

GOVERNADOR DE ESTADO

Roberto Requião de Mello e Silva

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

Luiz Eduardo Cheida – Secretário

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ

Lindsley da Silva Rasca Rodrigues – Diretor Presidente

COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ATMOSFÉRICOS – CRHA

Engº. Agrônomo M.Sc. Tânia Lúcia Graf de Miranda

DIRETORIA DE ESTUDOS E PADRÕES AMBIENTAIS

Engº Civil Celso Augusto Bittencourt

DEPARTAMENTO DE PESQUISA E QUALIDADE - DPQ

Biól. M.Sc. Mª Lúcia M. Biscaia de Medeiros

RESPONSÁVEIS PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO - LIMNOLOGIA

Engº Químico Renato Fernando Brunkow

Bióloga Christine da Fonseca Xavier

Bióloga M.Sc Leda Neiva Dias

Bióloga Leuni L. Domingues

Bióloga M.Sc. Ana Carolina Wosiack

Estagiária Silvane Barsi Santana

Estagiário Eriel Forville de Andrade

APOIO

GEOPROCESSAMENTO

Engº. Agrônomo Edson Elvercio Lemke Queluz

DEPARTAMENTO DE ANÁLISES LABORATORIAIS

Bioquímica Deise Cristina Baggio

Técnicos do Laboratório de Físico-química

DEPARTAMENTO DE APOIO

Engº. Alvaro Cesar de Goes

Técnicos em amostragem

Ficha catalográfica

Instituto Ambiental Do Paraná
Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios
do estado do Paraná, no período de 1999 a 2004. Curitiba,
2004.

p.13p. + anexos

1. Monitoramento 2. Reservatórios do estado do Paraná 3.

Qualidade de Água 4. Índice de Qualidade de Água

I. Título. II. Brunkow, Renato F. III. Xavier, Christine da F. IV.

Dias, Leda N. V. Domingues, Leuni L. VI. Wosiack, Ana C. VII.

Santana, Silvane S. VIII. Andrade, Eriel F. de.

REPIDISCA 4107

I 59

Impresso no Brasil

Disponível em: ww.pr.gov.br/iap

Fotos Capa: IAP

Foto maior: Reservatório de Foz do Areia – Município de Pinhão – PR

Fotos menores da esquerda para direita:

Reservatório de Foz do Areia – Município de Pinhão – PR

Retirada de macrófitos do Lago Igapó – Município de Londrina – PR

Alga Alaucoseira granulata – diatomácea

Floração de cianobactérias no Reservatório do Irai – Município de Quatro Barras – PR

Coleta de amostras de água do Lago Igapó – Município de Londrina – PR

1 INTRODUÇÃO:

Os corpos de água do território nacional, em função dos seus usos, devem atender critérios estabelecidos pela legislação vigente. Desta forma, a água destinada ao consumo humano tem sua qualidade estabelecida pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. As condições de balneabilidade (recreação de contato primário) são determinadas pela Resolução 274/2000 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, o qual também enquadra os corpos d'água doce, salinas e salobras em função de seus usos preponderantes, em sua Resolução 357/2005.

Lagos e reservatórios são partes integrantes das bacias hidrográficas onde estão inseridos. Como são sistemas abertos, a bacia hidrográfica os influencia carreando para os mesmos, nutrientes, matéria orgânica e eventuais poluentes. Estes ambientes, por suas características hidrodinâmicas, podem reter estas substâncias em seu ciclo produtivo, tendo como consequência um aumento na taxa de produção primária, originando o processo denominado eutrofização. (VOLLENWEIDER & JORGENSEN 1989)

A necessidade de implementação de um sistema de avaliação e monitoramento da qualidade das águas levou em consideração a situação peculiar do Estado do Paraná, com relação ao grande número de reservatórios formados e em construção. O Estado possui 16 sub-bacias e seus rios são predominantemente rios de planalto com muitas quedas. Estas características oferecem vantagens devido ao seu grande potencial hidrelétrico: aproximadamente 30.000 MW, o que corresponde a 14% do potencial nacional. Adicionalmente aos reservatórios construídos para geração de energia elétrica, existem no Estado do Paraná vários outros destinados ao abastecimento público ou a recreação e paisagismo.

Os métodos e procedimentos adotados basearam-se na necessidade de implementar, através do Instituto Ambiental do Paraná-IAP, um projeto de monitoramento limnológico sistemático otimizado, racional e de baixo custo, porém com bases científicas consistentes e com viabilidade de execução pelo órgão governamental. Este método visa conhecer as principais características ecológicas de cada reservatório, determinando em particular a qualidade das águas e sua tendência ao longo do tempo. Desta forma o IAP desenvolveu o presente sistema para classificação dos reservatórios do Estado, de acordo com seus graus de comprometimento, indicando, quando necessário, medidas de saneamento e manejo (profiláticas ou terapêuticas), visando a conservação e/ou recuperação da qualidade das águas destes ecossistemas em função dos seus usos múltiplos. (FORNAROLLI-ANDRADE, et al,1994).

A base científica para a seleção do método foi obtida através de estudos intensivos realizados em 19 reservatórios do Estado do Paraná entre 1987 e 1994, assim como, através do Contrato IAP/Itaipu Binacional, o qual teve início em 1982, como também no estudo de caso realizado no Reservatório do Passaúna, iniciado em 1986, através do Convênio de Cooperação Técnica e Científica com o governo Alemão (GTZ).

Os resultados são divulgados através de publicações sistemáticas em forma de relatórios técnicos, além de mapas temáticos onde reservatórios do Estado são classificados em diferentes níveis de comprometimento (classes I a VI), demonstrando a atual situação da qualidade das águas. Estes níveis têm por base o grau de eutrofização, analisado em conjunto com outros parâmetros físicos e químicos tornando possível estabelecer padrões para a avaliação da qualidade das águas.

Este relatório apresenta os resultados obtidos através do programa denominado “Monitoramento da Qualidade das Águas dos Reservatórios do Estado do Paraná”, no período de 1999 a 2004, e determina os níveis de comprometimento de cada reservatório pesquisado.

2. OBJETIVOS:

Os principais objetivos deste projeto são:

- informar as autoridades, organizações governamentais e não governamentais e instituições públicas e privadas sobre a situação da qualidade das águas dos reservatórios;
- fornecer ao poder público estadual e municipal informações relevantes para subsidiar a tomada de decisões na alocação de recursos visando a conservação e/ou recuperação ambiental;
- promover a participação pública no monitoramento e conservação da qualidade das águas dos reservatórios.

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

Foram realizados estudos comparativos em 24 reservatórios do Estado do Paraná, de acordo com suas características distintas e peculiaridades regionais, para a obtenção de dados estatísticos significativos que possibilitaram o desenvolvimento deste programa de monitoramento.

3.1 Estações de amostragem:

Foram estabelecidas de acordo com a compartimentalização horizontal de cada reservatório (KIMMEL & GROEGER, 1984), sendo que a zona lacustre (região próxima a barragem, normalmente mais larga e profunda), foi selecionada para o monitoramento.

Em reservatórios de grande porte com formação dendrítica, como o Reservatório de Itaipu, além da zona lacustre, são monitorados os principais braços, tendo em vista que os mesmos podem funcionar como sistemas quase independentes do corpo central.

3.2 Frequência de amostragem:

Foi estabelecida levando-se em consideração as principais variações climáticas que podem caracterizar os períodos de melhor ou pior qualidade das águas, isto é, preferencialmente nos períodos em que normalmente ocorrem processos de estratificação térmica e/ou química e de mistura da coluna de água (WETZEL, 1981). Desta forma, foi estabelecida uma frequência semestral para realização do monitoramento em função das características bem definidas das estações climáticas no Estado do Paraná. **Verão** - período no qual ocorre uma típica estagnação dos corpos d'água associada a uma biodinâmica máxima, devido às maiores temperaturas do ano. **Inverno** - período no qual ocorrem condições mais favoráveis à circulação da coluna d'água, devido às menores temperaturas do ano.

De acordo com o IAPAR (2000), o sistema de classificação climática de Köppen, baseado na vegetação, temperatura e pluviosidade, apresenta um código de letras que designam grandes grupos e subgrupos climáticos, além de subdivisões para distinguir características estacionais de temperatura e pluviosidade.

Utilizando a série de dados do IAPAR até 1998, foram identificados dois tipos climáticos para o Estado do Paraná: Cfa e Cfb, que são descritos a seguir:

Cfa - Clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

Cfb - Clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida.

A definição das áreas com esses dois tipos climáticos foi elaborada cruzando-se os mapas de temperatura e precipitação. Dentre os reservatórios monitorados a maioria encontra-se na faixa de clima Cfb.

3.3 Profundidades de amostragem:

Para o conhecimento da estrutura vertical da coluna d' água é realizada uma série de medições (temperatura da água, oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio) além da medição da transparência da água através de disco de Secchi. Estas medições determinam as três profundidades a serem amostradas, como segue:

Profundidade I: Camada da zona eufótica com 40% da luz incidente, onde é esperada uma produção primária de fitoplâncton representativa da camada trofotônica (SCHÄFER, 1985).

$$\text{Prof. I} = Z_{ds} \cdot 0,54$$

onde:

Z_{ds} = profundidade Secchi

0,54 = fator para calcular 40% de luz incidente

Profundidade II: metade da zona afótica onde, independentemente da ocorrência de estratificação térmica, a respiração e a decomposição são predominantes sobre a produção autotrófica.

$$\text{Prof. II} = (Z_{\max} + Z_{eu}) / 2$$

onde:

Z_{\max} = profundidade máxima (m), na estação de amostragem;

Z_{eu} = zona eufótica, que é igual a profundidade Secchi x 3;

3 = fator correspondente a aproximadamente 1% da luz incidente na superfície da água.

Profundidade III: quando, durante as medições "in situ", for detectada zona anóxica, e esta não coincidir com a profundidade II, mais uma amostra é coletada na porção intermediária desta camada.

3.4 Variáveis selecionadas para o monitoramento:

As variáveis foram selecionadas levando-se em consideração os objetivos do monitoramento, seu custo e eficácia em termos de avaliação de qualidade de água. Foram determinadas: temperatura da água, oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação, condutividade elétrica, pH, profundidade Secchi, alcalinidade, turbidez, sólidos suspensos totais, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, clorofila *a*, fitoplâncton e zooplâncton. Além destas variáveis foram levantadas as seguintes características

morfométricas e hidrológicas: área alagada, tempo de residência, volume e profundidades máxima e média.

As análises físico-químicas realizadas em laboratórios utilizaram os métodos descritos em APHA et al, (1998). As análises de clorofila foram realizadas de acordo com NUSCH, 1980.

3.5 Determinação de classes de qualidade de água de reservatório, de acordo com seus níveis de comprometimento:

Com o objetivo de estabelecer diferentes classes de reservatórios em relação ao grau de degradação da qualidade de suas águas, foi desenvolvida uma matriz contendo os intervalos de classe dos parâmetros mais relevantes. Para esta matriz, reservatórios com diferentes características tróficas, morfométricas e hidrológicas foram monitorados e os dados obtidos armazenados em banco de dados.

Todas as variáveis foram submetidas a análise estatística multivariada para selecionar aquelas mais relevantes para uma clara caracterização da qualidade das águas dos reservatórios. As variáveis selecionadas foram: déficit de oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio inorgânico total, demanda química de oxigênio, transparência, clorofila *a*, tempo de residência e profundidade média. Além destas variáveis, a comunidade fitoplanctônica (diversidade, floração de algas e quantidade de cianobactérias) foi incluída na matriz devido a sua importância ecológica em ecossistemas lênticos, porém este parâmetro recebeu um tratamento diferenciado.

A matriz desenvolvida apresenta seis classes de qualidade de água, as quais foram estabelecidas a partir do cálculo dos percentis de 10, 25, 50, 75 e 90% de cada uma das variáveis mais relevantes selecionadas (Tabela 1).

Tabela 1 . Matriz de Qualidade de Água(*)

Variáveis "I"	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V	Classe VI
Déficit de oxigênio (%)	≤5	6-20	21-35	36-50	51-70	>70
Fósforo Total (P-mg.l ⁻¹)	≤0,010	0,011-0,025	0,026-0,040	0,041-0,085	0,086-0,210	>0,210
Nitrog. Inorg. Total (N - mg.l ⁻¹)*	≤0,15	0,16-0,25	0,26-0,60	0,61-2,00	2,00-5,00	>5,00
Clorofila a (mg.m ⁻³)	≤1,5	1,5-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	11,0-32,0	>32
Disco de Secchi (m)	≥3	3-2,3	2,2-1,2	1,1-0,6	0,5-0,3	<0,3
DQO (mg.l ⁻¹)	≤3	3-5	6-8	9-14	15-30	>30
Tempo de residência (dias)	≤10	11-40	41-120	121-365	366-550	>550
Profundidade média (m)	≥35	34-15	14-7	6-3,1	3-1,1	<1
Fitoplancton (diversidade de espécies)	baixa, sem predominância de espécies	média a alta, sem predominância de espécies	média a alta, com predominância de espécies	reduzida, com predominância de espécies	reduzida, com predominância de espécies	muito reduzida, com predominância de espécies
Cianobactérias (céls.ml ⁻¹)	<5.000	5.001-10.000	10.001-20.000	20.001-50.000	50.001-100.000	>100.000
Fitoplancton (florações)	sem	rara	eventual	frequente	frequente/ permanente	permanente

*modificada em 2004

3.6 Cálculo do Índice de Qualidade de Água de Reservatórios - IQAR.

Para o cálculo do Índice da Qualidade de Água de Reservatórios, as variáveis selecionadas receberam pesos distintos, em função de seus diferentes níveis de importância na avaliação da qualidade da água (Tabela 2).

Tabela 2 - Variáveis selecionadas e seus respectivos pesos

Variáveis "i"	Pesos w_i
Déficit de oxigênio dissolvido- (%)*	17
Fósforo Total - (O ₂ -mg/l)**	12
Nitrogênio inorgânico total - (N- mg/l)**	08
Clorofila a - (mg/m ³)***	15
Profundidade Secchi - (metros)	12
Demanda Química de Oxigênio - DQO - (O ₂ - mg/l)**	12
Fitoplâncton (diversidade e florações)**	08
Tempo de residência - (dias)	10
Profundidade média - (metros)	06

(*) média da coluna d'água; (**) média das profundidades I e II; (***) profundidade I

A classe de qualidade de água a que cada reservatório pertence é calculada através do Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR), de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{IQAR} = \frac{\sum (w_i \cdot q_i)}{\sum w_i}$$

onde:

w_i = pesos calculados para as variáveis "i";

q_i = classe de qualidade de água em relação a variável "i", q pode variar de 1 a 6.

Os dados coletados a cada campanha de monitoramento semestral são calculados e recebem um IQAR parcial. A média aritmética de dois ou mais índices parciais fornece o IQAR final e a classe a qual cada reservatório pertence.

3.7 Definição das seis classes de qualidade de água

As seis classes de qualidade de água estabelecidas, segundo seus níveis de comprometimento, podem ser definidas conforme segue:

Classe I - não impactado a muito pouco degradado: Corpos de água saturados de oxigênio, baixa concentração de nutrientes, concentração de matéria orgânica muito baixa, alta transparência das águas, densidade de algas muito baixa, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média;

Classe II - pouco degradado: Corpos de água com pequeno aporte de nutrientes orgânicos e inorgânicos e matéria orgânica, pequena depleção de oxigênio dissolvido, transparência das águas relativamente alta, baixa densidade de algas, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média;

Classe III - moderadamente degradado: Corpos de água que apresentam um déficit considerável de oxigênio dissolvido na coluna d' água podendo ocorrer anoxia na camada de água próxima ao fundo em determinados períodos. Médio aporte de nutrientes e matéria orgânica, grande variedade e densidade de algumas espécies de algas, sendo que algumas

espécies podem ser predominantes. Tendência moderada a eutrofização. Tempo de residência das águas considerável;

Classe IV - criticamente degradado a poluído: Corpos de água com entrada de matéria orgânica capaz de produzir uma depleção crítica nos teores de oxigênio dissolvido da coluna d'água, aporte de consideráveis cargas de nutrientes, alta tendência a eutrofização, ocasionalmente com desenvolvimento maciço de populações de algas e/ou cianobactérias, ocorrência de reciclagem de nutrientes, baixa transparência das águas associada principalmente a alta turbidez biogênica. A partir desta Classe é possível a ocorrência de mortalidade de peixes em determinados períodos de acentuado déficit de oxigênio dissolvido;

Classe V - muito poluído: Corpos de água com altas concentrações de matéria orgânica, geralmente com supersaturação de oxigênio dissolvido na camada superficial e baixa saturação na camada de fundo. Grande aporte e alta reciclagem de nutrientes. Corpos de água eutrofizados, com florações de algas e/ou cianobactérias que freqüentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a sua transparência;

Classe VI - extremamente poluído: Corpos de água com condições bióticas seriamente restritas, resultante de severa poluição por matéria orgânica ou outras substâncias consumidoras de oxigênio dissolvido. Ocasionalmente ocorrem processos de anoxia em toda a coluna de água. Aporte e reciclagem de nutrientes muito altos. Corpos de água hipereutróficos, com intensas florações de algas e/ou cianobactérias cobrindo todo o espelho d'água. Eventual presença de substâncias tóxicas.

Observação: os lagos do tipo "Light Limited Lakes", ou seja, lagos limitados pela luz, devido a alta turbidez abiogênica, poderão enquadrar-se normalmente nas classes de III a VI, dependendo das peculiaridades de cada reservatório, sendo que nestes casos, normalmente não ocorrem florações do fitoplâncton, devido a redução da zona eufótica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados obtidos para reservatórios do Estado do Paraná, no período de 1999 a 2004, encontram-se sumarizados no anexo, sendo que os Índices de Qualidade de Água para cada um deles encontram-se devidamente calculados e apresentados abaixo. A Tabela 03 apresenta o IQAR médio relativo ao período estudado, indicando os respectivos níveis de comprometimento de cada reservatório.

Após estes resultados, são descritos também, de acordo com o grau de degradação da qualidade das águas, os usos recomendados para cada um dos ecossistemas estudados, bem como as eventuais medidas de conservação e manejo (profiláticas e terapêuticas).

Tabela 03 - Síntese da classificação dos reservatórios monitorados.

RESERVATÓRIO	IQAR 1999/ 2000	CLASSE 1999/ 2000	IQAR 2001/ 2002	CLASSE 2001/ 2002	CLASSE 2003/ 2004	IQAR 2003/ 2004
Foz do Areia	3,3	Classe III	3,1	Classe III	3,1	Classe III
Segredo	2,9	Classe III	2,8	Classe III	2,9	Classe III
Santiago	2,3	Classe II	2,6	Classe III	2,4	Classe II
Salto Osório	2,1	Classe II	2,4	Classe II	2,4	Classe II
Salto Caxias	--	--	2,0	Classe II	2,0	Classe II
Rio Verde	3,4	Classe III	3,5	Classe III	3,3	Classe III
Passauna - Estação Barragem	3,6	Classe IV	3,5	Classe III	3,0	Classe III
Passauna - Estação Olaria	3,7	Classe IV	3,2	Classe III	3,4	Classe III
Capivari	2,3	Classe II	2,6	Classe III	2,7	Classe III
Guaricana	--	--	3,0	Classe III	2,8	Classe III
Vossoroca	--	--	3,3	Classe III	3,0	Classe III
Iraí	--	--	3,4	Classe III	4,0	Classe IV
Piraquara	3,3	Classe III	2,8	Classe III	3,0	Classe III
Alagados	3,0	Classe III	3,2	Classe III	3,1	Classe III
Barigui	4,4	Classe IV	4,0	Classe IV	4,1	Classe IV
Lagoa Azul	4,5	Classe IV	4,9	Classe V	3,8	Classe IV
Raia Olímpica	4,0	Classe IV	4,2	Classe IV	3,7	Classe IV
Parque Barreirinha	4,1	Classe IV	4,1	Classe IV	3,7	Classe IV
Jardim Botânico	3,8	Classe IV	4,0	Classe IV	4,0	Classe IV
Parque Bacacheri	3,9	Classe IV	4,1	Classe IV	4,2	Classe IV
Parque São Lourenço	4,9	Classe V	4,6	Classe V	4,6	Classe V
Parque Tanguá	3,4	Classe III	3,5	Classe III	3,1	Classe III
Parque Tingui	4,0	Classe IV	3,7	Classe IV	3,7	Classe IV
Passeio Público	4,3	Classe IV	5,5	Classe V	5,5	Classe V
Itaipu - Corpo Central	2,2	Classe II	2,4	Classe II	2,2	Classe II
Itaipu – Braço Arroio Guaçu	3,1	Classe III	3,0	Classe III	2,8	Classe III
Itaipu – Braço São Francisco Verdadeiro	3,1	Classe III	3,5	Classe III	3,3	Classe III
Braço São Francisco Falso	2,6	Classe III	3,0	Classe III	3,0	Classe III
Itaipu – Braço Ocoí	2,6	Classe III	2,6	Classe III	2,2	Classe II
Itaipu – Braço Passo Cuê	2,8	Classe III	2,8	Classe III	2,2	Classe II

Legenda:

Classe I - não impactado a muito pouco degradado

Classe II – pouco degradado

Classe III - moderadamente degradado

Classe IV - criticamente degradado a poluído

Classe V – muito poluído

Classe VI - extremamente poluído

5. RECOMENDAÇÕES DE MEDIDAS DE SANEAMENTO E MANEJO DE RESERVATÓRIOS:

O desenvolvimento de técnicas de manejo e recuperação de reservatórios é relativamente recente e, em função da complexidade dos mecanismos de funcionamento destes ecossistemas, muitas vezes torna-se difícil a definição das medidas mais adequadas.

A avaliação da eficácia de uma medida de saneamento e/ou manejo deve levar em consideração algumas características próprias de cada reservatório, tais como:

compartimentalização horizontal, correntes de advecção, flutuação do nível da água, tempo de residência, morfologia, etc.

Um dos maiores problemas quando se procura definir medidas de manejo é que estes ecossistemas, devido as suas características "especiais", podem ser muito sensíveis aos processos de eutrofização provocados pela poluição, não sendo possível, em alguns casos, a adoção de medidas isoladas de saneamento, ou seja, aquelas que visam manejar apenas um compartimento do reservatório.

Para a melhor escolha destas medidas, deve-se distinguir as influências alóctones (oriundas, por exemplo do lançamento de efluentes domésticos e industriais, elementos tóxicos, etc.) das reações autóctones que são a resposta dos sistemas às influências externas.

Face ao exposto, torna-se clara a necessidade da adoção de um amplo programa de saneamento profilático e/ou terapêutico, quando visa-se a recuperação da qualidade das águas de reservatórios. De acordo com Schäfer (1985), estes dois tipos de medidas de saneamento podem ser definidos, genericamente, como:

1- MEDIDAS PROFILÁTICAS - são aquelas adotadas na área de influência do reservatório visando impedir ou minimizar o processo de degradação da qualidade das águas.

2- MEDIDAS TERAPÊUTICAS - são aquelas adotadas dentro do corpo d'água, visando restabelecer o equilíbrio do sistema.

É importante destacar que o saneamento terapêutico somente tem sentido quando, simultaneamente, empreendem-se medidas profiláticas quando visa-se à melhoria da qualidade ambiental. Algumas destas medidas são:

- Retirada da água de fundo;
- Promover entrada de água de melhor qualidade;
- Remoção do sedimento de fundo;
- Remoção da cobertura de macrófitas aquáticas;
- Remoção da biomassa planctônica;
- Controle e eliminação da entrada de material alóctone de origem orgânica, com altos teores de nutrientes;
- Diminuição do tempo de residência;
- Aeração do hipolímnio.

A adoção de uma ou mais destas medidas de saneamento, evidentemente, deve levar em consideração a classe de comprometimento da qualidade de água a que um reservatório pertence e seus usos preponderantes. Assim, os reservatórios das classes I, II e III, que apresentam melhores condições de qualidade de água, não necessitam de medidas terapêuticas, sendo mais apropriados aos usos mais exigentes, destacando-se o abastecimento doméstico após tratamento convencional e à proteção das comunidades aquáticas. Nestes casos, recomenda-se que as condições destes ambientes sejam verificadas e mantidas através de programas de monitoramento e saneamento preventivo.

Por outro lado, reservatórios das classes IV, V e VI apresentam comprometimento da qualidade das águas, não sendo recomendados aos usos mais exigentes, podendo em casos mais críticos (classe VI) serem utilizados apenas para fins paisagísticos. Nestes reservatórios, alguns dos parâmetros analisados encontram-se fora dos limites aceitáveis inclusive para a proteção das comunidades aquáticas. Nestes casos, um programa intensivo de monitoramento e medidas profiláticas e terapêuticas de saneamento devem ser implementado, visando a melhoria da qualidade das águas.

É importante salientar que à exceção dos lagos dos parques e bosques da cidade de Curitiba e do Reservatório do Iraí, todos os reservatórios monitorados no Estado do Paraná encontram-se dentro das CLASSES II e III, o que significa que a qualidade de suas águas é compatível com usos múltiplos. Nestes ambientes, devem ser adotadas medidas preventivas de saneamento, visando manter a condição da qualidade das águas, com especial atenção ao aporte de nutrientes e cargas orgânicas provenientes da ocupação antrópica da bacia hidrográfica onde estão inseridos.

Com relação aqueles lagos existentes nos parques e bosques da Região Metropolitana de Curitiba, embora tenham sido formados com a finalidade de harmonia paisagística, é importante lembrar que em função do atual quadro de degradação da qualidade de suas águas, os mesmos não atendem às exigências básicas para a proteção das comunidades aquáticas. Portanto, medidas terapêuticas devem ser adotadas, pois podem ocorrer eventuais mortandades de peixes em função da forte depleção de oxigênio dissolvido, principalmente em períodos de estiagem, além de intensas florações de algas e cianobactérias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

APHA;AWWA and WEF. 1998. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th Edition United Book Press. Inc.USA.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 1986. Resolução No. 20 de 18 de junho de 1986. Enquadramento dos corpos d'água, doce, salina e salobra em função de seus usos.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2000. Resolução No. 274 de 29 de novembro de 2000. Condições de balneabilidade e condições necessárias à recreação de contato primário.

FORNAROLLI - ANDRADE, L; XAVIER, C.F.; BRUNKOW, R.F. & TREUERSCH, M. 1994. Sistema de Avaliação, Classificação e Monitoramento de Qualidade das Águas de Reservatórios do Estado do Paraná. **I Seminário de qualidade de Águas Continentais no Mercosul - Anais**. Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. p. 333 - 342.

IAPAR, 2000. Cartas Climáticas do Estado do Paraná. <http://www.pr.gov.br/iapar>

MINISTÉRIO DA SAÚDE- Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária,2004. Portaria GAB/SNVS nº 518. Diário Oficial da União, de 26/03/04, seção I, p.266.

NUSCH,E.A.1980. Comparison of different methods for chlorophyll and pheopigments determination. Arch. Hydrobiol. Beih.(14) 14-36. Stuttgart, September, 1980.

SCHÄFER, A.. 1985. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais**. Porto Alegre, EDUNI-SUL. 532 p.

KIMMEL,B.L.&GROEGER,A.W. 1984. Factors controlling phytoplankton production in lakes reservoirs: A perspective. IN THORNTON,KIMMEL,B.L & KIMMEL THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L., & PAYNE, F.E..(ed) 1.990. **Reservoir Limnology: Ecological Perspectives**. A Wiley- Interscience. New York. 246p.

VOLLENWEIDER, R.A.&JORGENSEN, S.E. 1989. **Guidelines of Lake Management**. International Lake Environment Committee Foundation. 199p.

WETZEL, R. G.. 1981. **Limnologia**. Barcelona. Omega 679p.

ANEXOS