Por fim, o processo acentuado de eutrofização, traz como consequência os seguintes efeitos desfavoráveis para o uso das águas:

- . A excessiva proliferação de algas transfere sabores e odores indesejáveis à água utilizada para abastecimento, além de causar problemas nos sistemas de tratamento, tais como dificuldades na coagulação, demanda excessiva de cloro, e colmatação dos filtros;

- . Impedem a utilização dos reservatórios como recreação devido ao excesso de turbidez, cor e odor;

- . Dificulta a sobrevivência de peixes nobres, permitindo que outros peixes com pouco valor comercial se desenvolvam nos reservatórios;

- . Propicia o desenvolvimento de vegetais aquáticos superiores e larvas de insetos, prejudicando o reservatório do ponto de vista estético e criando condições ambientais desfavoráveis às populações circunvizinhas. (3); (10); (12)

3.4 - Cor e Turbidez

Cor e turbidez são dois fatores relacionados com a transparência da água e, portanto, com a disponibilidade de luz no seio da massa líquida para as atividades fotossintéticas. É sempre recomendável lembrar, entretanto, que essa disponibilidade não constitui o único fator determinante da quantidade de algas presente, pois esta depende de outros fatores, como nutrientes químicos, para a alimentação e reprodução. (10)

Por outro lado, cor e turbidez estão relacionados com outros fenômenos que caracterizam as condições ecológicas do lago ou mesmo da bacia de drenagem. A turbidez, por exemplo, sendo provocada por partículas em suspensão (geralmente partículas de solo) pode indicar, quando em grandes valores, ou quando sujeita a grandes variações de caráter sazonal, a erodibilidade dos terrenos adjacentes e a falta de obstáculos ao impacto das águas das chuvas sobre o solo ou ao transporte desta para o interior da represa, concorrendo para o seu assessoramento. A cor pode ser resultado de decomposição ativa de matérias orgânicas, principalmente vegetais superiores no interior da própria represa ou nas regiões ciliares.

Nas represas localizadas no rio Tietê, no Estado de São Paulo, as medidas sistemáticas efetuadas ao longo de todo ano de 1976, pela CETESB, acusaram os seguintes valores: (13); (14)

TABELA IV-3 - MEDIDAS DE COR E TURBIDEZ

REPRESA EDGARD DE SOUZA

<u>Cor</u>	<u>Turbidez</u>
Mínimo -- 20,00	25,00
Máximo -- 300,00	180,00
Médio -- 80,00	65,00

REPRESA DE PIRAPORA

<u>Cor</u>	<u>Turbidez</u>
Mínimo -- 5,00	3,00
Máximo -- 100,00	120,00
Médio -- 80,00	26,00

REPRESA DE RASGÃO

<u>Cor</u>	<u>Turbidez</u>
Mínimo -- 5,00	3,50
Máximo -- 250,00	130,00
Médio -- 60,00	19,00

3.5 - pH

Os valores de pH encontrados em um lago podem oferecer vários tipos de informações de grande importância do ponto de vista de sua ecologia, porém, desde que associados a outros parâmetros, tais como concentração de carbonatos, CO_2 , alcalinidade, taxa de fotossíntese, teor de ferro solúvel e insolúvel, etc. Frequentemente, em caso de lagos eutróficos, o pH constitui uma medida indireta da atividade fotossintética, podendo variar sensivelmente nas diferentes épocas do ano ou horas do dia, de acordo com a maior ou menor taxa de fixação do CO_2 das águas pelos organismos fotossintéticos. Em certos casos, dada a baixa concentração de fitoplâncton existente, tal correlação é inexistente. Além disso, valores sistematicamente situados em torno da neutralidade parecem indicar uma elevada capacidade "tampão" do sistema carbonatos - ácidos carbônicos existente no lago, condicionando grande resistência às variações devidas à simples retirada de CO_2 . (15)

Em geral, os valores de pH nas represas do Estado de São Paulo sofrem grandes oscilações em torno do valor médio de 6,0, variações estas de tanto maior amplitude quanto mais intensos os processos de fotossíntese (tendendo a elevá-los por efeito de remoção de CO_2) ou de respiração aeróbia (através da produção de sais minerais) ou anaeróbia (pela produção de ácidos orgânicos) em águas fracamente tamponadas. (10)

Uma conseqüência desse poder de tamponamento e de manutenção praticamente contínua da neutralidade ou leve alcalinidade das águas é a possibilidade de desenvolvimento, nas águas da represa, de caramujo do gênero *Biomphalaria*, responsáveis pela transmissão da esquistossomose, o que exigiria uma constante vigilância, e eventualmente, aplicação de moluscocidas, principalmente, tendo em vista o uso balneário da água. É desnecessário mencionar que a aplicação de moluscocidas deverá ser cercada das maiores precauções, tendo em vista a ação tóxica desses compostos com relação a fauna piscícola, se não (dependendo da substância utilizada), à própria potabilidade. (10)

3.6 - Cloretos e Bactérias Coliformes

Os cloretos apesar de ultimamente abandonados como parâmetro sanitário, constituem, em geral, um bom indicador químico da qualidade da água em regiões distantes do oceano dos solos naturalmente salinos. Ao contrário dos compostos de nitrogênio, eles não estão sujeitos a transformações de caráter bioquímico, e sendo praticamente inertes do ponto de vista químico, suas concentrações permanecem praticamente inalteradas na água, a não ser por efeito da diluição. As águas de

escoamento superficial geralmente não contém mais que 12 mg/l desses sais, sendo aceitos como não poluídas as águas de mananciais que contenham até 15 mg/l (dados originais da Inglaterra; as águas de nosso planalto contêm teores bem menores). Por outro lado, cloretos são encontrados em concentrações da ordem de 1% (um por cento) na urina do homem e outros animais. Por conseguinte, esgotos de origem doméstica contêm concentrações relativamente elevadas desses compostos. Como se tratam de compostos estáveis, não sujeitos à autodepuração, a sua concentração em rios e lagos permite avaliar o grau de diluição sofrido pelos despejos. É claro que, para isso, é sempre necessário conhecer-se, em cada caso, o teor normal dos cloretos existentes nos solos e nas águas superficiais da região em estudo. Além disso, sendo a sua principal origem os esgotos domésticos, há sempre uma correlação inicial entre a sua concentração e a concentração de organismos do grupo coliforme ou bactérias intestinais. Só que, sendo esta sujeita a declínio por autodepuração (e não apenas por diluição) a correlação mencionada deve ir variando ao longo do trajeto percorrido. (10); (2); (16)

Este tipo de correlação pode ser bem apreciado, por exemplo, ao longo do rio Tietê, o qual corta a cidade de São Paulo, recebendo a maior parte de seus esgotos sendo, à jusante desta, represado por uma sucessão de barragens, entre as quais se destacam a de Edgard de Souza e, à jusante desta, a de Barra Bonita.

TABELA IV-4

MEDIDAS DE CLORETOS E BACTÉRIAS COLIFORMES

Cloretos (mg/ℓ)	São Paulo (Montante) Salesópolis	São Paulo (Jusante) Vila dos Remédios	E. de Souza (Barragem)	B. Bonita (Barragem)
Mínimo	3,0	4,0	17,5	4,0
Máximo	17,0	44,0	41,0	9,0
Médio	3,5	27,5	26,0	6,5
Coliformes 1000/100ml				
Mínimo	0,023	79,00	13,00	0,033
Máximo	79,000	240.000,00	24.000,00	230,000
Médio	1,500	11.000,00	3.000,00	1,300

Como bem pode ser observado através da tabela IV-4, acima, há um decréscimo nos valores de ambos os parâmetros a partir do ponto de máxima poluição (Vila dos Remédios), porém, no caso dos cloretos, em muito menor proporção que no caso dos coliformes, visto que aquele é devido apenas a diluição, enquanto que o número de coliformes está sujeito a declínios provocados por morte de células em consequência da ação de agentes autodepuradores. A importância dessa correlação liga-se à possibilidade de traçarmos "histórico" do processo baseado em análise de um só estágio do mesmo. Se tivéssemos, por hipótese, somente os dados colimétricos de Barra Bonita e não dos pontos situados à montante, não nos seria possível saber se se tratava de um fenômeno de poluição local e recente ou se, pelo contrário (como é o caso), o resultado de um longo

processo de autodepuração, a partir de cargas muito mais concentradas, lançadas à montante. Outros elementos, tais como nitrogênio ou fósforo, sendo extremamente "móveis" nas cadeias biológicas, não nos forneceriam a informação histórica com a mesma precisão dos cloretos. (10); (9)

3.7 - Nutrientes e Plancton

Em geral são tidas como "perigosas" do ponto de vista da capacidade de produção de algas em concentrações nocivas, as concentrações de 0,3 mg/l de nitrogênio e 0,01 mg/l de fósforo. Esse critério merece, entretanto, algumas considerações.

Em primeiro lugar, trata-se de um conceito relativo. O desenvolvimento de algas em um lago é necessariamente o resultado de uma grande variedade de fatores físicos, químicos e biológicos interagindo continuamente, num complexo dinâmico que constitui o chamado ecossistema. Assim como não se pode pretender calcular as tendências ao crescimento da população de homens em uma cidade ou de um grupo de animais em qualquer ambiente em função, exclusivamente, da disponibilidade de alimentos; também seria absurdo tentar previsão semelhante, para qualquer espécie, baseada em um único elemento de toda uma complexa estrutura ecológica. Principalmente no caso de seres fotossintéticos, em que a nutrição não é proporcional simplesmente pelas reservas disponíveis de alimento no meio, mas esse alimento deve ser sintetizado pelo próprio organismo à custa de energia física de intensidade e qualidade extremamente variável no meio em questão. Os chamados "nutrientes", no caso, constituem apenas um dos elementos indispensáveis des

se complexo. (10); (12); (17)

As concentrações de nitrogênio e fósforo constituem apenas um potencial e a sua utilização pelas algas depende de um grande número de outros fatores, tais como luz, temperatura e outros elementos químicos. Além disso, há fatores biológicos, como predação, concorrência, etc., que são determinantes de população de organismos fitoplanctônicos. Baixas concentrações de nitrogênio e fósforo podem ser encontradas em água que contém elevadas populações de algas, como resultado do próprio consumo destas e tendências de armazenamento em suas células de elementos cuja disponibilidade é variável e esse fato, por exemplo, complica extraordinariamente a interpretação dos dados analíticos. (10)

Por outro lado, os valores acima citados são considerados como limites em águas de regiões de clima temperado. Ora, nessas regiões, o consumo de nutrientes não é contínuo ao longo de todo o ano, em face das extremas variações de temperatura e luminosidade. Pode-se supor, "a priori", que em climas tropicais o consumo de nutrientes seja muito mais uniforme ao longo do tempo, e, portanto, maior em termos absolutos, enquanto que em países temperados estes sejam de alguma forma acumulados durante os períodos de inverno em que não há crescimento populacional e o consumo é reduzido. Dessa forma, pode-se admitir que num lago, considerado no seu conjunto como um organismo assimilador de nutrientes, em uma região de clima permanentemente quente e iluminado, tenha capacidade de metabolizar muito maiores quantidades de nutrientes do que os lagos de climas frios, originando assim populações de "pico" muito menos numerosas e freqüentes, isto é, as populações nos

climas quentes devem estar mais distribuídas durante o ano. Essas considerações serão tanto mais relevantes no que tange ao estabelecimento de critérios de uso de solo, tendo em vista as cargas máximas de nutrientes que devem ter acesso ao reservatório.

4.0 - FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DAS ÁGUAS

Entre as características da água em estado líquido, destaca-se a sua enorme capacidade de desagregar e dissolver elementos e compostos químicos, orgânicos ou minerais, sólidos, líquidos e gasosos. Dessa circunstância decorre o fato, muito importante, de ser a qualidade da água dos rios, lagos e represas, um reflexo das características físicas e químicas do solo da bacia correspondente e, portanto, das atividades naturais e humanas que nesse solo são desenvolvidas. Resumindo, a qualidade das águas é resultante do uso do solo na bacia de drenagem correspondente. Como consequência, a preservação dessa qualidade somente é possível através do disciplinamento do uso dos solos. (1)

A intenção ou atitude de proteção de um recurso hídrico implica, necessariamente, no estabelecimento prévio de um padrão de qualidade a ser conservado. Essa afirmação decorre da presunção de que dificilmente se pretenderia obter ou manter em um rio ou lago, água em estado de pureza química absoluta, mas sim em estado de pureza relativa, compatível de um lado com a elevada capacidade, acima aludida, que possui esse líquido de manter em solução e em suspensão uma enorme variedade de substâncias e, de outro lado, com a finalidade

ou uso que se prevê para o corpo d'água a ser protegido. É o uso da água, pois, que define os padrões a ser estabelecido ou conservado.

Nota-se que o uso da água não é aqui entendido apenas como utilidade prática imediata e mensurável mas inclui também a simples preservação de espécies aquáticas que, independentemente do valor nutritivo ou comercial destas, pode constituir um objetivo a ser atingido, mesmo que dependente, às vezes, de elevados investimentos.

Diferentes espécies e vegetais apresentam diferentes exigências quanto a composição do meio em que vivem, em função de suas exigências básicas relativas à nutrição, reprodução e proteção e as respectivas aptidões ou capacidades que possuem de dispor dos elementos que os circundam. Assim sendo, para que uma determinada espécie aquática sobreviva e prolifere em determinado rio ou lago, é necessário que esse corpo d'água não apenas contenha elementos que lhe sejam essenciais, mas que estes elementos estejam disponíveis de uma forma precisamente adequada e compatível com as aptidões e habilidades de que dispõe o ser em questão para utilizá-los. Assim, por exemplo, todos os seres vivos, aquáticos ou terrestres, necessitam de nitrogênio em sua nutrição: alguns são capazes de consumi-lo na forma molecular, tal como ele se encontra no ar atmosférico ou dissolvido na água, outros, porém, necessitam-no na forma de sais minerais (nitratos) pois não possuem aptidões bioquímicas para utilizá-lo na forma molecular, outros, finalmente, exigem-no em forma orgânica, de moléculas de elevada complexidade, não podendo pois sobreviver em um ambiente que contenha apenas nitrogênio em formas mais sim

ples, ainda que em grande abundância. (10); (2)

Não basta, por outro lado, que o meio ofereça ao ser vivo os elementos que lhe são indispensáveis e na forma adequada ao consumo. É necessário, também, que o meio não contenha elementos nocivos ou inibidores de suas funções básicas. Referem-se especialmente à presença de substâncias tóxicas, de predadores e de agentes físicos nocivos à vida, por exemplo, o calor em quantidade excessiva. A ação desses elementos pode, também, ser seletiva. Assim é que, substâncias altamente tóxicas a determinadas espécies podem ser inócuas e até benéficas a outras espécies. Tal é o caso, por exemplo, de um grande número de compostos orgânicos como os fenóis ou os cianetos os quais, letais para algumas espécies são, entretanto, normalmente consumidos como alimentos por outras. Com relação a temperatura há, também, uma grande variação de tolerância e de preferências apresentadas por diferentes seres vivos.

Considerações especiais merecem ser feitas, ainda, com respeito à presença de substâncias orgânicas ou inorgânicas que, sem serem diretamente nocivas, podem, por via indireta, gerar condições que impossibilitam a vida de determinadas espécies. Substâncias altamente redutoras, como são alguns compostos ferrosos, podem consumir grandes quantidades de oxigênio do meio, reduzindo a concentração deste a níveis incompatíveis com a vida aeróbia. Quanto aos compostos orgânicos em geral, a sua ação redutora se exerce por via bioquímica ou enzimática, isto é, servindo de alimento a microrganismos tais como bactérias ou fungos: a sua presença em grandes concentrações causam uma extraordinária proliferação e super-população do meio por estes últimos os quais, consumindo grandes quantidades de oxigênio

em sua respiração, provocam, também, a desoxigenação do ambiente. Trata-se pois, de um fenômeno de desequilíbrio ecológico o qual recebe a denominação específica de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO.

Em geral, não existe uma grande incompatibilidade entre a preservação de uma flora e fauna equilibradas no ambiente aquático e outros usos da água. É claro que o aumento de nutrientes minerais ou orgânicos no meio aquático leva a uma maior proliferação de seres vivos, mas somente quando essa eutrofização do ambiente aquático chega a ser intensa a ponto de provocar desequilíbrios ecológicos é que a super-população de microrganismos pode tornar-se nociva ao uso da água, por exemplo, para fins potáveis. Mas esta situação de excessiva eutrofização não é, também, desejável do ponto de vista de proteção dos ecossistemas, pois, em geral, provoca a sua ruína. (3); (11); (12)

4.1 - Erosão do Solo

De toda a água pluvial precipitada sobre a área da bacia de drenagem de um corpo d'água, há uma parcela que pode assumir proporções consideráveis, que se escoam por sobre a superfície atingindo diretamente os rios e lagos. Esta parcela, denominada água de escoamento superficial, pode ser maior ou menor dependendo, principalmente, da natureza do solo e de sua cobertura vegetal. Em geral, as águas de escoamento superficial transportam consigo em forma de solução e de suspensão, grandes quantidades de elementos que, desta forma, atingem os corpos d'água, contribuindo para a sua composição.

As gotas de chuva, ao atingirem diretamente o solo, causam um impacto mecânico desagregando e projetando partículas, as quais passam a ser, em seguida, transportadas pelas águas de escoamento superficial para as regiões mais baixas, isto é, para o fundo dos vales, o que causa o assoreamento ou entulhamento do leito de rios e, principalmente, lagos. Esse fenômeno é o principal responsável pelo fato muito conhecido, de serem todos os lagos formações transitórias. Isso é tanto mais verdadeiro para os lagos artificiais ou represas que, constituindo uma interferência no regime e condições naturais do rio e da bacia hidrográfica, provocam alterações na sua estabilidade. Além disso, as represas são, normalmente, construídas em zonas de utilização, isto é, zonas mais ou menos povoadas, e onde, portanto, o homem desenvolve uma série de atividades agrícolas, industriais, etc., que alteram as condições do solo, principalmente com relação à sua cobertura vegetal.

A presença de uma cobertura vegetal constitui fator de proteção ou de fixação do solo, por várias razões. Em primeiro lugar, porque, as próprias folhas e ramos das plantas agem como elementos amortecedores do citado impacto mecânico das gotas de chuva sobre o solo. Além disso, o sistema radicular, constituído de uma infinidade de filamentos muito finos aderentes e envolventes dos grãos de solo (com a finalidade de fixação e de absorção de elementos nutritivos) age à maneira de uma imensa rede unindo e fixando fortemente as partículas de solo. Finalmente, a sombra produzida pelas árvores e arbustos, associada a uma grande quantidade de detritos em decomposição provenientes de folhas e ramos que continuamente caem ao solo, dá origem a um ambiente, principalmente úmido e

fresco, e a um processo contínuo de formação de matérias coloidais que "cimentam" as finas partículas do solo, entre si, formando grumos de maiores dimensões que, pela sua massa, resistem muito mais ao transporte pelas águas, além de aumentarem a porosidade do solo, facilitando a infiltração e, portanto, reduzindo a parcela de escoamento superficial.

Por conseguinte, a eliminação da cobertura vegetal expondo o solo diretamente à ação das radiações solares e ao choque mecânico das gotas de chuva, constitui a principal causa da aceleração do processo de erosão e transporte de materiais para os corpos d'água. As conseqüências disso, em relação à qualidade dos rios e lagos, são: o assoreamento e o transporte de compostos químicos ocasionando, de um lado, o empobrecimento da camada superficial, mais fértil, do solo e, de outro, a fertilização ou eutrofização das águas que, como já foi visto, constitui causa de desequilíbrio no ecossistema aquático. (13); (14); (15)

4.2 - Lançamento de Resíduos de Origem Doméstica

As atividades normais, no ambiente doméstico, levam à produção de uma série de resíduos sólidos - o lixo - e líquidos - os esgotos - que, via de regra, são lançados aos ambientes circunvizinhos. Os esgotos, canalizados e transportados para as regiões mais baixas, ou vales, são introduzidos nos rios e lagos, causando diversas alterações de caráter ecológico e sanitário.

Os esgotos domiciliares são constituídos basicamente de águas contendo matérias orgânicas e sais minerais em so

lução e em suspensão. Constituem eles o veículo de resíduos de lavagem de utensílios, cozinha e instalações sanitárias. Por conseguinte, além de impurezas de toda ordem, contém, os esgotos, matéria fecal a qual, em caso de ser originada de pessoas doentes, contém microrganismos patogênicos. Pressupondo-se a existência, em cada comunidade humana, de uma certa percentagem de pessoas doentes portadoras de germes patogênicos, conclui-se que, nos esgotos de origem doméstica existe sempre, uma certa concentração de bactérias, vírus e parasitas intestinais, os quais causam a contaminação do ambiente.

Além dos problemas de contaminação por bactérias e outros organismos patogênicos, os esgotos de origem domiciliar podem causar, também, problemas ecológicos aos corpos d'água por eles poluído. O principal destes problemas é o da demanda bioquímica de oxigênio ou DBO. Como os esgotos possuem uma elevada concentração de matéria orgânica, esta, ao diluir-se no corpo receptor, vai servir de alimento a uma infinidade de microrganismos decompositores existentes na água. Tais microrganismos vão multiplicar-se muito rapidamente à custa dessa matéria orgânica e, em pouco tempo, formarão uma população muito grande, respirando aerobicamente e, portanto, consumindo oxigênio da água. Esse consumo excessivo pode levar até a extinção do oxigênio dissolvido e será tanto maior quanto maior for a "carga de DBO" introduzida, isto é, a quantidade de matéria orgânica bio-degradável, ou seja, matéria orgânica susceptível de degradação por microrganismos decompositores. Por essa razão, rios e lagos que recebem elevadas cargas de esgotos tornam-se anaeróbios, com ausência de peixes e outros animais que respiram o oxigênio dissolvido e com produção de maus

odores devido aos gases como mercaptanas e gás sulfídrico que constituem sub-produtos da decomposição anaeróbia ácida. (10)

Outro problema ecológico geralmente provocado pelo despejo de esgotos sanitários é o de eutrofização. Em geral, as populações de microrganismos autótrofos fotossintetizantes - as algas - mantêm-se equilibradas, nos ambientes aquáticos, pelo fato de serem, as águas, em geral, pobres em alguns nutrientes minerais como nitrogênio e fósforo. A elevação da concentração destes determina aumento de proliferação de algas as quais, se não forem consumidas por uma seqüência biológica ou cadeia alimentar, poderá causar problemas de superpopulação, morrendo em massa, decompondo-se e provocando demanda bioquímica de oxigênio. Os compostos orgânicos existentes nos esgotos são relativamente ricos em nitrogênio e fósforo e, ao sofrerem decomposição na água, liberam esses elementos na forma de amônia e sais facilmente assimiláveis pelas algas. O problema é ainda agravado pelo fato de os processos convencionais de tratamento de esgotos não removerem estes elementos, mas apenas transformam as suas moléculas de orgânicos em inorgânicos. Por conseguinte, mesmo no caso de cidades que dispõem de sistemas de tratamento de seus esgotos, os efluentes destes ainda representam um risco ecológico se forem lançados diretamente aos corpos d'água. (2)

4.3 - Outros Fatores que Afetam a Qualidade da Água

Várias outras atividades desenvolvidas nas bacias de drenagem e nos próprios corpos d'água podem afetar a qualidade. Atividades rurais, por exemplo, originam vários tipos de problemas. Produtos tóxicos utilizados na lavoura e na pe-

cuária, por exemplo, constituem causas de desequilíbrios ecológicos no próprio solo e também nas águas, uma vez que para elas podem ser transportados pelas chuvas. Inseticidas, herbicidas, fungicidas, podem não só causar a destruição de muitas espécies aquáticas, como, ainda, tornar a água imprópria para o consumo. Caso particular é o de certos inseticidas orgânicos sintéticos que não sendo de natureza bio-degradável e, portanto, não sofrendo decomposição biológica, permanecem em solução ou são absorvidos por microrganismos que os armazenam nas células. Outros organismos aquáticos que se alimentam dos primeiros, acumulam, no seu interior, os mesmos tóxicos, em concentrações cada vez maiores. Dessa forma, verifica-se uma potencialização da ação tóxica ao longo das cadeias alimentares, causando a destruição ou acidentes graves nos organismos superiores, tais como peixes ou mesmo aves ou os próprios seres humanos que deles se alimentam.

Por outro lado, os fertilizantes aplicados ao solo (em geral à base de nitrogênio e fósforo) tornam-se fertilizantes das águas ao serem transportados pelas chuvas, provocando o fenômeno da eutrofização.

Algumas atividades humanas desenvolvidas na própria água, podem, também, ser causa de distúrbios ecológicos e sanitários. Os esportes náuticos e a própria atividade balnearia, quando praticados muito intensamente, podem levar a alterações de qualidade devidas ao lançamento de óleo, produtos de combustão de motores, resíduos alimentares e matéria fecal proveniente das embarcações. (2)

5.0 - USO RECREACIONAL DAS REPRESAS

A vocação de uma represa para uso recreacional, está intimamente ligada às condições de lazer que a cidade ou cidades, situadas nas circunvizinhanças do local de implantação da represa, podem oferecer aos seus habitantes. Também deve ser levado em consideração a existência de vias de acesso que dão às margens da represa e, ainda, o transporte regularmente oferecido à população, como fatores decisivos e condicionantes às práticas recreacionais nas represas.

Aliada a essas condicionantes, tem relevante importância a péssima qualidade de vida que as grandes cidades brasileiras, de um modo geral, proporcionam às populações que nelas vivem e trabalham. Haja vista a má qualidade do ar devido a emissão de poluentes através das chaminés das fábricas e dos veículos automotores que expõem o monóxido de carbono como consequência da queima de combustível e, ainda, a deterioração do meio ambiente proveniente do lançamento inadequado de resíduos sólidos e líquidos no solo e/ou nos corpos d'água. E, por último, destaca-se a inexistência de locais apropriados ao lazer devido, não só ao crescimento urbano rápido e, conseqüentemente, desordenado na maioria dessas cidades, mas também, aos recursos limitados que a Administração Pública dispõe. Estes na maioria das vezes, não são suficientes para implantação de outras obras consideradas de maior prioridade como, por exemplo, as de controle de enchentes, sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, galerias de águas pluviais, coleta e disposição final do lixo, pavimentação de vias, etc., sem as quais seria inútil manter parques

recreativos como oferta de lazer se não se dispõe de um sistema de infra-estrutura tão necessário na prevenção de doenças. (9)

À luz dessas considerações e da capacidade natural que as represas, de um modo geral, têm de proporcionar o lazer, torna-se inútil qualquer tentativa no sentido de proibir o uso de atividades recreativas na bacia de drenagem e até mesmo na própria represa. Porém, alguns usos recreacionais não deverão ser recomendados em vista das condições específicas de algumas represas. Assim, a presença de troncos submersos constitui risco à prática do esporte sobre "esqui". Com relação a natação, esta estará na dependência da não existência de cercárias de *Schistosoma Mansoni* e dos caramujos, seus transmissores. Além disso, se for possível, deverá ser praticada apenas em locais que ofereçam segurança, e estes deverão ser limitados por sistemas de bóias. Em tais locais, seria aconselhável a instalação de infra-estrutura, como: cabines de banho, praia, restaurante, depósito para lixo, instalações sanitárias, etc. Essas áreas poderiam ser cercadas, incluindo bosques com locais apropriados à instalações de churrasqueiras, mesas, etc., sendo o acesso permitido mediante pagamento de ingresso. Locais para prática de "camping" poderiam ser também delimitados e providos de necessária infra-estrutura. Tais delimitações facilitarão a vigilância, a disposição adequada dos detritos e a arrecadação de ingressos, permitindo o auto-financiamento de serviços e manutenção.

No que toca a vigilância quanto ao uso recreacional da água e das margens, poderá ser feita com facilidade, desde que exista uma lancha circulando constantemente pela represa, pelo menos nos dias de grande afluência. (9)

Por fim, essa gama de fatores analisados constituem a metodologia do trabalho ora proposto. Devendo-se, portanto, enfatizar que os conceitos aqui emitidos foram calcados em relatórios internos da CETESB, sobre os corpos d'água referendados anteriormente, e, sobre trabalhos e experiências de vários autores em corpos d'água diversos, como bem demonstra a relação bibliográfica consultada. Conhecidos os principais fenômenos que ocorrem no interior de uma represa e os provocados pelas atividades humanas na bacia de drenagem, foi possível propor o elenco de medidas apresentadas no capítulo seguinte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GARCEZ, L.N. - Aspectos Sôcio-econômicos e de Desenvolvimento Regional. Palestra proferida no Seminário sobre "Efeitos de Grandes Represas no Meio Ambiente e no Desenvolvimento Regional". Revista DAE, Nº 116, 1978.
2. BRANCO, S.M. e ROCHA, A.A. - Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas. CETESB, Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1977.
3. HESPANHOL, I. - Influência do Represamento na Qualidade das Águas. Palestra proferida no Seminário sobre "Efeitos de Grandes Represas no Meio Ambiente e no Desenvolvimento Regional". Revista DAE, Nº 116, 1978.
4. DAJOZ, R. - Ecologia Geral. Editora Vozes Ltda., Editora da Universidade de São Paulo, 1973.
5. FERRI, M.G. - Ecologia e Poluição. Edição Melhoramentos, São Paulo, 1979.
6. BRANCO, S.M. - Ecologia para o 2º Grau. Edições CETESB, 1978.
7. POMPEU, C.T. - Legislação Ambiental Aplicável às Grandes Represas. Palestra proferida no Seminário sobre "Efeitos de Grandes Represas no Meio Ambiente e no Desenvolvimento Regional". Revista DAE, Nº 116, 1978.
8. ARAÚJO, A.B. - O Meio Ambiente no Brasil - Aspectos Econômicos. 44 - IPEA - Coleção Relatórios de Pesquisa, 1979.

9. Relatórios Internos da CETESB - Datilografados.
10. BRANCO, S.M. - Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária. CETESB, 2ª edição, 1978.
11. OSWALD, W.J. e GOTAAS, H.B. - Discussion Photosynthesis in the Algal, Ind. Eng. Chem, 1958.
12. KAWAI, H. - Eutrofização dos Cursos de Água. Capítulo 10, de Poluição das Águas, CETESB, 1974.
13. HESS, M.L. - Chuva: Agente de Poluição das Águas. Revista DAE, Nº 42.
14. GIAMPA, C.L.; LIGUORI, M.C. e ROCHA, A.A. - Qualidade da Água no Rio Tietê, São Paulo. Um Programa de Amostragem. Revista DAE, Nº 116, 1978.
15. BARD, A.J. - Chemical Equilibrium. Harper e How Publishers, 1966.
16. METCALF - EDDY - Tratamiento e Depuration de las Aguas Residenciales. Editorial Labor S.A., 1977.
17. BRANCO, S.M. - Poluição. A Morte de Nossos Rios. Edição Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1972.

APRESENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO

CAPÍTULO V

APRESENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO

1.0 - ESTRATÉGIA DE PROTEÇÃO DE REPRESAS

Em geral, toda a estratégia de proteção de uma represa consiste no estabelecimento da vocação da área de drenagem, os impactos potencialmente compreendidos nessa vocação e a capacidade específica da represa em assimilar os elementos causadores desses impactos. Os impactos previstos que excederem a essa capacidade de assimilação deverão ser qualitativa ou quantitativamente anulados. Tratando-se de represa de pequeno porte, destinada ao abastecimento de água potável e situada dentro de uma área metropolitana que não dispõe de muitas alternativas de lazer, a vocação não pode ser entendida como a que deriva da natureza e qualidade do solo, mas sim a "nova vocação" inspirada pela própria presença da represa e pelo desenvolvimento urbano metropolitano.

O mais difícil num planejamento é avaliar tendências. Principalmente em termos quantitativos. A análise da situação existente, através de levantamento de ocupação do solo e da qualidade da água, através do exame de alguns elementos tomados como "indicadores" de impactos constitui problema dos mais simples, embora fundamental, como ponto de partida a qual quer especulação sobre as tendências e limites às alterações qualitativas do solo e da água. (1)

O ponto de partida, nessas condições, será sempre a

fixação da qualidade mínima da água, em função de sua utilização mais nobre. No presente estudo, o uso estabelecido "a priori" é o abastecimento de água potável e a qualidade mínima é estabelecida por lei, quando a classifica como "classe 2". Fixado o uso principal e mais nobre e estabelecido o padrão de qualidade a ser mantido, é necessário avaliar-se a capacidade própria da represa em assimilar poluentes e anular os seus efeitos nocivos.

A capacidade diluidora e autodepuradora da represa deverá ser estudada em função de: cargas orgânicas, cargas de entero-bactérias e cargas de nutrientes. Os parâmetros indicadores dessas cargas serão, respectivamente, DBO e DQO; Bactérias Coliformes; Nitrogênio e Fósforo. (2) Quanto a metais pesados e compostos orgânicos não bio-degradáveis, será considerado apenas o fator de diluição e a carga máxima admissível será aquela que, diluída por este fator, origina uma concentração máxima permitida pelos padrões de potabilidade vigentes (considerando-se também, eventualmente, a capacidade de retenção específica do sistema de tratamento de água em utilização).

Estimadas as cargas máximas a serem admitidas, passar-se-á a estimar as cargas que serão recebidas pelo lago em função da ocupação do solo na bacia. Adotar-se-á cargas de DBO, coliformes e nutrientes, consideradas as alternativas de disposição e tratamento. Adotar-se-ão cargas por área, correspondentes aos usos agrícolas, pastoris e outros. Far-se-ão estimativas para as cargas derivadas do uso direto da água e de áreas de lazer, em atividades esportivas e recreacionais. Dessa forma, poder-se-á obter uma grosseira estimativa da densi-

dade populacional a ser admitida na bacia, disposta em faixas concêntricas em torno do manancial (de modo a fornecer um gradiente centrífugo de concentração), bem como das atividades permissíveis e a necessidade de impor limitações e barreiras de segurança sanitária. Em função das concentrações populacionais admitidas em cada faixa, procurar-se-á estabelecer os respectivos tamanhos mínimos das propriedades, adotando-se um número médio de habitantes por lote de terreno. Em todos esses cálculos deverá ser levado em conta o fato de que, quando se tratar predominantemente de uma população flutuante, que ocupará as residências cerca de 1/3 do tempo ou menos (considerando-se que nem todos os proprietários os utilizarão em todos os fins de semana do ano) com uma ocupação mais permanente em épocas de férias. O emprego de sistemas de lenta veiculação dos detritos (infiltração no solo, após remoção de sólidos sedimentáveis) exercerá um efeito amortecedor desses impactos ocasionais mais acentuados. Finalmente, deverá ser bem estudado o efeito atenuante exercido pela conservação de uma faixa de segurança sanitária ao longo de todo o perímetro da represa. (2); (3)

1.1 - Caracterização da Bacia Hidrográfica

A água contida em um rio, lago ou represa é, geralmente, o produto da drenagem de uma área de extensão variável, que é a sua bacia hidrográfica. Portanto, a qualidade da água está diretamente ligada às características física e química do solo da bacia correspondente, bem como das atividades naturais e humanas que nesse solo são desenvolvidas.

Quando se pretende elaborar um plano que permita a efetiva proteção de um recurso hídrico, implica, necessariamente

te, no conhecimento prévio das características de sua bacia hidrográfica. Para isto, deve-se coletar informações básicas no campo da hidrologia, do meio físico, da sócio-economia e da política administrativa. É importante, também, consultar as populações atingidas pelo empreendimento, e as autoridades interessadas. (4)

Fontes de Informações Disponíveis:

a) Hidrologia

Os dados hidrológicos coletados ao longo do tempo, fornecem a quantidade de água disponível numa região; porém, estes resultados tornam-se mais consistentes quanto mais longo for o período de observação. Às vezes, estes resultados apresentam algumas falhas na sua série histórica, que podem ser corrigidos através de uma correlação com dados de postos fluviométricos próximos ou com dados de precipitação.

A seguir, serão relacionadas as entidades que dispõem de grande volume de dados hidrológicos:

- . Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE)
- . Instituto Nacional de Meteorologia
- . Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS)
- . Empresa Brasileira de Portos (PORTOBRÁS)
- . Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo (Ministério da Aeronáutica)
- . Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS)
- . Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM).

b) Meio Físico

Todas as informações referente ao meio físico, ou seja, a configuração do terreno e a estrutura e composição da crosta terrestre, podem ser encontradas através de mapas topográficos, geológicos e pedológicos. Além destes elementos, deve-se efetuar, também, levantamentos topográficos e aerofotogramétricos, explorações geológicas e levantamentos pedológicos, bem como a efetivação de inspeções locais na região em estudo. Nas áreas escolhidas para irrigações, deverão ser feitos levantamentos, incluindo análises de solos, para determinar sua potencialidade para produção agrícola e a velocidade de infiltração da água nos mesmos. (5)

A prioridade com que se recorre a estas informações estão ligadas, por um lado, ao porte da obra que se pretende construir, pois obras de grande porte, carecem de maior tratamento técnico-científico na elaboração dos estudos relativos à fase de projetos e implantação de suas estruturas, bem como aos relativos às medidas de proteção que devem ser adotadas a fim de minimizar o impacto ecológico causado ao meio ambiente. Por outro lado, a qualidade da água que se quer manter, também requer um conhecimento mais acurado das características do meio físico, uma vez que, esta depende da composição do solo que é formada a bacia de drenagem.

Assim sendo, lista-se, aqui, as entidades que dispõem de maior volume de informações sobre o meio físico:

- . Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
- . Serviço Geográfico do Exército

- . Diretoria de Hidrografia e Navegação (Ministério da Marinha)
- . Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)
- . Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRÁS)
- . Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
- . Superintendências de Desenvolvimento Regional (SU DENE, SUDAM, SUDESUL, SUDECO)
- . Projeto RADAMBRASIL
- . Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
- . Entidades Estaduais de Preservação do Meio Ambiente.

c) Sôcio-economia

As informações obtidas, no campo da sôcio-economia, fornecem elementos que permitem, não sô a justificativa de im^{plantação} da obra, mas também a escolha da melhor alternativa a ser adotada e os custos para desenvolvimento de recursos hí^{dr}icos. Dentre a grande gama de informações que se pode obter, destacam-se: estatísticas populacionais e agrícolas; desenvolvimento industrial existente e potencial; custo da terra e possível valorização; facilidade e custo dos transportes; fonte e valor da energia; necessidade e potencial de recreação; recursos ictiológicos e de vida selvagem; danos por poluição; riscos para a navegação; danos devido a erosão; danos por inun^{dações}; disponibilidade e custos de materiais de construção e salários. (5); (6)

As entidades que dispõem desses elementos, estão re^{lacionados} abaixo:

- . Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)IBGE)
- . Superintendências de Desenvolvimento Regional (SUDENE, SUDAM, SUDESUL, SUDECO)
- . Banco do Brasil e outros.

d) Política e Administração

Em razão do uso das águas represadas, como, em geral, de todos os recursos hídricos, a legislação brasileira permite que diferentes órgãos públicos exerçam controle efetivo sobre a qualidade e quantidade das águas. Como, por exemplo, o Ministério do Interior atua em assuntos relacionados com o abastecimento público de água, irrigação, controle de enchentes, erosão, poluição e preservação do meio ambiente; o Ministério dos Transportes e o Ministério da Marinha têm autoridade sobre assuntos relativos à navegação; o Ministério das Minas e Energia controla as concessões para aproveitamentos hidroelétricos, etc.

Convém lembrar, quando do planejamento de um recurso hídrico, a necessidade de se obter todas as informações junto a essas entidades envolvidas com os usos previstos para a água. E, se possível, propor a celebração de convênios para a efetivação dos planos, objetivando finalidades de usos.

Por outro lado, é muito importante, também, consultar as opiniões das coletividades que serão beneficiadas ou afetadas pelo aproveitamento das águas.

A obediência a esses múltiplos e complexos caminhos, a serem seguidos na elaboração de um planejamento para utilização de recursos hídricos, é que se obtém um plano econômico, e

acima de tudo, não conflitante com os interesses de outras en ti da des. Após a coleta e análise de todas as informações bási cas da região e/ou bacia hidrográfica, inicia-se a confecção de mapas onde serão caracterizados os limites da área de estu do, topografia, rede hidrográfica, áreas de desenvolvimento agrícola, geologia e solo, economia e outros. (6)

No tocante ao meio ambiente, o conhecimento de to dos esses elementos constituem-se em ferramenta de grande va lia para a formulação de medidas de proteção, caso contrário, o conjunto de medidas adotadas para proteger um recurso hídri co, ficaria reduzido a apenas um conjunto de intenções, pois não obedecem a informações reais da região em estudo.

1.2 - Caracterização do Reservatório

Diz-se que um reservatório de água está perfeitamen te caracterizado quando se conhece os dados morfométricos e hidrológicos, a sua localização em con rd en adas geográficas e a altitude com relação ao nível do mar (em metros), onde este último parâmetro e a temperatura indicam a taxa de oxigênio de saturação da massa de água ali existente. A importância em se conhecer estes elementos, repousa num melhor entendimento das condições sanitárias e ecológicas do reservatório e, tam bém, na interpretação dos resultados obtidos através de análi ses e exames laboratoriais que são os indicadores da qualidade da água.

1.2.1 - Dados Morfométricos e Hidrológicos

Os dados morfométricos sintetizam as característi cas do reservatório, enquanto que os hidrológicos permitem que

se determine o balanço hídrico do mesmo.

São eles, os seguintes:

- . área do espelho de água, em ha;
- . perímetro molhado, em km;
- . área da bacia de contribuição direta, em ha;
- . área da bacia hidrográfica (total), em ha;
- . profundidade média e máxima, em m;
- . precipitação média anual na bacia, em mm;
- . evaporação média anual, em mm.

Conhecidos todos os elementos relacionados acima, determina-se:

- . a entrada anual de água no reservatório (a soma dos tributários, águas pluviais, chuva direta e água subterrânea);
- . o tempo de residência hidráulica (volume do corpo de água/volume anual de entrada);
- . a taxa de renovação de água (o inverso do tempo de residência hidráulica);
- . a saída anual de água no reservatório (a soma da evaporação, descarga e retirada de água para abastecimento público ou outros usos).

A Tabela V-1, a seguir, apresenta um resumo do balanço hídrico de um reservatório.

TABELA V-1

BALANÇO DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO

Entradas ($m^3 \times \text{ano}^{-1}$)

Tributários

Águas pluviais

Chuva direta

Água subterrânea

Saídas ($m^3 \times \text{ano}^{-1}$)

Descarga

Retirada

Evaporação

1.2.2 - Parâmetros Físicos, Químicos e Biológicos

Os parâmetros a serem pesquisados são os mesmos adotados para a avaliação do IQA (ver item 2 do Capítulo IV), acrescentando-se apenas, aos parâmetros biológicos, determinações de fitoplâncton e macro-invertebrado bentônico, por se constituírem indicadores de grande importância ecológica e sanitária para a classificação da qualidade da água represada. Como, por exemplo, águas que apresentam um elevado número de espécies com um número relativamente pequeno de indivíduos, por espécie, indica que o corpo de água está em boas condições sanitárias e ecológicas.

A preocupação maior, entretanto, reside na estimativa da carga de nutrientes que aflui a represa, principalmente com relação as concentrações de nitrogênio e fósforo que, via de regra, são os responsáveis pela eutrofização das massas de água; talvez pelo fato de outros nutrientes estarem normalmen

te presentes nas águas naturais em concentrações suficientes às necessidades estequiométricas das algas e, por serem exigidas em quantidades menores do que o nitrogênio e o fósforo. As algas, através da reação de fotossíntese, assimilam nitrogênio e fósforo (segundo a Tabela V-3) numa relação de 16 N: 1 P, em termos de peso atômico, ou 7,2: 1, em termos de massa. Portanto, qualquer desses nutrientes que não satisfizer a necessidade estequiométrica das algas funcionará como fator limitante. O fósforo, pela maior facilidade de controle sobre as cargas afluentes, geralmente é o fator limitante. A disponibilidade de nitrogênio inorgânico e ortofosfato solúvel no corpo de água, deverá ser determinada em termos de massa, ao invés da relação atômica, devido a facilidade de uso direto das concentrações calculadas. (7)

Os nutrientes que chegam a uma represa são provenientes das seguintes fontes:

- . tributários;
- . águas pluviais;
- . chuva direta;
- . água subterrânea.

Para o cálculo da carga proveniente dos tributários, faz-se necessário medir a concentração mensal de ortofosfato e a vazão de cada tributário.

Quanto as demais fontes, a Tabela V-2, a seguir, apresenta as concentrações que deverão ser adotadas no cálculo das cargas.

TABELA V-2

QUANTIDADES ESTIMADAS DE N e P CONFORME
VÁRIAS FONTES DE CONTRIBUIÇÃO

FONTES	NITROGÊNIO TOTAL	FÓSFORO TOTAL
Precipitações pluviométricas (mg/l).....	0,41 a 1,91	0,081 a 0,090
Água subterrânea (mg/l).....	-	0,3
Áreas de florestas (kg/ha x ano).....	1,3 a 0,5	0,18 a 0,86
Áreas agrícolas (kg/ha x ano).....	6 a 40	2 a 11
Áreas urbanas (kg/ha x ano).	8,8	1,1
Esgotos (mg/l).....	15 a 35	2 a 12

FONTE: (8).

Com base nos dados da Tabela V-2, chega-se à carga de fósforo que é encaminhada à represa e, a partir daí, calcula-se a carga de fósforo (l) por metro quadrado na represa.

Exemplificando, a CETESB adotou os seguintes valores para o cálculo da carga de fósforo que é encaminhada à represa de Guarapiranga, localizada ao sul da Região Metropolitana de São Paulo (9):

- . tributários - com base na concentração mensal de ortofosfato (0,26 mg/l) e nas medições de vazão;

- . águas pluviais - 0,037 mg/l para uma área contribuinte de 89,4 km²;
- . chuva que cai diretamente sobre a represa - 0,019 mg/l;
- . águas subterrâneas - 0,020 mg/l.

A quantidade de nutrientes que chega a uma represa e o seu estado trófico define o conceito de carga nutriente. Alguns modelos foram desenvolvidos para definir o estado trófico de uma represa, através do cálculo da carga permissível e excessiva de fósforo.

A primeira tentativa para se determinar a carga crítica de fósforo, foi proposta por Vollenweider. No modelo inicial apresentado por ele, o único parâmetro de referência foi a profundidade média da represa (10):

$$L_c = (25 \text{ a } 50) \times Z^{0,6} \quad (\text{eq. 1})$$

onde:

$$L_c = \text{carga crítica de fósforo, em mg.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$$

$$Z = \text{profundidade média, em m.}$$

Posteriormente, o próprio Vollenweider, observou que dois corpos de água com a mesma profundidade média, poderiam apresentar tempos de residência hidráulica diferentes. Por isso, foi proposto um modelo melhorado onde se introduziu, além da profundidade média, os coeficientes de renovação de água e de sedimentação, resultando no seguinte (11):

$$P = \frac{L_c}{Z(S + f)} \quad (\text{eq. 2})$$

onde:

P = concentração de fósforo, em mg/m^3 ;

S = coeficiente de sedimentação, em ano^{-1} ;

f = coeficiente de renovação de água, em ano^{-1} ;

L_c e Z = definidos anteriormente.

Na prática, a determinação de "S" é bastante difícil, por isso procurou-se substituí-lo pelo coeficiente de retenção, ou seja, a quantidade total de fósforo que entra e que é retida na represa. (12)

Dillon e Riglel, desenvolveram a seguinte expressão, para o cálculo do coeficiente de retenção (R):

$$R = \frac{S}{f + S}, \quad \text{onde} \quad S = \frac{R \cdot f}{1 - R}$$

Para o cálculo de R, tem-se:

$$R = 1 - \frac{\text{carga de saída}}{\text{carga de entrada}}$$

Logo, a equação 2 pode ser descrita como:

$$P = \frac{L_c(1 - R)}{Z \cdot f}$$

Outro modelo para o cálculo da concentração média anual de fósforo (P), num sistema em regime, foi proposto por Larsen e Mercier, em função de duas variáveis, a concentração média anual de entrada de fósforo (P') e a capacidade do lago em assimilar o fósforo. (13)

$$P = P' (1 - R_p)$$

onde,

P = definido anteriormente;

P' = concentração média de entrada de fósforo, em mg/m^3

R_p = coeficiente de redução de fósforo.

Conceitualmente este coeficiente de retenção é similar àquele proposto por Vollenweider e Dillon.

Como se observa, tem-se conseguido algum progresso na estimativa dos níveis críticos de carga de fósforo, embora os modelos apresentados careçam de pesquisa adicional para minimizar a incerteza no cálculo do estado trófico de uma represa. Recentemente, Chapra propôs um critério a fim de se quantificar a incerteza desses modelos, utilizando informações probabilísticas através da seguinte equação (14):

$$P = \frac{P'}{1 + \sqrt{r}}$$

onde,

P = concentração prevista de fósforo na represa, em mg/m^3 ;

r = tempo de residência da água;

P' = concentração de fósforo medida na entrada da represa, em mg/m^3 .

Concluindo, as cargas críticas (permissível e excessiva) de fósforo calculadas através do modelo melhorado de Vollenweider e do modelo proposto por Larsen e Mercier são bastan

te semelhantes. Segundo estes pesquisadores, quando o tempo de residência de fósforo em relação ao de água, o qual define a taxa (r') entre a concentração média de fósforo na represa (P_1) e a concentração média de entrada de fósforo (P_2) é menor que a taxa (r) calculada em função do tempo de residência hidráulica, isto é, (11); (13):

$$r' = \frac{P_1}{P_2} < \frac{1}{1 + \sqrt{r}}$$

indica que a carga de fósforo foi sobrestimada, o que induz a um aumento no coeficiente de retenção de fósforo e, conseqüentemente, nas cargas críticas. Ainda assim, os modelos apresentados permitem, em termos de probabilidade, dizer se uma represa tem chance de ser oligotrófica, mesotrófica ou eutrófica.

1.3 - Capacidade de Diluição e Autodepuração

Inúmeras fórmulas existem para o cálculo da depressão e da oxigenação de rios, assim como para a redução das concentrações bacterianas ao longo de um certo trajeto, levando em consideração as características hidráulicas do sistema. Todas elas baseiam-se nas relações estabelecidas por STREETER-PHELPS, as quais estabelecem coeficientes de difusão de poluentes e de oxigenação, em função do grau de agitação física e outros fatores. A esses fatores, foram acrescentados outros, posteriormente, principalmente por CAMP, que reconheceu a importância da fotossíntese como fator adicional de introdução de oxigênio, a sedimentação de poluentes insolúveis como fator de "remoção" de cargas orgânicas (remoção de DBO) e a redissolução de alguns desses elementos orgânicos, como fator

adicional de DBO (a chamada "demanda bentônica de oxigênio"), sobretudo, em cursos d'água de pequena velocidade e, portanto, com mais importância ainda em represas. (15); (16)

É conveniente lembrar que, dificuldades maiores oferecem-se à estimativa desses valores em águas represadas. Os fatores "velocidade" e "turbulência", em um lago, não sendo uniformes e não derivando simplesmente da ação da gravidade (declividade do leito) mas sim de ação tangencial do vento, cuja direção e intensidade são descontínuas, e sendo ainda deformados pela irregularidade da topografia do fundo e das margens, isso sem falar, ainda, em outras variações devidas às operações da própria barragem, constituem, pois, elementos de difícil, se não impossível determinação, mesmo em termos médios. Dessa forma, se o conhecimento da composição química das suas águas, baseada em poucos pontos de amostragem, já representa em si uma grande dificuldade, a dinâmica da mistura, seja de poluentes seja de oxigênio atmosférico, é praticamente impossível de ser conhecido com razoável precisão. Deve-se, por isso, considerar a represa, em relação aos problemas de autodepuração, como uma "caixa preta", com um volume de água conhecido, com um tempo de detenção calculável (em função de vazões e capacidade) e, portanto, com uma capacidade de diluição facilmente determinável, porém, com uma dinâmica totalmente desconhecida. Alguns coeficientes de autodepuração poderão ser grosseiramente "atribuídos", em função do tempo de detenção, temperatura, presença de sedimentos orgânicos e concentração de algas presentes. Realmente, na maioria dos casos, dificilmente haverá interesse em conhecer a qualidade da água resultante em um determinado ponto intermediário, ao lon

go do sentido de deslocamento das águas. O que interessa realmente é o "produto final" da caixa preta. (17); (18)

Dentro desses conceitos acima emitidos, sobre o cálculo da capacidade assimiladora de uma represa baseada apenas em tempo de detenção, é possível sugerir alguns valores a serem adotados para os coeficientes de reaeração através da superfície (K_2), oxigenação por fotossíntese (α) e da demanda de oxigênio provocada por sub-produtos solúveis da decomposição de sedimentos no fundo (demanda bentônica-p).

a) Parâmetro K_2

A penetração de oxigênio atmosférico através da superfície de um lago, a partir da atmosfera é função, naturalmente, da superfície da interface, déficit de oxigenação no meio líquido e tempo de contato, desde que se considere como de segunda ordem o efeito da turbulência. Por conseguinte, é lícito empregar para uma certa represa um coeficiente obtido em estudo mais detalhado noutra represa que tenha tempo de detenção da mesma ordem de grandeza, idêntico déficit de saturação e uma comparável relação entre volume e superfície de contacto com o ar atmosférico. Um dos poucos lagos do país em que esse coeficiente foi objeto de detidas medições foi a represa Billings, em São Paulo, para a qual foi obtido um valor $K_2 = 0,04/\text{dia}$. Essa represa apresenta um tempo de detenção (com descarga constante de $60 \text{ m}^3/\text{s}$) da ordem de 240 dias. (9)

b) Parâmetro α

A produção fotossintética de oxigênio é função naturalmente do número de algas presentes, exposição à luz e tem-

peratura média. Esse coeficiente tem sido objeto de constantes medições em vários reservatórios brasileiros, tais como a represa de Americana (de São Paulo), o Lago Paranoá (Brasília), a lagoa de estabilização de São José dos Campos e a própria represa Billings, em São Paulo. Por uma comparação entre o número de algas médio presente na represa em estudo e o existente nessas várias outras, acredita-se poder adotar um valor representativo, como valor médio, para a maior parte do tempo. Para a Billings e a represa de Mairiporã os valores encontrados foram 0,23 e 0,12, respectivamente.

c) Parâmetro P

É possível calcular um valor bem próximo do real, numa represa qualquer, desde que se tenha dados sobre a estratificação do oxigênio. Através do perfil de temperatura e de oxigênio verifica-se, entretanto, um forte declínio de ambos os valores a partir de uma certa profundidade (no sentido superfície-fundo). Admitindo-se, porém, que o volume formado abaixo dessa altura pré-determinada permanece isolado durante todo o período de estratificação e, assim sendo, calcula-se o déficit médio de saturação de oxigênio existente nesse volume. Com isso têm-se condições de estimar a quantidade de oxigênio que é consumida, por unidade de tempo, pelas atividades de decomposição do lodo do fundo. Esse valor corresponderá, necessariamente, à demanda de oxigênio.

Assim,

$$b = \frac{(S_o - OD) \times V}{t}$$

b = oxigênio consumido pelo logo bentônico no tempo t (em mg)

S_o = valor médio de saturação de oxigênio, em função de temperatura e altitude (em lg/l)

OD = valor médio de oxigênio dissolvido encontrado durante o tempo t (em mg/l)

V = volume de água abaixo da altura (em litros)

t = tempo entre dois períodos de mistura total (em dias).

O conhecimento destes coeficientes (K_2 , α e P) e da concentração de saturação de oxigênio dissolvido na água (sendo esta última, função da altitude do local e da temperatura), permitem que se conheça a quantidade de oxigênio dissolvido na massa de água e, a partir daí, calcula-se a carga de DBO total que o corpo de água poderá estabilizar. Entretanto, esta carga, se lançada no interior da represa, consumirá todo o oxigênio dissolvido da água.

A necessidade de se manter uma quantidade de oxigênio dissolvido na massa de água, cujo valor é fixado em função do enquadramento do corpo de água nas classes 1, 2, 3 ou 4, surgiu o que se denominou carga permissível de DBO. Esta, é calculada pela quantidade de oxigênio dissolvido na água, menos a quantidade requerida para atender ao enquadramento fixado. Resumindo, a carga permissível de DBO que poderá ser lançada a uma represa, sem prejuízo da qualidade da água para consumo humano e outros usos, é aquela que consumirá apenas a quantidade de oxigênio referente ao déficit permitido pelo en

quadramento do corpo de água.

Outro parâmetro, não menos importante do que a DBO, é a carga de coliformes que poderá ser lançada no seio da massa líquida, pois define a densidade populacional da bacia hidrográfica.

A densidade populacional admissível, na bacia hidrográfica de uma represa, é função da qualidade da água que se quer preservar, ou seja, do uso pré-estabelecido para a água. Quando o uso é o abastecimento público, exige-se, por lei, que a qualidade da água "in natura" obedeça, pelo menos, aos padrões fixados na classe 2.

Por seu turno, a classe 2 admite um número de coliformes igual a 10 mil por 100 mililitros. Isto permite que se calcule o número total permitido em uma represa se se conhece o volume de água nela armazenado e o tempo de detenção. Como a afluência dessas bactérias no interior da represa é freqüente, haverá uma acumulação desses microrganismos que poderá ser calculado pela seguinte equação:

$$x = \frac{N}{K} (1 - e^{-Kt}) \quad (\text{eq. 1})$$

onde,

x = número de coliformes acumulado na represa;

N = número de coliformes lançado, no tempo t;

K = coeficiente de destruição de bactérias;

t = tempo de permanência, em dias.

Entretanto, o que interessa conhecer para efeito de cálculo da população é o número de coliformes que é lançado (N) na represa, logo:

$$N = \frac{x K}{1 - e^{-Kt}} \quad (\text{eq. } 2)$$

Como \underline{x} é o número de coliforme a ser mantido na represa (que é função da classe a que esta pertence), tem-se:

$$x = (\text{número máximo de coli/m}^3) \times (\text{volume da represa}) \times (\text{tempo de detenção}).$$

Para o valor de \underline{K} , este varia em torno de 0,15 a 0,20. Na represa do Rio das Pedras foi encontrado 0,17. (9)

Calculado o valor de \underline{N} , tem-se a população admissível na bacia, uma vez que cada pessoa lança, em média, 200 bilhões de coliformes diariamente.

1.4 - Limpeza Prêvia de Terrenos

Limpeza prêvia de terrenos a serem inundados (bacia de acumulação) é uma das mais importantes medidas a serem tomadas antes do fechamento de um reservatório. Tal procedimento, permite manter os padrões pré-estabelecidos para a qualidade da água, uma vez que os efeitos benéficos proporcionados pelo represamento é aparente, ou seja, verifica-se apenas a curto prazo. A longo prazo, entretanto, poderá haver uma restituição de nutrientes, metais pesados, sais inorgânicos da camada bentônica para o meio líquido, através de solubilização, quando as concentrações no fundo atingirem valores elevados. (19); (2)

As figuras V-1 e V-2 mostram claramente a redução lenta de cor e microrganismos em reservatórios de várias características construídas em solos pantanosos, com ou sem limpe-

za da bacia de acumulação. Observa-se, ainda, na mesma figura, que em reservatórios profundos sem nenhuma limpeza prévia, as concentrações de cor e microrganismos, após 30 anos, continuam assumindo valores muito elevados. (20)

Estudos realizados experimentalmente, em laboratório, pelos pesquisadores "Samuel Murgel Branco e Aristides Almeida Rocha", indicaram que a taxa de consumo de oxigênio dissolvido durante o primeiro mês após a inundação do reservatório é de 120 kg por tonelada de relva e de 60 kg por tonelada de árvores e arbustos. Observaram, também, que após essa demanda inicial, haverá outra durante anos devido à celulose presente nos galhos e troncos, que foi estimada em torno de 60 kg de oxigênio dissolvido por tonelada. Por outro lado, existe ainda um tipo de demanda de oxigênio na massa líquida que não é proveniente do material carbonáceo (ver Figura V-3), segundo observaram os pesquisadores. Esta é originada a partir da oxidação biológica da amônia formada através de compostos quaternários, a qual será oxidada a nitritos pela atividade das nitrobactérias. Entretanto, esse tipo de demanda só tem início quando a concentração de matéria orgânica já é bastante reduzida para permitir a atividade das nitrobactérias, que são quimiotróficas e cuja atividade é inibida pela presença de matéria orgânica. (2)

Os vegetais, de uma maneira geral - mata, relva e plantas cultivadas - apresentam, em média, uma proporção de 90% de água na sua composição. Se se eliminar essa água, tem-se para cada tonelada de vegetação, cerca de 100 kg de matéria seca, constituída de matéria orgânica e sais minerais. A Tabela V-3 apresenta, aproximadamente, a composição dos ele

mentos que constituem toda essa matéria seca.

A presença de toda essa matéria orgânica e sais minerais, como conseqüência do afogamento da vegetação existente na bacia, pode gerar problemas de cor e proliferação excessiva de microrganismos nos reservatórios. Entretanto, é conveniente lembrar que a simples queima da vegetação não se constitui num método eficiente de limpeza de reservatório. Apesar de eliminar a matéria orgânica, resta, ainda, as cinzas remanescentes que contêm nitrogênio e fósforo suficientes para provocar taxas elevadas de crescimento do fitoplancton a ponto de acelerar o processo de eutrofização ou enriquecimento da água.

De todos os elementos contidos na Tabela V-3, os mais importantes como fertilizantes são o nitrogênio e o fósforo. O primeiro, pode manter uma alta produtividade primária sem que haja um afluxo contínuo desse nutriente. Apenas a própria reciclagem de nutrientes pode ser suficiente para manter concentrações elevadas de algas por muitos anos. Por outro lado, o afluxo de nitrogênio à represa é impossível de ser evitado e pode ser obtido através de outras fontes que não sejam provenientes da decomposição da vegetação afogada, haja vista a capacidade que as algas possuem de retirá-lo do ar atmosférico. Quanto ao fósforo, é possível manter um controle sanitário sobre as possíveis fontes externas que são: lançamento de esgotos de origem doméstica e/ou industrial, áreas fertilizantes, ou seja, locais onde existiam depósitos de lixo, currais, pocilgas, aviários, etc. Assim sendo, o fósforo passa a ser considerado o fator limitante ou fator de mínimo, embora, do ponto de vista de nutriente mineral, não se constitui o único elemento a ser considerado. Há, também, o nitrogênio, o potássio e vários outros

que são exigidos pelos vegetais, no seu metabolismo.

Cabe observar, entretanto, que a escolha do fósforo como fator limitante, deve-se, apenas, a possibilidade de controle sanitário das fontes, o que não ocorre com relação ao nitrogênio. (21); (22)

Os principais parâmetros levados em consideração, na escolha do local ideal para a implantação dos reservatórios de acumulação, geralmente estão relacionados com custo do empreendimento, situação geográfica do local, movimento de terra e baixo custo das áreas de desapropriação. Deixando, portanto, para um segundo plano os parâmetros que estão relacionados com a qualidade da água que se quer manter.

Entretanto, é possível conciliar os vários objetivos com determinadas medidas a serem tomadas durante a fase de implantação, além de cuidados específicos de operação e manutenção após o enchimento do reservatório.

Como medidas prévias de importância para a manutenção da qualidade da água que se pretende armazenar, tem-se:

- . Remoção de toda a vegetação da área a ser inundada com aproveitamento da madeira de lei existente no local, bem como o restante da vegetação que se presta para lenha e outros afins. Com isso evita-se a queima na área da bacia de acumulação e o conseqüente problema da eutrofização.
- . Remoção da camada do solo fértil em áreas adubadas. Às vezes esta prática se torna onerosa devido a extensão da área que, conseqüentemente, gera grandes volumes de terra ainda que a remoção seja de

uma camada de poucos centímetros de espessura. Então, deve-se proceder à lavagem dessas áreas com água levemente acidulada para eliminar o máximo possível de nutrientes.

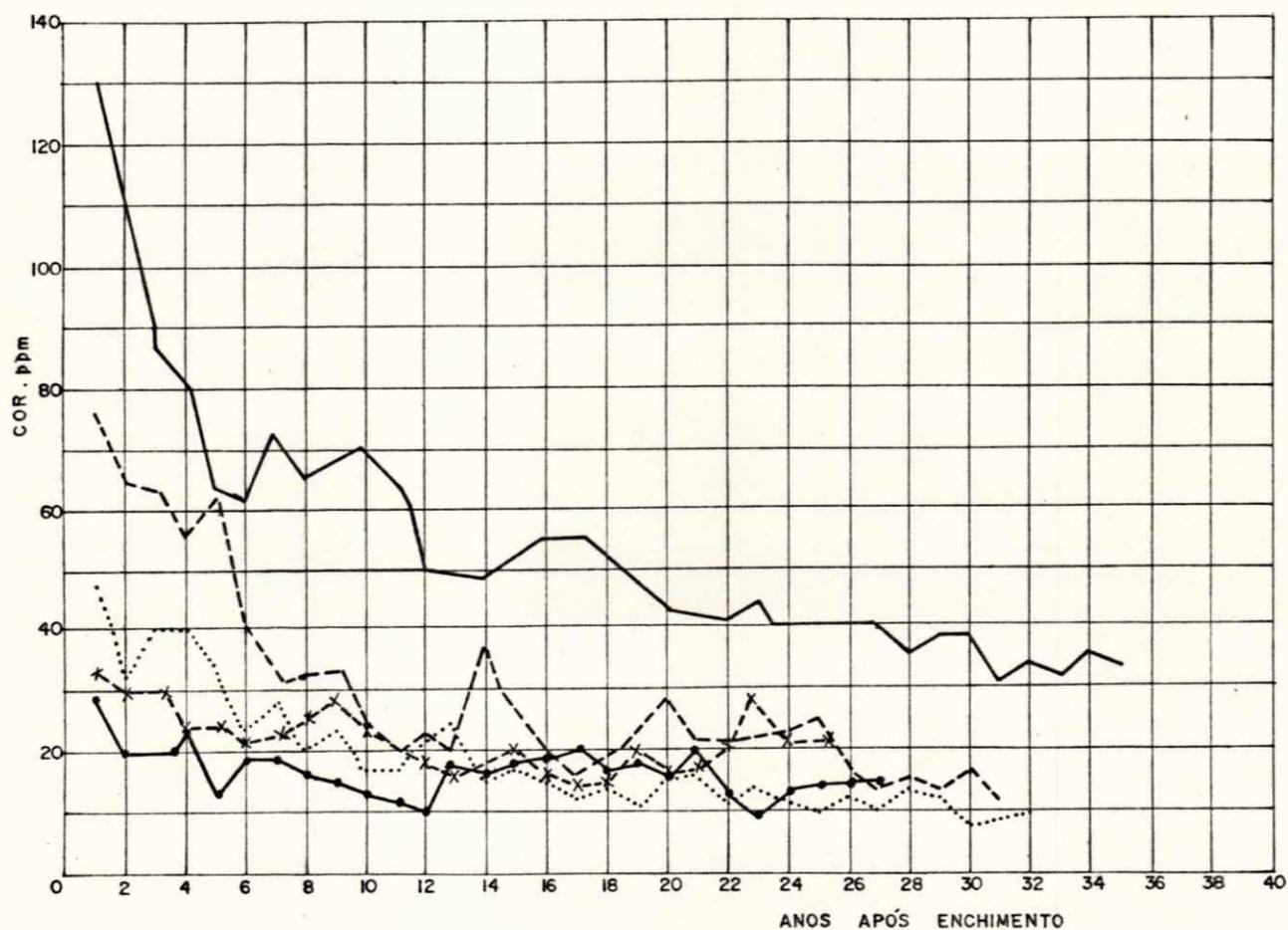
- . Remoção de rochas alteradas que possam ser facilmente solubilizadas, alterando a qualidade das águas.
- . Drenagem da parte líquida das fossas e poços absorventes existentes na área inundável e cobertura do lodo do fundo com uma camada de cal e posterior fechamento com argila compactada. A cal, devido ao seu efeito germicida prolongado, exterminará os ovos de helmintos existentes no lodo.

Como medidas de operação e manutenção dos padrões pré-estabelecidos para a qualidade da água, têm-se:

- . Limpeza do fundo do reservatório através de descargas periódicas que se faz por meio de válvulas instaladas na barragem. Estas deverão ser efetuadas nos períodos de chuvas, para que se evite variações muito grandes no nível de água do reservatório.
- . Manutenção de uma profundidade mínima de um metro ao longo das margens para que não se desenvolva vegetação emergente que, morrendo, contribui para acelerar o processo de eutrofização e para o aumento de matéria orgânica.
- . Remoção de algas por processos físicos (redes ou peneiras) por processos químicos quando houver tendência à eutrofização.

- . Circulação vertical induzida para eliminar a estra
tificação. (2); (19)

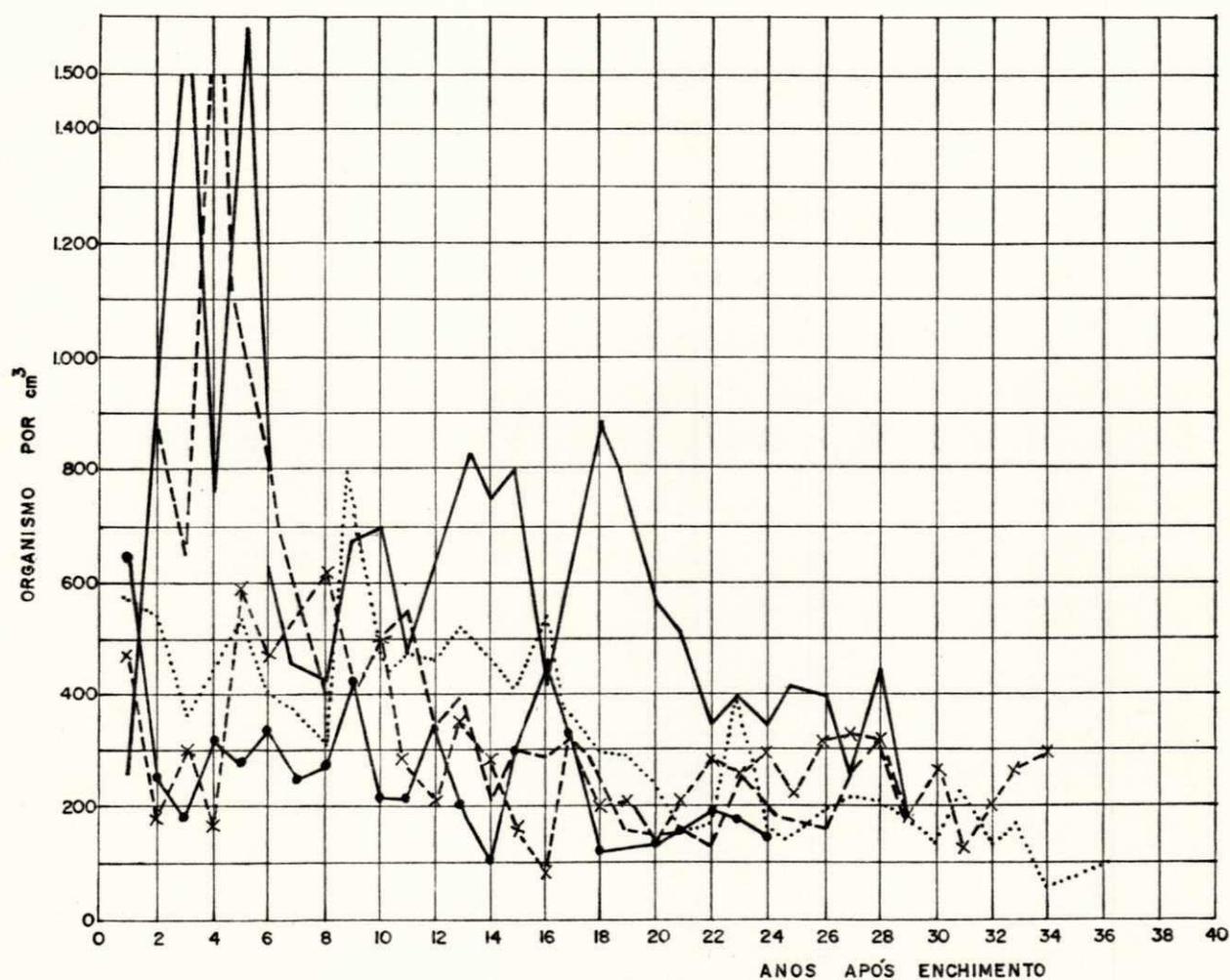
FIGURA V - 1: REDUÇÃO DE COR EM RESERVATÓRIOS



LEGENDA :

- RESERVATÓRIOS GRANDES E PROFUNDOS - SEM LIMPEZA, SOBRE PANTANOS
- RESERVATÓRIOS RASOS - SEM LIMPEZA, SOBRE PANTANOS
- RESERVATÓRIOS GRANDES E PROFUNDOS - SEM LIMPEZA, POUCOS PANTANOS
- - x - - RESERVATÓRIOS GRANDES E PROFUNDOS - COM LIMPEZA
- PEQUENOS RESERVATÓRIOS - COM LIMPEZA

FIGURA V-2: REDUÇÃO DE ORGANISMO MICROSCÓPICOS
EM RESERVATÓRIOS



LEGENDA:

- RESERVATÓRIOS GRANDES E PROFUNDOS - SEM LIMPEZA, SOBRE PÂNTANOS
- RESERVATÓRIOS RASOS - SEM LIMPEZA, SOBRE PÂNTANOS
- RESERVATÓRIOS GRANDES E PROFUNDOS - SEM LIMPEZA, POUCOS PÂNTANOS
- - x - - RESERVATÓRIOS GRANDES E PROFUNDOS - COM LIMPEZA
- PEQUENOS RESERVATÓRIOS - COM LIMPEZA

FIGURA V - 3: CURVA OBTIDA DO ANDAMENTO DIÁRIO DO CONSUMO DE OXIGÊNIO PELA VEGETAÇÃO EM DECOMPOSIÇÃO NA ÁGUA (A) E SUA COMPARAÇÃO COM UMA CURVA NORMAL DE DBO DE ESGOTOS A 20°C (B)

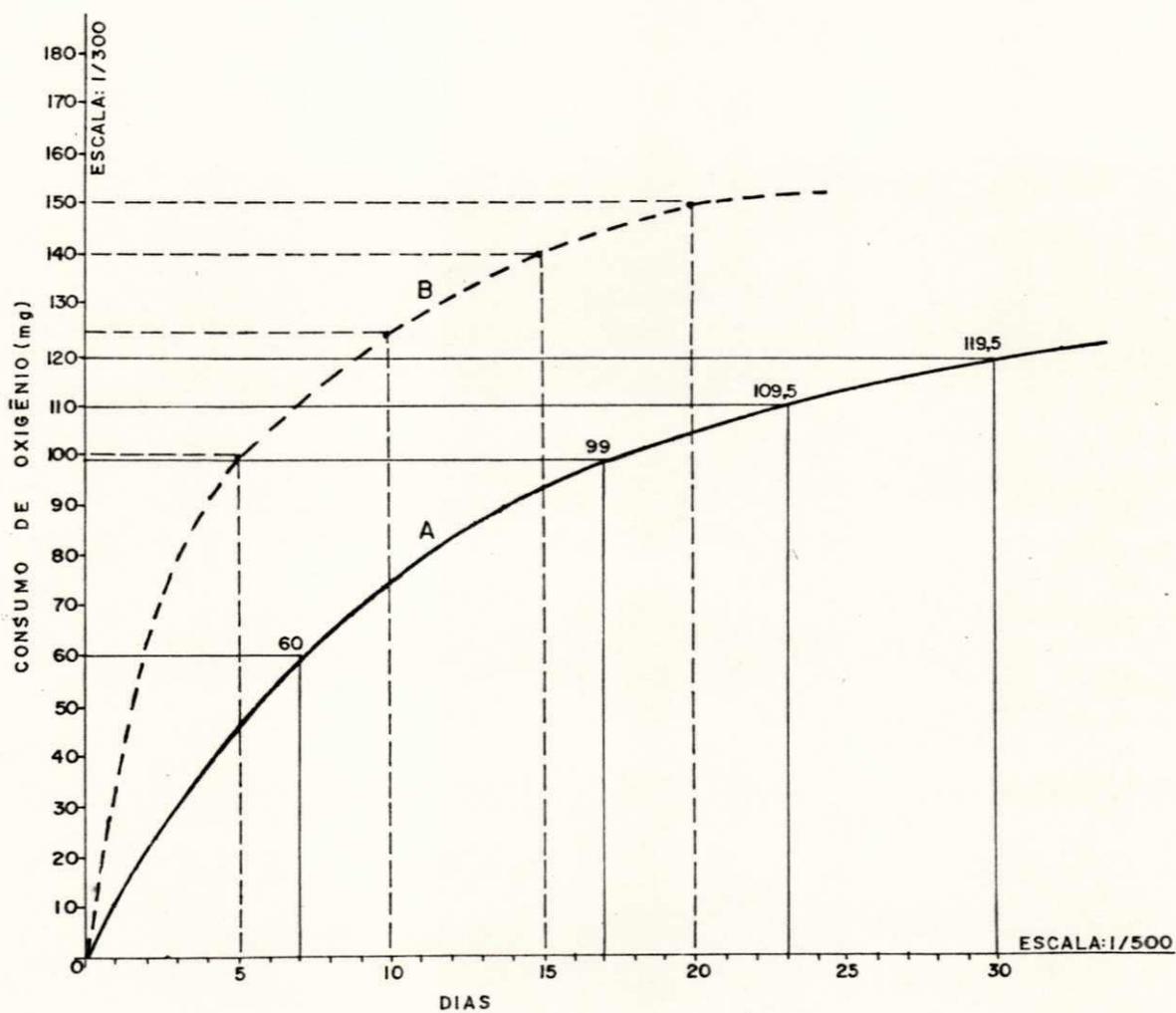


TABELA V-3

COMPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS QUE CONSTITUEM
A MATÉRIA SECA DA VEGETAÇÃO

Elementos	g/100 kg de matéria seca ou g/t de vege- tação
Carbono	43.569
Oxigênio	44.431
Hidrogênio	6.244
Nitrogênio	1.459
Enxofre	167
Fósforo	203
Cálcio	227
Potássio	921
Magnésio	179
Ferro	83
Manganês	35
Silício	1.172
Alumínio	107
Cloro	143
Outros elementos	933

FONTE: (2).

1.5 - Faixa de Segurança Sanitária

Entende-se por faixa de segurança sanitária, àquela que circunda toda a margem da represa e que ao longo de sua extensão, apresenta as mesmas características do ambiente terrestre natural, promovendo, portanto, uma solução de continuidade entre a zona de atividades humanas e a própria água.

O emprego de faixas de proteção nas represas, traz grandes benefícios devido a sua capacidade de amortecimento dos impactos sanitários causados aos corpos de águas pelas cargas poluidoras provenientes de fontes externas. Essas fontes podem ser resultante de atividades naturais e/ou humanas desenvolvidas na bacia de drenagem, como por exemplo, as águas de escoamento superficial (enxurradas), as águas servidas originadas de poços absorventes ou de áreas de infiltração de tanques sépticas, etc. Com relação as águas de enxurradas, a eficiência da faixa deve-se ao fato de grande parte da água que se escoar ser retida pela vegetação e infiltrada no solo. É evidente que a maior ou menor quantidade de água infiltrada, depende da permeabilidade do terreno e de sua declividade. Nos terrenos com fortes declividades, a vegetação assume outra responsabilidade, além da infiltração da água, que é a de evitar o fenômeno da erosão provocada por velocidades elevadas das águas de rolamento. Quanto às águas servidas e infiltradas no solo, deverá haver maior grau de eficiência da faixa de proteção do que com as águas de enxurradas, o que é lógico, pois seria impossível que se evitasse o aumento da turbidez da água nos períodos de fortes chuvas. Ao passo que, nas águas servidas a velocidade de infiltração é muito peque-

na e, portanto, um maior tempo de percurso deverá ocorrer para que a água atravesse a faixa de segurança sanitária. Como o tempo é um fator de grande importância em qualquer processo de depuração, é necessário que a faixa apresente uma largura suficiente para promover a estabilização da matéria orgânica e a eliminação de bactérias e alguns microrganismos patogênicos.

A largura da faixa deverá ser dimensionada em função da distância máxima percorrida pelas substâncias biodegradáveis infiltradas no solo, uma vez que as não biodegradáveis, como certas substâncias químicas, podem ocorrer milhares de metros (ver Tabela V-4) sem alterar a sua integridade química de compostos nocivos ao meio aquático. Esse critério não tornaria inviável, por antieconômico, e nem diminuiria o grau de eficiência da faixa de segurança, desde que se faça um controle efetivo das atividades permitidas que se desenvolve por traz da faixa de segurança.

Alguns autores recomendam para a largura da faixa de proteção uma distância mínima de 30 metros, medidos em projeção horizontal. Será demonstrado, posteriormente, que essa distância é suficiente para promover a autodepuração de efluentes de fossas sépticas e, conseqüentemente, a eliminação de bactérias e alguns vírus enteropatogênicos. Embora os vírus sejam mais resistentes do que as bactérias, quando ambos estão submetidos à condições adversas ao seu meio, a largura adotada (30m) é suficiente para remover esses microrganismos. Pois, além de proporcionar um tempo de percurso suficiente para que haja a morte de grande parte deles, são também susceptíveis à ação adsorvente e à precipitação, donde serão facilmente removidos pela filtração. (3)

No que diz respeito ao tempo, este é função da velocidade de infiltração das águas no solo, e esta por sua vez, depende da permeabilidade do terreno. Os terrenos arenosos, por exemplo, apresentam boa permeabilidade e de acordo com a sua granulometria chegam a velocidade de 0,86 a 86,40 m/dia nas areias grossas; nas finas a velocidade está entre $8,64 \times 10^{-5}$ a 0,86 m/dia; enquanto que as argilas apresentam velocidades da ordem de $8,64 \times 10^{-7}$ a $8,64 \times 10^{-5}$ m/dia. Observa-se, portanto, que a velocidade de infiltração em um terreno argiloso é um milhão de vezes inferior às que ocorrem nas areias. Daí a necessidade de se atingir camadas de solo mais permeáveis para o lançamento das águas servidas, e a própria NB-41, da ABNT, impõe um limite mínimo para o coeficiente de permeabilidade quando se pretende usar, como sistema de tratamento das águas residuárias, a infiltração no solo.

Portanto, o tempo mínimo necessário para que uma partícula de água atravesse uma faixa com 30 metros de largura num terreno de boa permeabilidade (arenoso) seria de: 8 horas para os pedregulhos e 36 dias para as areias finas. É conveniente lembrar que essa é a situação mais desfavorável por ter sido considerado terrenos de alta permeabilidade; por outro lado, os terrenos com fortes declives favorecem o fenômeno da erosão, mas essa desvantagem é compensada com uma distância real maior a ser percorrida pela água infiltrada.

Como se pode observar, não se pretende que a faixa de segurança se constitua numa barreira intransponível aos elementos poluidores, apenas enseje uma maior oportunidade de retenção e, conseqüentemente, de autodepuração às substâncias biodegradáveis que afluem ao reservatório. Por isso, como foi

dito anteriormente, o lançamento de substâncias não biodegradáveis na bacia de drenagem terão controle rígido, através de um zoneamento criterioso, que deverá ser feito em função da carga poluidora que certas atividades produzem, da capacidade de diluição e autodepuração do manancial e dos padrões mínimos de qualidade que deverão ser mantidos na água "in natura". Não obstante, todas essas medidas de controle deve-se, ainda, exigir que as propriedades limítrofes com a faixa de segurança sanitária evitem o lançamento dos efluentes de origem doméstica nos corpos de águas (córregos) ou na superfície do terreno, infiltrando-os no solo adequadamente.

TABELA V-4

DISTÂNCIAS OBSERVADAS DE INFILTRAÇÃO
HORIZONTAL DE POLUENTES QUÍMICOS

Natureza da Fonte de Poluição	Poluentes	Distância de Percurso	Tempo de Percurso
Urina	Corantes	130	-
Esgoto clorado	Fenóis	90	-
Despejo industrial	Ácido piérico	4.750	4 a 6 anos
Despejo industrial	Mn, Fe, du <u>re</u> za	600	-
Líquor do lixo	Vários	600	-
Despejo industrial	Cromato	300	3 anos
Salmoura de campos petrolíferos	Cloretos	400	-
Gasolina	Petróleo	3.200	-
Despejos de herbicidas	Comp. quí <u>mi</u> cos	32.000	6 meses

FONTE: (2).

2.0 - MEDIDAS DE PROTEÇÃO DOS RECURSOS

Partindo do princípio já exposto, de que a qualidade das águas de um rio ou lago é conseqüência das atividades que se desenvolvem na respectiva bacia hidrográfica, entende-se, facilmente, que toda ação visando a proteção dessa qualidade, ou manutenção de um determinado padrão pré-estabelecido, deve partir de um planejamento integrado das atividades que se desenvolvem na bacia.

2.1 - Planejamento Integrado

A finalidade do planejamento, quer territorial, quer de atividades, quer ainda, do desenvolvimento de uma região é, basicamente, o de distribuir áreas, encargos e direitos de tal forma a evitar a interferência ou superposição de áreas e atividades e a garantir, por outro lado, a presença de todas as atividades necessárias a um objetivo comum. A ausência de planejamento gera, pois, no terreno econômico-administrativo, por exemplo, a super-produção de alguns bens de consumo e a falta de outros; a disputa de áreas e territórios; a distribuição irracional de matérias-primas e necessidades básicas, como água, além de vários tipos de interferências mútuas ou múltiplas. No terreno ecológico e sanitário, a falta de planejamento leva, sobretudo, à má distribuição de recursos naturais, à má utilização de matérias-primas em prejuízo dos processos de reciclagem, às interferências provocadas por ruídos e detritos sólidos, líquidos e gasosos.

É evidente que o disciplinamento ideal dessas atividades, visando a sua integração em benefício dos objetivos co-

munitários implica, necessariamente, no cerceamento de algumas liberdades, direito de propriedade, etc. (23)

Uma bacia hidrográfica, com suas características de solo, de recursos hídricos, de flora e fauna, apresenta como que uma personalidade ou temperamento próprio, a qual se traduz em uma "vocaçãõ" em termos de produção ou de utilização geral.

Outro ponto importante é o que diz respeito a própria água. Primeiro, em termos de disponibilidade de recursos hídricos para uso industrial, agrícola, abastecimento de cidades e capacidades de diluição e estabilização de resíduos, o que permitirá dimensionar e localizar essas várias atividades na bacia (sempre levando em conta, entretanto, os outros fatores já mencionados). Além disso, as características e riquezas da fauna aquática existente são, freqüentemente, muito peculiares à bacia e devem ser tomadas como altamente condicionantes das atividades permissíveis na região. (24)

2.2 - Disciplinamento do Uso do Solo

Dentro do planejamento objetivo, que em linhas gerais foi exposto, são estabelecidos setores destinados a cada uso (inclusive reservas destinadas à proteção de flora e fauna). Mas é necessário, além disso, que dispositivos legais estabeleçam como será realizado ou permitido esse uso. Tendo em vista os vários fatores já mencionados, que concorrem para as alterações das características a serem preservadas, serão adotadas medidas preventivas no sentido de tornar mínimos esses efeitos, atenuando o impacto das atividades sobre o ambiente

ou desenvolvendo sistemas de proteção.

Com vistas às medidas preventivas, por exemplo, alguns tipos de indústrias não serão permitidas quando as águas existentes na bacia não tiverem suficiente capacidade de di l u i ç ã o ou quando os sub-produtos tóxicos não puderem ser eliminados de seus afluentes. Em outros casos, dependendo sempre do uso planejado para as águas da bacia, serão obrigatórios o tratamento dos resíduos ou a disposição de maneira adequada e compatível com a preservação do ambiente. O crescimento demográfico na região deve ser, também, objeto de disciplinamento, estabelecendo-se limites ao número de residências por área, em função da capacidade assimiladora dos corpos hídricos. O mesmo será feito com relação ao tamanho das áreas agrícolas e ao tipo de agricultura, dependendo da necessidade de uso de produtos tóxicos, fertilizantes, etc. (25)

Os sistemas de proteção incluem, conforme o caso, a construção de interceptores de esgotos e resíduos líquidos, ao estabelecimento de áreas destinadas à disposição ou tratamento de resíduos sólidos, à obrigação de manutenção de uma faixa de segurança à margem dos rios e lagos, nos quais não serão permitidas quaisquer atividades que possam contribuir à deterioração da qualidade da água a ser mantida, e, finalmente, a obrigatoriedade de reflorestamento nas faixas de segurança e em outras áreas julgadas convenientes.

Condições deverão ser impostas, também, ao uso recreacional quer do solo, quer da própria água, as quais incluem o estabelecimento de áreas, condições e normas sanitárias para o lazer, controle de incêndios florestais, destino

do lixo, número limite de embarcações, clubes, etc.

2.3 - Tamanho dos Lotes - Esgotos Sanitários

Através da fixação de área mínima dos lotes é que será possível limitar a densidade populacional da bacia. Mas o critério de parcelamento deverá levar em conta outros fatores, além das cargas de DBO e coliformes "per capita".

Em primeiro lugar, com relação as próprias cargas per capita é preciso considerar que se a vocação principal da área é a de lazer, a população que habitará as residências será predominantemente flutuante de modo que as cargas médias se reduziriam a menos de um terço das cargas adotadas para residências permanentes. Por outro lado, entretanto, é de se supor que nas épocas de veraneio, a ocupação poderá ter um caráter mais permanente. Talvez, como critério de segurança, seja aconselhável adotar cargas normais de habitações permanentes, em condições de máxima diluição, uma vez que essas cargas permanentes deverão ocorrer preferencialmente no verão.

Em nenhuma hipótese deverão ser permitidas descargas diretas de resíduos brutos ou mesmo efluentes de tanques sépticos. A infiltração desses efluentes no solo antes da faixa de segurança e a utilização dos sais de fósforo e nitrogênio pela vegetação existente nessa faixa reduzirá sensivelmente a carga de DBO, nutrientes e patogênicos sobre a represa.

O tamanho dos lotes, por outro lado, não deverá ser convidativo a atividades agrícolas e pecuárias intensivas, principalmente às margens da represa e dos rios formadores. Pomares serão permitidos, porém, com restrições à aplicação

de inseticidas e herbicidas. Nas propriedades situadas imediatamente após a faixa de segurança, não deve ser permitido o uso de defensivos agrícolas. Também não deverá ser aⁱ permitido a atividade granjeira, plantios de hortaliças, presença de estábulos ou cavalariças. Em áreas situadas a mais de 500 metros da margem da represa ou dos rios formadores, essas atividades, se permitidas, deverão estar sujeitas a limitações e em severa fiscalização.

De um lado, estas considerações levam à conclusão de que é necessário o estabelecimento de um tamanho ideal para cada lote. De outro, impõe uma correlação entre o tamanho do lote e o tipo do sistema de esgotamento sanitário que poderá ser adotado. Essa imposição está relacionada tanto com o que diz respeito à eficiência na disposição final dos resíduos, quanto à economicidade do sistema completo, ou seja, coleta, tratamento e disposição final dos efluentes.

2.3.1 - Sistema Estático

Entende-se por sistema estático, aquele que promove o esgotamento sanitário dos resíduos líquidos de uma comunidade, através de fossas sépticas individuais, instaladas no próprio lote.

A implantação do sistema estático para esgotamento sanitário da bacia de drenagem de uma represa só será viável técnica e economicamente considerando-se o parcelamento em áreas superiores a 2.000 m². E só poderá ser adotado adequadamente em terrenos cujo solo seja de boa permeabilidade, permitindo a disposição final de efluente líquido das fossas. Todos os esgotos sanitários de cada edificação será destinado a

fossas independentes, promovendo-se posteriormente a infiltração dos respectivos efluentes líquidos nas áreas dos próprios lotes.

Nas fossas bem operadas pode-se obter eficiências de até 60% na remoção de DBO, além de reduções significativas em outros parâmetros, como demonstrado na Tabela V-5, a seguir.

TABELA V-5

RENDIMENTOS OBTIDOS EM FOSSAS SÉPTICAS BEM
PROJETADAS E ADEQUADAMENTE MANTIDAS

<u>Parâmetros</u>	<u>Reduções (%)</u>
Sólidos decantáveis	85 a 95
Graxas e gorduras	70 a 90
Sólidos em suspensão	50 a 70
Coliformes	40 a 60
DBO	30 a 60

Funcionamento da fossa séptica:

O funcionamento da fossa séptica, pode ser considerado nas seguintes fases (26):

. Detenção:

"O esgoto é detido na fossa por um período racionalmente estabelecido, que pode variar de 12 a 24 horas, dependendo das contribuições afluentes".

. Decantação:

"Simultaneamente à fase anterior, processa-se uma sedimentação de 50 a 70% dos sólidos em suspensão contidos nos

esgotos, formando-se uma substância semi-líquida denominada lodo. Parte dos sólidos não decantados, formados pelos óleos, graxas, gorduras e outros materiais misturados com gases, são retidos na superfície livre do líquido, no interior da fossa séptica, os quais são comumente denominados de espuma".

. Digestão:

"Ambos, lodo e espuma, são atacados por bactérias anaeróbias, provocando uma destruição total ou parcial de organismos patogênicos".

. Redução de Volume:

"Do fenômeno anterior (digestão) resultam gases, líquidos e acentuada redução de volume dos sólidos retidos e digeridos, que adquirem características estáveis capazes de permitir que o efluente líquido das fossas sépticas possa ser lançado em melhores condições de segurança que as do esgoto".

a) Dimensionamento de Área Mínima

Considerando-se a infiltração dos efluentes das fossas no próprio lote, teoricamente a fixação da área mínima não poderia ser desvinculada da absorção do terreno. Entretanto, no presente estudo, em face da alternativa, valas de filtração não ser uma opção válida para o projeto dos dispositivos de remoção do efluente das fossas desde que admite o lançamento de resíduos líquidos, ainda poluídos e contaminados, nos cursos receptores, a situação assume características diversas e bem definidas. Por exclusão, apenas poderiam ser empregados sumidouros e valas de infiltração. Dentre essas hipóteses, a opção mais desfavorável, ou seja, aquela que requer

maiores áreas é a última. Em vista disso, torna-se possível a fixação, de certo modo até matematicamente, da área mínima para cada lote.

Para isso, basta que sejam observadas as seguintes premissas:

- . Na NB-41, da ABNT, que trata especificamente do assunto, há indicações claras da taxa de absorção mínima estipulada para o emprego das valas de infiltração.

Considerando-se que os diversos lotes serão destinados a habitações individuais e, no caso de chácaras, admitindo-se na pior hipótese a existência de um caseiro e respectiva família, existirão por lote 10 a 12 pessoas.

- . Admitindo-se, também, sempre raciocinando nas piores condições, que o fornecimento de água não seja feito pela Companhia de Saneamento ou Departamento Municipal de Água e Esgoto, o emprego de poços freáticos iria requerer uma área de proteção sanitária, adjacente aos mesmos, a fim de assegurar a potabilidade da água a ser extraída.

Com essas condições, procurou-se obter os parâmetros necessários para fixação da área mínima requerida para a infiltração do efluente:

- Taxa de Absorção Mínima:

Consultando-se o gráfico da Figura 1, da NB-41, observa-se que a taxa de absorção mínima admissível pela norma para o emprego de valas de infiltração é de $25 \text{ l/m}^2 \times \text{dia}$.

- Contribuição por Lote:

Admitindo-se 12 pessoas por lote e considerando-se os dados da Tabela 1, da NB-41, tem-se:

Vazão do efluente da fossa = 12 hab. x 150 l/hab. x x dia = 1.800 l/dia.

Cabe salientar que ainda neste caso existe um coeficiente de segurança, que por se adotar duas famílias por lote, e por ter sido admitido a contribuição de residências e não de casas populares-rurais (ver Tabela 1, da NB-41). Outro fator importante a se considerar, nesta análise, é que o fornecimento de água deverá ser feito por fonte particular. Poder-se-ia considerar ainda que caso o abastecimento seja feito pelo órgão público, uma ponderável parcela da cota "per capita" se destinará a rega de jardins e de gramados de áreas para esportes, além de outros usos característicos de casas de campo.

Entretanto, serão desprezados tais componentes restritivos da contribuição, admitindo-se que a mesma mantenha-se na média de 1.800 l/dia x lote.

b) Proteção Sanitária dos Poços Freáticos

Estudos clássicos sobre os efeitos causados pela poluição química e biológica no sub-solo, foram desenvolvidos por "Caldewall & Parr" e por "Dyer, Baskaran & Sekar", sendo amplamente citados na literatura técnica sobre o assunto.

Em síntese, tais estudos basearam-se em pesquisas desenvolvidas a partir de fossas, onde foram lançados contaminantes e poluentes químicos, além de excrementos humanos. Constatou-se, entretanto, que em três fossas com profundidades su

periores ao nível freático, o movimento dos coliformes foi notavelmente limitado. Mesmo em contato direto com as águas subterrâneas, os avanços máximos observados, por exemplo "E. Colo", foram de 3,0, 10,5 e 3,5 metros. Em todos os casos observou-se também uma regressão subsequente em tais deslocamentos devido à colmatação do solo e ao desenvolvimento de ações bioquímicas, fenômenos que aumentam os efeitos da filtração e a mortalidade biológica, respectivamente.

Os solos onde as pesquisas foram efetuadas eram terras calcáreas arenosas com alguma argila, geralmente mais finas que os leitos de areia utilizados na filtração das águas.

Por outro lado, em fossas que não atingiram o lençol freático, caso típico de 95% das latrinas, as "E. Coli" nunca alcançaram pontos além de 1,5 metro da fossa.

Em fossas nas quais o nível freático encontrava-se de 3,5 a 4,5 metros abaixo do seu fundo, a distância percorrida pelas "E. Coli" não foi superior a 0,30 metro, nos sentidos vertical e lateral em relação às fossas.

Em resumo, as referidas pesquisas conduziram a conclusão de que o lançamento de efluentes sanitários no solo, através de sumidouros ou valas, acarretará no transporte das matérias poluidoras, nos sentidos vertical e horizontal, cuja distância e direção variarão principalmente com a porosidade do solo e localização do lençol freático. Definiram também que nos solos porosos, sem aquíferos, os efeitos desses transportes são praticamente nulos. Porém, nos locais onde o lençol freático apresenta níveis elevados, torna-se necessário considerar o transporte do material poluidor ao longo do mesmo.

Ainda nesses estudos, constam que fezes humanas foram colocadas em uma cova que penetrava no lençol freático. As amostras foram coletadas a distâncias de quatro a seis metros. Observou-se, em tais condições, que a área de maior poluição biológica instalou-se a cinco metros da cova e alcançou dois metros de largura. Observou-se também, que a poluição biológica não foi transportada contra a corrente freática.

Após poucos meses de observação, o solo em torno da cova ficou colmatado e as amostras positivas só passaram a se apresentar a distâncias de dois ou três metros da cova, reduzindo-se pois a área contaminada anteriormente. Vale salientar, entretanto, que a conformação da poluição química foi idêntica a da poluição biológica, porém, áreas muito mais acentuadas foram atingidas pela primeira.

Por fim, sob o aspecto sanitário, o interesse de tais pesquisas concentrou-se nos fatos de que a migração máxima das bactérias é muito reduzida, só ocorrendo na direção do fluxo das águas subterrâneas.

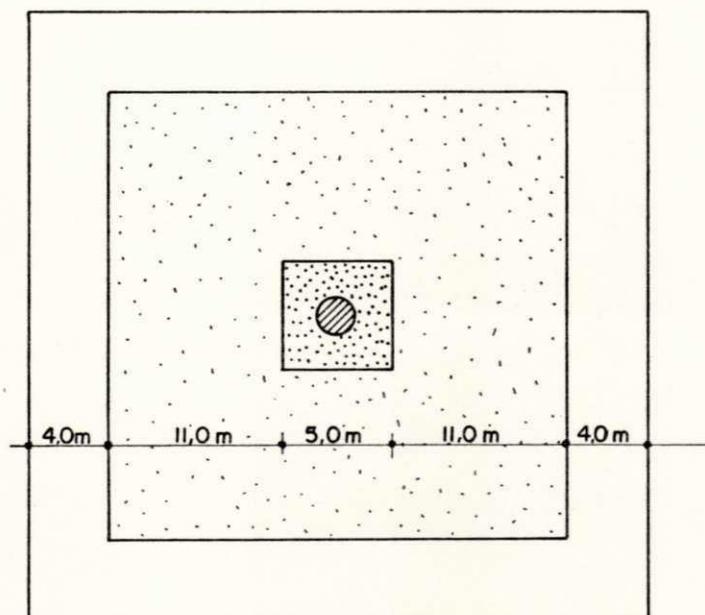
Com base em conclusões desse tipo, fundamentadas nestes e em outros trabalhos técnicos sobre o assunto, são válidas as seguintes ponderações:

- . A localização de poços freáticos destinados ao fornecimento de água potável deve considerar a existência dos seus cones de influência, ou, em outras palavras, de suas zonas de recarga;
- . As regiões atingidas pela poluição química e bacteriológica não deverão ter interferências, no caso superposições, com os cones de influência dos

poços freáticos existentes na região para fins de fornecimento de água para o abastecimento público;

- . Considerando-se que as pesquisas comprovaram que a poluição bacteriana manifesta-se com maior intensidade até cinco metros, a partir de um sumidouro ou de uma vala de infiltração, reduzindo-se de grandeza até onze metros, quando praticamente desaparece, recomenda-se a preservação de uma distância mínima de quinze metros destes focos de poluição até poços freáticos que venham a ser construídos, visando manter uma faixa de segurança de, pelo menos, quatro metros de largura, como mostra a Figura V-4, anexo.

FIGURA V - 4
FAIXA DE SEGURANÇA SANITÁRIA



- SUMIDOURO
- FAIXA DE ALTA CONTAMINAÇÃO
- FAIXA DE BAIXA CONTAMINAÇÃO
- FAIXA DE SEGURANÇA

c) Área Mínima por Lote que Permita as Construções Adequadas de Poço Freático e Vala de Infiltração

Pelo exposto nos itens anteriores, tem-se:

- . Taxa mínima de absorção em terrenos com disposição em valas de infiltração de $25 \text{ l/m}^2 \times \text{dia}$;
- . Vazão do efluente de cada fossa = 1.800 l/dia .

De acordo com as diretrizes da NB-41, tem-se que:

- . Largura mínima das valas de infiltração = $0,50 \text{ m}$;
- . Espaçamento mínimo entre duas valas = $1,00 \text{ m}$;
- . Comprimento máximo de cada vala = $30,00 \text{ m}$;
- . Superfície útil de absorção = apenas o fundo da vala.

Com tais valores e condicionantes, vem:

- . Área mínima requerida para infiltração = $\frac{1.800}{25} = 72 \text{ m}^2$;
- . Comprimento máximo requerido pelas valas = $\frac{72}{0,5} = 144 \text{ m}$;
(na hipótese de se adotar maiores valores para o fundo da vala, este comprimento seria reduzido);
- . Número total de valas = $\frac{144}{30} = 5 \text{ unidades}$.

Facilmente se observa que a alteração de alguns fatores poderia oferecer um resultado mais satisfatório. Por

exemplo, passando-se a largura da vala para 0,80 m, ter-se-ia apenas três valas ainda de 30 m, ou quatro de 22 m.

Obviamente, para certos tipos de terreno, em função de eventuais dimensões irregulares, esta solução poderia revestir-se de interesse especial. Entretanto, objetivando analisar uma situação genérica, a hipótese inicial, por empregar as condicionantes mais desfavoráveis, conduz à situação mais problemática, portanto, àquela cujo exame interessa.

Por fim, considerando-se agora a distância máxima alcançada pela poluição bacteriana, ou seja, 15 m com a proteção adicional e as condições necessárias para que se evite a poluição em lotes vizinhos, tem-se:

- . Largura mínima total = $15 + 5 + 15 = 35$ m
- . Comprimento mínimo total = $15 + 30 + 15 = 60$ m
- . Área mínima necessária = 2.000 m².

Como se observa, admitindo-se uma somatória de condições desfavoráveis, ou seja, computando-se uma segurança bastante significativa, a área mínima dos terrenos poderá ser fixada em 2.000 m².

d) Considerações Complementares

Pelo exposto anteriormente, pode-se concluir que:

- . A locação da malha de infiltração centralizada em relação ao terreno, evitará prejuízos para os lotes vizinhos;
- . Da mesma forma, pode-se concluir que poderão ser locados eventuais poços freáticos (rasos) sem ris

cos sanitários ocasionados pela infiltração dos efluentes das fossas.

Entretanto, quaisquer que fossem as dimensões dos terrenos, ainda que geradoras de áreas bem acentuadas, o emprego do sistema estático implicaria sempre na adoção de medidas fiscalizadoras, das quais o órgão policiador não poderia se abstrair. Entre estas, destacam-se alguns, quer no campo do micro-planejamento regional, quer no âmbito da educação sanitária:

- . Orientação e exigência aos incorporadores e usuários que, para a aprovação de seus loteamentos e construções, seja feita a análise da capacidade de absorção do solo (conforme preconiza a NB-41), o que permitirá a adequada escolha do tipo de lançamento do efluente;
- . Orientação da locação dos poços freáticos e das malhas de infiltração, de tal forma que não ocorra a poluição, nem dentro de um mesmo terreno, nem como transferência de um terreno para os adjacentes;
- . Orientação no sentido de condicionar o posicionamento das malhas de infiltração em cotas sempre inferiores às dos poços freáticos mais próximos, evitando-se, também, a poluição superficial causada pelo deflúvio;
- . Fiscalização no sentido de que sejam previstos dispositivos de limpeza hidráulica das fossas sépticas, consoante as recomendações da NB-41,

- . Fiscalização no sentido de que as limpezas ocorram, realmente, em períodos máximos de dez em dez meses, conforme as exigências do dimensionamento, que como se sabe, prevê este período como tempo do armazenamento do lodo;
- . Destinação de um local adequado para o lançamento do lodo digerido, desde que não possa ser esquecida a possibilidade da retirada de lodo fresco, em limpezas já executadas;
- . Fiscalização e controle periódico da qualidade da água dos pequenos córregos existentes nos talvegues locais, objetivando evitar que ocorram lançamentos clandestinos.

2.3.2 - Sistema Dinâmico

O sistema dinâmico promove o esgotamento sanitário dos resíduos líquidos de uma comunidade, através de uma sucessão de coletores, interceptores e emissários que chegam até o local ou locais de tratamento.

O emprego do sistema dinâmico não impõe um limite mínimo para o tamanho dos lotes, ao contrário, quanto menor for a sua área mais viável a implantação desse sistema, tanto do ponto de vista técnico como do econômico. Pois, lotes com testada muito grande prejudica o regime hidráulico dos coletores que passam a ter uma lâmina líquida muito baixa, e conseqüentemente as condições de auto-limpeza exigidas pelas normas, não se verificam. Por outro lado, o tamanho ideal de cada lote não está vinculado apenas a essas considerações técnicas, mas também, a capacidade de autodepuração e diluição da represa que

se quer proteger, em virtude dos sistemas de tratamento, usualmente adotados, não promoverem a remoção total dos nutrientes dos esgotos. Em páginas anteriores, foi referendado que a eficiência de alguns métodos de tratamento de esgotos não elimina totalmente certos compostos (principalmente de fósforo e nitrogênio) que podem tornar lagos ou represas oligotróficos em eutróficos, com o lançamento de efluentes tratados. Ainda que o tratamento ofereça uma eficiência muito alta (como o sistema carrossel) na remoção desses compostos, poderá ocorrer elevadas populações de algas na massa líquida devido a capacidade de armazenamento em suas células - desses elementos, ou seja, de nitrogênio e fósforo. (27)

É conveniente lembrar que às vezes uma determinada bacia de drenagem permite, devido a sua configuração topográfica, a exportação dos esgotos para as bacias vizinhas admitindo, então, a dotação de métodos de tratamento menos onerosos como lagoas de estabilização, etc. Com efeito, a densidade populacional que antes era limitada pela capacidade da represa em assimilar os efluentes tratados, passa a ser agora pelas áreas consideradas "non aedificandi", ou seja, aquelas pré-estabelecidas como necessárias à proteção da represa como, por exemplo, as faixas de proteção sanitária, entre outras. Assim sendo, resulta numa maior densidade populacional e conseqüentemente maior diluição dos custos, uma vez que a relação habitante/metro linear de coletor, diminui sensivelmente.

Outro aspecto que merece ser evidenciado, é a resistência com que certos incorporadores (imobiliárias) oferecem para fugir da responsabilidade quanto à implantação desse tipo de sistema, visando apenas auferirem maiores lucros com o

parcelamento de suas áreas. Sendo o número de lotes limitados devido a baixa densidade populacional suportada pela represa, implica um custo unitário muito elevado, e isso traz como consequência a existência de loteamentos clandestinos ou, então, gera pressões políticas que geralmente resulta no afrouxamento da lei que regulamenta a ocupação e uso do solo na bacia.

Como desvantagem adicional do sistema dinâmico, destaca-se a dificuldade que se apresenta na formulação adequada das etapas de implantação das unidades do sistema. Estas, deve rão ser formuladas de maneira que possibilitem o atendimento aos núcleos urbanos que vão se instalando, independentemente uns dos outros, pois, nem sempre ocorre o parcelamento total e ordenado de toda a bacia de drenagem. Alguns proprietários de áreas pretendem lotear, outros não. Isto conduz, de certa forma, a sérios inconvenientes devido a localização das áreas a serem loteadas com relação ao planejamento dado para a implantação do sistema de esgotamento, pois, na maioria das vezes, os que pretendem parcelar suas áreas não dispõem de acesso até os interceptores ou coletores de esgotos, já implantados, gerando, assim, conflitos entre os mesmos. Poder-se-ia pensar em sistemas isolados, ou seja, cada loteamento possuir o seu próprio sistema, inclusive o tratamento, como forma de se evitar esses conflitos. Mas isso traria grande dificuldade ao órgão policiador no controle da qualidade dos efluentes das ETE's e, até mesmo, impraticável quando o número de loteamentos implantados atingisse cifras muito altas.

Por fim, a adoção do sistema dinâmico ou estático nu ma bacia de drenagem depende de uma série de fatores inerentes a cada bacia. Havendo casos, entretanto, onde a melhor solução

poderá ser a utilização de ambos os sistemas, ou seja, parte dela será esgotada através do sistema estático e a parte restante pelo sistema dinâmico.

2.4 - Águas Pluviais

As águas pluviais, devido a sua capacidade de desagregar partículas do solo e transportá-las juntamente com outros resíduos sólidos existentes na superfície do terreno até os rios ou represas, podem ser consideradas como um agente poluidor que traz conseqüências indesejáveis, do ponto de vista sanitário e ecológico, aos corpos de água. Assim sendo, poderão ocorrer as seguintes alterações na qualidade das águas, com maior intensidade nas represas por se constituírem em ambientes lênticos:

- . Contaminação tóxica, biológica ou radiativa;
- . Demanda bioquímica de oxigênio e poluição em geral (alterações de caráter ecológico);
- . Turbidez e assoreamento;
- . Eutrofização.

Essas alterações na qualidade da água, assumem maiores ou menores proporções em função das características físicas da própria bacia de drenagem, como por exemplo, cobertura vegetal, tamanho da área da bacia, estrutura geológica e declividade do terreno. Além de outros fatores relacionados com as atividades humanas desenvolvidas na bacia e a quantidade e intensidade das chuvas. (28)

No que toca as características físicas da bacia, co-

mo fator condicionante das alterações relacionadas acima, medidas deverão ser tomadas com o propósito de se evitar o desmatamento de áreas com declividade superior a 30 por cento, e que se preserve uma faixa com vegetação cuja largura deverá ser igual ou superior a 30 metros (medida em projeção horizontal) em cada margem dos principais córregos. Referente as atividades humanas, estas só serão controladas através de disciplinamento do uso do solo na bacia, ou seja, com um controle efetivo das atividades permissíveis e zoneamento das atividades permitidas. Por fim, com relação aos efeitos provocados pelas chuvas, eles são mais intensos nos primeiros instantes de uma chuva torrencial onde será carregada muito mais matéria orgânica e inorgânica do que nos instantes seguintes, principalmente quando o intervalo decorrido desde uma chuva anterior seja muito grande. Contudo, a única forma de combate ao transporte dessas matérias é através de uma cobertura vegetal na bacia de drenagem.

Do exposto, conclui-se que o sistema ideal de controle dos efeitos negativos causados pelas águas pluviais aos corpos de águas, seria aquele em que cerca de 80 por cento da área da bacia fosse conservada com cobertura vegetal. Que, além do aspecto paisagístico proporcionado pela vegetação, vem, ainda, a preservação da fauna e da flora local e, também, a grande capacidade de amortecimento dos impactos sanitários causados pelas cargas poluidoras aos corpos de água, embora estas cargas estejam dimensionadas de acordo com a capacidade natural de autodepuração do manancial. Além das vantagens mostradas acima, a vegetação oferece ao solo uma maior capacidade de retenção e, conseqüentemente, uma maior infiltração das

águas de chuva ou de irrigação. Com isso, haverá maior retenção do material transportado pelas águas de enxurradas, e principalmente de sais minerais, uma vez que o fósforo se solubiliza quando em contato com o solo e o nitrogênio entra em outros ciclos biológicos. (27)

2.5 - Controle Sedimentológico Afluente aos Corpos de Água

O regime hidrossedimentométrico de um curso de água, afluente a um lago ou represa, é, sem dúvida, conseqüência das características físicas de sua bacia de drenagem e das atividades nela desenvolvidas. Para a estimativa das condições de deposição e assoreamento de um reservatório de água, existem atualmente várias teorias que permitem avaliar com grande margem de segurança o tempo de assoreamento.

O tratamento clássico do problema consiste, basicamente, em se manter postos hidrométricos para as medições do transporte sólido, definindo-se a seguinte relação (29):

$$Q_s = F(Q_1),$$

onde,

$$Q_s = \text{descarga sólida total}$$

$$Q_1 = \text{descarga líquida correspondente.}$$

Entretanto, para a utilização desse procedimento seria necessário que esses postos funcionassem no período suficientemente longo, de forma a se ter um número razoável de pontos representativos do par, $Q_s \times Q_1$, definindo-se, assim, esta relação com suficiente precisão. Às vezes, no local onde se pretende implantar uma represa, se dispõe da série histórica de vazões líquida, o que serviria de base para a extensão da série de descarga sólida e, conseqüentemente, permitiria determinar o volume total de material carregado para o reservatório e, pelo volume disponível nele, o tempo de assoreamento.

Quando não se dispõe de nenhum antecedente hidrológico

co do local ou da região onde será implantada a represa, poder-se-á recorrer a estudos teóricos e globais realizados para diversas bacias em todo o mundo, os quais, permitem a determinação das características da afluência sólida ao reservatório. Dentre os vários estudos realizados, destaca-se aqui os de Fourier e de Goth.

Fourier, após várias tentativas para correlacionar a erosão com fatores hidroclimáticos inerentes a 132 bacias hidrográficas analisadas, relacionou a erosão, expressa em t/km^2 /ano, com a relação "precipitação média do mês de maior precipitação/e a precipitação média anual na bacia". Nesta análise, notou o pesquisador, que as bacias analisadas poderiam ser separadas em três grupos distintos, a saber:

Grupo A - bacias com declividades pouco acentuadas;

Grupo B - bacias com declividades acentuadas em clima úmido;

Grupo C - bacias com declividades acentuadas em clima árido.

Já o tratamento teórico dado por Goth, analisando várias bacias do mundo, definiu uma relação dada por:

$$\frac{G_o}{F} = \frac{V}{F} \times 100,$$

onde,

G_o - é a descarga sólida afluente ao reservatório, em m^3 /ano;

F - é a área da bacia hidrográfica, em km^2 ;

V - é o volume do reservatório, em m^3 .

Baseado nestes estudos, Shamov completou-os com dados adicionais de reservatórios, definindo várias curvas que são aplicáveis aos seguintes casos (30):

- . reservatórios em trechos de rios onde as chuvas têm grandes intensidades e as erosões severas são comuns;
- . reservatórios em rios com regime torrencial, onde a precipitação anual é superior a 1.000 mm;
- . semelhante à categoria anterior e aplicada a reservatórios cuja bacia é coberta por vegetação;
- . reservatório com baixa precipitação, onde parte considerável da bacia acha-se coberta com culturas;
- . reservatórios em áreas montanhosas cobertas por matas, pastagens e parte por florestas;
- . reservatórios situados ao pé de montanhas com densas florestas.

É evidente que qualquer resultado obtido através destes estudos teóricos, necessita de uma comparação com os resultados encontrados nas medições futuras que deverão ser realizadas. Portanto, recomenda-se uma campanha de medições hidrossedimentométricas nos principais afluentes do reservatório, cobrindo no mínimo um período correspondente ao ano hidrológico na região.

Quanto a instalação dessas estações, deve-se observar algumas questões que são comentadas a seguir.

a) Para Estações Hidrossedimentométricas

Deve-se instalar uma estação hidrossedimentométrica para cada curso de água contribuinte do reservatório. A localização das estações deverá ser escolhida numa visita à região, escolhendo-se seções, o mais próximo possível do reservatório e fora da zona de remanso.

Além das condições hidráulicas das seções de medição e controle, na escolha dos locais, deverá ser levado em conta a possibilidade de existência próxima, de pessoa capacitada a servir de observador, em que se possa depositar confiança e realize as observações com regularidade.

Em cada uma destas estações, deverá ser colocado o seguinte equipamento:

- . lances de réguas limnimétricas, tantas quanto forem necessárias para cobrir a gama de variações do N.A.;
- . RRNN, no mínimo de dois, necessários para amarração altimétrica dos lances de régua acima citados;
- . seções de medição, caracterizadas por marcos definidores dos respectivos PI (ponto inicial) e P F (ponto final), localizados em ambas as margens.

A freqüência das medições deverá se processar da seguinte forma:

- . na época da estiagem, será feita uma medição de descarga líquida mensal, de acordo com as normas do DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, em conjunto com a coleta de amostras

por integração de sedimento em suspensão e coleta de material de fundo, feita na mesma vertical da quela coleta.

- . na época da cheia, se processarão medições sistemáticas com turma permanente, de forma a caracterizar a relação cota-descarga nos seus diversos estágios. A coleta de matéria sólida deverá ser simultânea com cada medição de descarga líquida, abrangendo tanto o material em suspensão como o de fundo.

b) Para Estações Pluviométricas

Deverá ser instalada uma estação pluviométrica com registrador, no local mais próximo ao centro de gravidade da bacia. O equipamento para dotar a estação deverá ser formado por um pluviômetro e um pluviógrafo, a serem instalados segundo as normas do DNAEE.

c) Medidas de Controle de Sedimento

Dentre os vários métodos de controle de sedimento em reservatórios, destacam-se os seguintes:

- . seleção de um local adequado para a implantação do reservatório;
- . projeto apropriado das estruturas da barragem e do reservatório;
- . controle do sedimento afluente;
- . remoção do sedimento depositado;
- . controle de erosão;
- . utilização de bacias de sedimento;

- . estabelecimento de coberturas vegetais nas margens dos afluentes e do próprio reservatório.

Cabe observar, entretanto, que a escolha de um ou mais desses métodos necessita de uma análise criteriosa de to das as variantes inerentes ao problema, bem como das condições locais da região e, também, do próprio reservatório, quando se tratar de reservatório existente. Não é objeto deste trabalho, analisar casos específicos do emprego de cada um desses mêto dos, mas fornecer, em linhas gerais, algumas considerações que devem ser observadas no emprego de alguns deles.

Para as bacias de sedimento, estas deverão ser localizadas o mais próximo possível do reservatório, de forma a ga rantir a efetiva proteção do mesmo. Estas bacias poderão ser estabelecidas através de simples barragens de enrocamento ou mistas, com aproveitamento dos materiais locais disponíveis, sem muita preocupação de total vedação.

Relativo à cobertura vegetal, deve-se dar preferência a gramíneas que poderão ser aplicadas quer em placas, quer por hidrosemeadura, nos locais onde o processo de erosão se en contra mais acelerado, uma vez que a sua atuação como dispositivo de proteção é mais rápida do que as árvores de maior porte.

Finalmente, com o propósito de ser mais abrangente, cabe recomendar ainda, para os casos específicos de loteamen tos que geralmente importam em movimentos de terras excepcio nais, dois procedimentos devem ser adotados:

- 1º - execução e término das obras dentro do período de estiagem;

2º - proteção imediata dos taludes de corte e aterro por cobertura vegetal.

Um outro instrumento de grande valia, se bem que, para reservatório existente, é o levantamento batimétrico, para se obter, por comparação, com o levantamento primitivo, o seu grau de assoreamento em quantidade e localização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATALHA, B.L. e PARLATORE, A.C. - Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano - CETESB, 1977.
2. BRANCO, S.M. e ROCHA, A.A. - Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas. CETESB, Editora Edgard Blutchter Ltda., São Paulo, 1977.
3. MELO, J.A.S. de - Aplicação de Águas Residuárias no Solo como um Método de Tratamento - Disposição Final e Reciclagem das Águas Usadas. IX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Belo Horizonte, 1977.
4. PEREIRA, P.P. - Planejamento de Bacias Hidrográficas. X Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Manaus, 1979.
5. COUTINHO, A.S. - Administração dos Recursos Naturais das Bacias Hidrográficas; Atribuições; Delegações; Coordenação; Estruturas Alternativas; Recursos Humanos. Revista DAE, Nº 116, 1978.
6. VITORETTI, B.A. - Aspectos Institucionais do Aproveitamento dos Recursos Hídricos. Revista "ENGENHARIA", do Instituto de Engenharia de São Paulo, Nº 429, 1981.
7. DERÍSIO, J.C. e PERKINS, A.M. - Os Nutrientes (NeP) e a Qualidade das Águas do Reservatório do Guarapiranga. Revista DAE, Nº 125, 1981.

8. KAWAI, H. - Eutrofização dos Cursos de Água. Capítulo 10, de Poluição das Águas. CETESB, 1974.
9. Relatórios Internos da CETESB - Datilografado.
10. VOLLENWEIDER, R.A. e DILLON, P.J. - The Application of the Phosphorus Loading Concept to Eutrophication Research. NRC Tech. Report, 1974.
11. VOLLENWEIDER, R.A. - Advances in Defining Critical Loading Levels for Phosphorus in Lake Entrophication. Mem. Inst. Ital. Idrobiol, Nº 33, 1976.
12. DILLON, P.J. e RIGLER, F.H. - A Test of a Simple Nutriente Model Preolicting the Phosphorus Concentration in Lake Water. J. Fish. Res. Bd. Canada, 1974.
13. LARSEN, D.P. e MERCIER, H.T. - Phosphorus Retention Capacity of Lake. J. Fish. Res. Bd. Canada, Nº 31, 1976.
14. CHAPRA, S.C. - Expressing the Phosphorus Loading Concept in Probabilistic Terms. J. Fish. Res. Bd. Canada, Nº 36, 1979.
15. STREETER, H.W. e PHELPS, E.B. - Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River. Bulletin of the U.S. Public Health Service, Nº 146, 1925.
16. CAMP, T.R. - Sedimentation and the Desing of Settling Tanks A.S.C.E., paper Nº 2.285, 1946; e S.W.J., 1936.
17. AGUDO, E.G. e outros - Dinâmica dos Lagos e Reservatórios de Grande Porte Utilizando Traçadores Radioativos. Revista DAE, Nº 113, 1977.

18. TOLEDO, A.P. e KAWAI, H. - Modelo para a Avaliação do Perfil Vertical de Oxigênio Dissolvido na Represa Billings - CETESB.
19. DÓRIA, A. - Técnica de Limpeza de Áreas Utilizadas como Reservatórios de Acumulação para Abastecimento Público. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Tema 2 - São Paulo.
20. HESPANHOL, I. - Influência do Represamento na Qualidade das Águas. Palestra proferida no Seminário sobre Efeitos de Grandes Represas no Meio Ambiente e no Desenvolvimento Regional. Revista DAE, Nº 116, 1978.
21. ROCHA, A.A. - Ensaio com Vegetação Aquática. Aspectos Sanitários e Ecológicos - CETESB.
22. BRANCO, S.M. e ROCHA, A.A. - Ecologia: Educação Ambiental - Ciências do Ambiente para Universitários. CETESB, 1980.
23. POMPEU, C.T. - Controle da Poluição Hídrica no Brasil. Revista DAE, Nº 115, 1978.
24. ROCHA, A.A. - A Limnologia, os Aspectos Ecológicos/Sanitários, a Macro-fauna Bentônica da Represa de Guarapiranga na Região Metropolitana de São Paulo. Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 1978.
25. PASCHOAL, A. - Pragas, Praguicidas e a Crise Ambiental. Problemas e Soluções. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1979.

26. JORDÃO, E.P. e PESSOA, C.A. - Tratamento de Esgotos Domésticos (Vol. 1). CETESB, 2a. edição, 1975.
27. BRANCO, S.M. - Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária. CETESB, 2a. edição, 1978.
28. HESS, M.L. - Chuva: Agente de Poluição das Águas. Revista DAE, Nº 42.
29. HERAS, R. - La Erosion y La Sedimentacion - Manual de Hidráulica. Editor Principal - Direccion General de Obras Hidráulicas. Centro de Estudos Hidrográficos. Madrid, 1972.
30. SHAMOV - Sediment Load of River in the Soviet Union - Trudy GGI, 20, Leningrado, 1949.

CONCLUSÃO

CAPÍTULO VI

CONCLUSÃO

Ficou demonstrado, no presente trabalho, quais as principais causas que provocam a deterioração da qualidade da água represada e quais os efeitos adversos e benéficos que o represamento provoca ao meio ambiente. Essas conclusões foram tiradas dos dados e informações contidas nos relatórios internos da CETESB e das observações feitas pelo autor do presente trabalho, quando das várias visitas realizadas aos corpos de água que serviram de apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

Foi com base nesses elementos que se estabeleceu as diretrizes básicas para um estudo de proteção ecológica de represas, isto é, compatibilizar a carga poluidora afluente com a capacidade de assimilação (auto-depuração) da represa. Isto é feito de forma simples e direta, como a apresentada no capítulo que trata das medidas de proteção e que envolve as seguintes premissas básicas: existência de planejamento integrado para a bacia hidrográfica, onde deve constar especificações de uso e ocupação do solo; delimitação de faixa de segurança sanitária em todo o contorno da represa; proibição de desmatamento de encostas com declividade igual ou superior a 30%; controle rigoroso no processo de aprovação de loteamentos e de instalação de indústrias; delimitação de área para o desenvolvimento de atividades recreacionais.

Com essas medidas e a adoção de alguns procedimen

tos técnicos que envolvem questões de ordem operacional do reservatório, é possível não só manter a qualidade da água represada, dentro dos padrões de potabilidade que se deseja, mas também minimizar os impactos adversos que o represamento poderá provocar ao ambiente e às populações ribeirinhas afetadas.