



naturae
Consultoria Ambiental Ltda

**UHE CANA BRAVA
PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO**

RELATÓRIO INTERPRETATIVO GERAL



JANEIRO DE 2005

EQUIPE TÉCNICA

Biol. M.Sc. Juliana Machado do Couto

Biol. M.Sc. Priscilla de Carvalho

Biol. Larice de Fátima Machado do Couto

INTRODUÇÃO

A água, na biosfera, faz parte do ciclo hidrológico, que é o princípio unificador fundamental de tudo o que se à água no planeta. O ciclo é o modelo pelo qual se representam a interdependência e o movimento contínuo da água nas fases sólida, líquida e gasosa (Figura 1). Evidentemente, a fase de maior interesse é a líquida, o que é fundamental para o uso e para satisfazer as necessidades do homem e de todos os outros organismos, animais e vegetais. Os componentes do ciclo hidrológico são (Speidel *et al.*, 1988):

- precipitação: água adicionada à superfície da Terra a partir da atmosfera. Pode ser líquida (chuva) ou sólida (neve ou gelo).
- evaporação: processo de transformação da água líquida para a fase gasosa (vapor d'água). A maior parte da evaporação se dá a partir dos oceanos; nos lagos, rios e represas também ocorre evaporação.
- transpiração: processo de perda da água pelas plantas, o qual entra na atmosfera.
- infiltração: processo pelo qual a água é absorvida pelo solo.
- percolação: processo pelo qual a água entra no solo e nas formações rochosas até o lençol freático.
- drenagem: movimento de deslocamento da água nas superfícies, durante a precipitação.

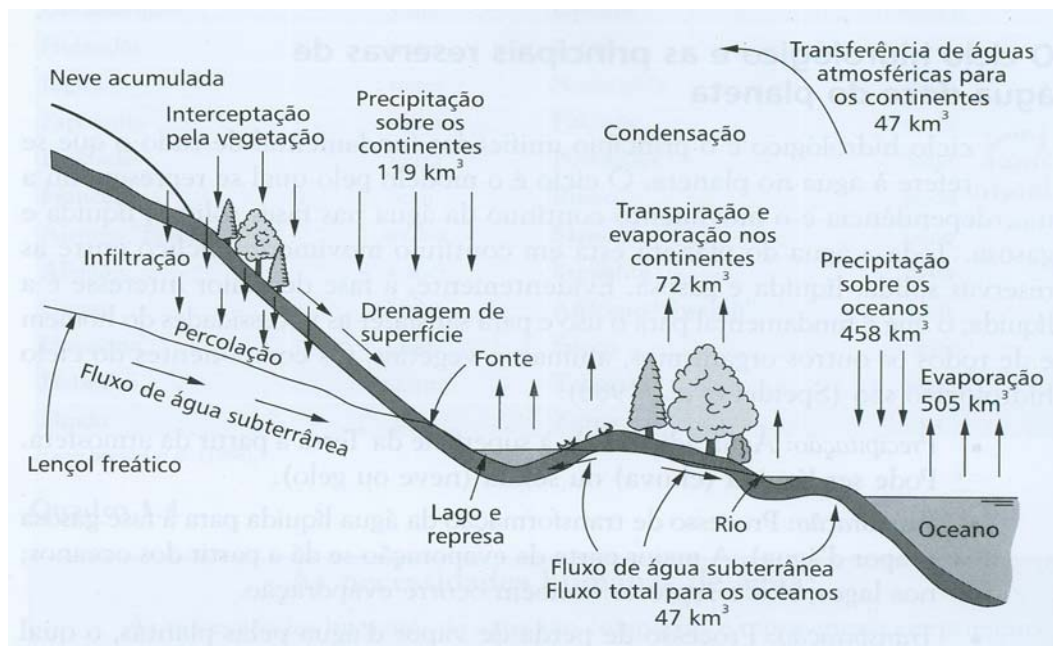


Figura 1. Ciclo Hidrológico.

A água que atinge a superfície de uma bacia hidrográfica pode, então, ser drenada, ser reservada em lagos e represas e daí evaporar para a atmosfera ou infiltrar-se e percolar-se no solo.

No contexto da limnologia, o estudo do ciclo hidrológico assume importância na medida que influencia diretamente a distribuição e a extensão dos corpos d'água continentais.

Em muitas regiões, o ciclo hidrológico tem sofrido grandes alterações, especialmente nas últimas décadas. Estas alterações resultam das diferentes formas de interferência humana sobre o meio ambiente como, por exemplo: construção de grandes cidades, drenagem de extensas áreas alagáveis, devastação de florestas e construção de grandes lagos artificiais (represas).

Em consequência do desenvolvimento industrial e sócio-econômico do Brasil, foram construídas inúmeras barragens, cujo objetivo principal foi a geração de energia elétrica. A construção dessas barragens resultou na formação de um grande número de ecossistemas lacustres artificiais. No Brasil, cerca de 85% da energia produzida é proveniente de usinas hidroelétricas.

A transformação de um rio em reservatório, através de seu barramento, tem como consequência primária o aumento do tempo de residência da água, o qual vai se refletir em uma série de alterações das características limnológicas do corpo d'água, tanto nas áreas represadas quanto no trecho fluvial a jusante (Thomaz *et al.* 1997a). Entre os fatores mais afetados estão os padrões de circulação de massas d'água, o comportamento térmico, o transporte de sedimentos e a dinâmica de gases e nutrientes (Agostinho *et al.*, 1992; Tundisi *et al.*, 1993, citado por Thomaz *et al.*, 1997a). As características originais da água, aliadas à configuração do reservatório, ao seu tempo de residência, ao percentual da cobertura de vegetação a ser inundada e, ainda, às características da barragem e ao tipo de operação, definirão as condições limnológicas futuras do novo ambiente.

Programas de caracterização e monitoramento limnológicos tornam-se ferramentas privilegiadas para identificação dessas novas condições e, se necessário, controle dos problemas delas decorrentes (Barbosa *et al.*, 1995; Esteves, 1995; Tundisi & Straskraba, 1995). Programas objetivos e contínuos geram bancos de dados que possibilitarão também a elaboração de balanços de

massa de nutrientes, a avaliação e acompanhamento de estado trófico e o desenvolvimento de modelos matemáticos que podem conferir previsibilidade a fenômenos como estratificação térmica, dinâmica de liberação de nutrientes, crescimento de macrófitas e outros de interesse para a geração e conservação de equipamentos, bem como para a conservação ambiental.

No caso de estudos que precedem alterações ambientais, os estudos limnológicos devem ter uma abordagem preditiva, isto é, buscar estabelecer modelos para predição de variáveis de utilização ampla, com baixo custo de obtenção transparência, nutrientes, biomassa fitoplanctônica etc., que indicam processos de importância capital para o manejo dos ecossistemas e para o desenvolvimento de hipóteses (Thomaz & Bini, 1999).

Os reservatórios são, normalmente, considerados sistemas complexos, pois apresentam características de transição entre sistemas lóticos e lênticos, como explicado anteriormente. Os estudos limnológicos destes sistemas devem sempre estar acoplados aos de hidrometria, uma vez que apresentam condições específicas resultantes da vazão, flutuações de nível e da velocidade d'água. Além disso, devem considerar também a estratificação longitudinal que se estabelece a partir do barramento, quando gradientes das propriedades físicas, químicas e biológicas se formam desde o influxo do rio até a barragem, estabelecendo três zonas distintas: a zona fluvial, a zona de transição e a zona lacustre (Thornton, 1990). Essa estratificação deve, necessariamente, ser contemplada no desenho de qualquer malha de monitoramento.

Na zona fluvial a função de força é a advecção (transporte horizontal por gravidade), uma vez que a correnteza é ainda forte o suficiente para transportar quantidades significativas de partículas em suspensão, a penetração de luz é limitada por essas partículas, e por sua vez limita a produção primária; ainda que exista uma demanda significativa de oxigênio, devido à degradação de material orgânico alóctone (oriundo da bacia de drenagem), o ambiente é aeróbio, uma vez que essa zona é geralmente rasa e não estratificada, ocorrendo incorporação do oxigênio atmosférico. A zona de transição apresenta um processo intenso de sedimentação das partículas suspensas e, em decorrência, um incremento na penetração de luz. A zona lacustre se define a partir do ponto do reservatório em que a sedimentação se torna baixa, a penetração de luz se torna suficiente para

propiciar a produção primária no nível possibilitado pela disponibilidade de nutrientes, e a convecção (transporte vertical por diferenças de temperatura e densidade) se torna a principal função de força, estabelecendo movimentos verticais de massas d'água e nutrientes dissolvidos (Thornton, 1990).

Por outro lado, o desenho da malha de monitoramento deve levar em conta também as ponderações de Agostinho (1995) e Agostinho & Gomes (1997), que definem monitoramento como “levantamentos conduzidos para avaliar o grau de variabilidade de fatores bióticos ou abióticos em relação a um modelo ou padrão conhecido ou esperado”. No caso de reservatórios neotropicais, os padrões esperados são o de estratificação longitudinal em zonas denominadas fluvial, de transição e lacustre, descritos acima, e de variações temporais relacionadas à ocorrência de uma estação seca e uma estação chuvosa, quando ocorre elevação dos níveis fluviométricos e incremento do aporte de materiais.

Agostinho (1995) adverte também que a informação sobre um estado ou um fenômeno deve ser obtida em uma escala temporal que reflita suas variações no sistema, e que a maioria dos fenômenos biológicos e limnológicos são cíclicos e regulados por fatores ambientais que variam de forma periódica e previsível, como o fotoperíodo, as estações do ano, chuvas, níveis fluviométricos etc. Tal periodicidade e previsibilidade devem ser consideradas na elaboração do desenho amostral.

Se em regiões temperadas as variações temporais das variáveis limnológicas resultam basicamente de alterações de temperatura e fotoperíodo (Payne, 1986, citado por Thomaz *et al.*, 1997b), em ambientes tropicais estão associadas principalmente às variações do nível fluviométrico, conforme o conceito de “pulsos de inundação”, que abrange uma fase de inundação e outra de seca (Junk *et al.*, 1989 e Neiff, 1990, citados por Thomaz *et al.*, 1997b).

Segundo esse conceito, as inundações são as principais funções de força responsáveis pela produtividade, estrutura e dinâmica da biota em rios de planície. Thomaz *et al.* (1997b) demonstraram que no rio Paraná as concentrações de nutrientes nos períodos de seca são significativamente distintas entre os diversos ambientes da planície (rios, canais e lagoas). Nos períodos chuvosos, quando o afluxo das águas do rio aos ambientes da planície eleva a capacidade de tamponamento e reduz as concentrações locais de fósforo e

nitrogênio. Assim, em relação à dimensão temporal, definem-se duas condições distintas, associadas à presença ou ausência do pulso de inundação, sendo desnecessária, salvo interesses específicos, a obtenção de dados mensais. A partir desse enquadramento teórico, Barbosa (1999) recomenda que os períodos de seca e chuva sejam monitorados de maneira intensiva, evitando-se amostragens mensais, “em geral desnecessárias”. Bicudo *et al.* (1999). Para Tundisi & Straskraba (2000), o intervalo de amostragem depende do grau de variabilidade do sistema estudado, podendo ser estabelecidos intervalos mais espaçados em períodos de baixa atividade biológica e amostras mais frequentes durante eventos como as cheias.

Com relação à escala espacial, Bini (1999), analisou dados de 12 variáveis limnológicas obtidas em 29 estações de coleta, distribuídas no corpo principal e dois tramos (rios Piracicaba e Tietê) do reservatório de Barra Bonita, SP, com o uso de técnica multivariada de ordenação (Análise de Componentes Principais: PCA). Essa análise corroborou o padrão de estabelecimento das zonas fluvial, de transição e lacustre, as quais se mostraram, no trabalho em apreço, significativamente representativas da heterogeneidade espacial do sistema. Para Barbosa (1999), a definição da rede de amostragem deve abranger o gradiente longitudinal, as contribuições dos principais afluentes, e as áreas da zona litorânea sujeitas a impactos pontuais expressivos.

Outros aspectos relevantes para definição do desenho amostral são as influências da bacia de drenagem. Henry *et al.* (1999) apresentam uma revisão de literatura que demonstra que:

- (i) bacias sedimentares transportam mais fósforo que bacias de rochas ígneas;
- (ii) bacias florestadas tendem a exportar menos fósforo que áreas de pastagens ou agricultura;
- (iii) o regime de precipitação, devido a eventuais diferenças em intensidade ao longo do ano ou entre locais da bacia (especialmente daquelas de grandes áreas), vai condicionar a dinâmica de erosão e transporte de materiais e nutrientes em suspensão em uma bacia e

- (iv) em condições similares de tipo e uso de solo, bacias com maior extensão ou densidade exportam mais fósforo que aquelas menores ou menos densas.

Dadas essas considerações, o desenho amostral deve contemplar também as eventuais diferenças de litologia, pedologia, pluviosidade, tipos e usos de solo na bacia, bem como as contribuições de tributários, quando significativas. De acordo com Tundisi & Straskraba (2000), salvo focos pontuais de poluição, devem ser estudadas todas as vazões afluentes que, isoladamente ou em conjunto, representem mais de 90% da vazão total recebida pelo reservatório, assegurado que, isoladamente, signifique mais de 10% dessa vazão. Esse protocolo evita que sejam amostrados tributários de pouca influência nas características limnológicas dos reservatórios.

O estudo das relações entre condicionantes limnológicos, enquanto causas, e as respostas fisiológicas dos organismos aquáticos, como efeitos (Bianchini Jr., 1994), é outro componente imprescindível aos estudos limnológicos. Alterações importantes de atributos físicos e químicos da água, como um período de anoxia, podem ocorrer em escalas de tempo e espaço muito pequenas, tornando muito difícil sua detecção. A composição, abundância e diversidade da biota aquática expressam a somatória temporal das condições ambientais, tornando-se sensores fundamentais do sistema (Camargo, 1994 e Loeb, 1994, citados por Brandimarte *et al.*, 1999). Grupos como os macroinvertebrados bentônicos são considerados monitores naturais e contínuos da qualidade da água, e vêm sendo frequentemente adotados em avaliações de sistemas aquáticos (Rosemberg, 1993 e Rosemberg & Resh, 1993, citados por Fonseca-Gessner & Guerreschi, 2000). Indicadores de obtenção relativamente fácil, como a riqueza de famílias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) podem traduzir de forma eficaz as alterações de um corpo d'água ao longo do tempo ou de gradientes espaciais. A distribuição e abundância da comunidade zoobentônica é determinada primariamente pela disponibilidade de oxigênio dissolvido, tipo de fundo e estrutura térmica. Assim, as populações mais densas e diversificadas são encontradas nos sedimentos acima da termoclina e ao longo da região litorânea, onde a turbulência provê oxigênio e alimentos. Abaixo da termoclina, devido à redução da temperatura e disponibilidade de oxigênio e uniformidade de

substrato, a comunidade zoobentônica torna-se menos abundante e diversificada, e em sistemas eutróficos apenas alguns organismos especializados sobrevivem (Horne & Goldman, 1994). Por exemplo, a abundância de gêneros da família Chironomidae como *Chironomus*, especializados em ambientes com baixas concentrações de oxigênio, é um indicador confiável da eutrofização do sistema, enquanto organismos exigentes como *Tanytarsus* indicam condições oligotróficas (Esteves, 1988).

A densidade, biomassa e composição específica da comunidade fitoplanctônica (Harper, 1992, e Huzsar *et al.*, 1998, citados por Thomaz, 1999) podem ser mais úteis do que índices na classificação trófica de ambientes aquáticos tropicais, e tendência em suas alterações, como aumentos da densidade de cianofíceas dos gêneros *Anabaena* e *Microcystis*, podem funcionar como indicadores prematuros da eutrofização. Também a comunidade zooplanctônica, seja pela densidade ou composição, pode ser um indicador eficaz do estado trófico. Tundisi *et al.* (1988) demonstraram clara correlação entre a razão entre os crustáceos das ordens *Calanoida* (filtradores de fitoplâncton e detritos) e *Cyclopoida* (predadores de outros componentes do zooplâncton) com o estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo.

Outro grupo de importância para a geração de energia e os usos múltiplos do reservatório é o das macrófitas aquáticas, termo abrangente que indica vegetais que habitam ambientes úmidos, independente de suas posições taxonômicas (Esteves, 1988). Esse grupo apresenta alta produtividade biológica, podendo influenciar a dinâmica de várias comunidades e até de ecossistemas aquáticos, propiciando condições para abrigo e alimentação de um amplo e diversificado número de organismos. Além disso, apresentam “efeito de filtro”, isto é, favorecem a sedimentação de material de origem alóctone, têm grande importância nos ciclos dos nutrientes do ambiente aquático; podem ainda ser a principal fonte de produção primária em ambientes lânticos, contribuindo para as cadeias de herbivoria e detritivoria de animais aquáticos; finalmente, é relevante sua importância para a disponibilidade de formas biologicamente assimiláveis de nitrogênio nos ambientes aquáticos, em função de suas associações com organismos perifíticos fixadores desse elemento (Esteves, *op.cit.*). Apesar dessa importância ecológica, as macrófitas aquáticas podem se tornar indesejáveis,

quando seu crescimento for excessivo, pois podem restringir o uso da água para consumo e recreação, podem abrigar vetores de diversas doenças, tornando-se críticas também para a saúde pública, e podem impor restrições à geração de energia elétrica, através da obstrução de tomadas d'água de usinas (Thomaz & Bini, 1999). Segundo esses autores, as macrófitas aquáticas podem colonizar reservatórios a partir do conjunto de espécies de ocorrência regional, e essa colonização é determinada por processos de dispersão que são favorecidos ou inibidos pelas alterações limnológicas causadas pelo represamento, que alteram a dinâmica de nutrientes e a transparência da água, e selecionam os grupos ecológicos aptos à colonização.

De acordo com Agostinho (1995), o valor de uma informação não tem uma relação direta com sua abrangência e acuracidade, mas tende a ser assintótico (isto é, há um ponto a partir do qual o nível de detalhamento da informação não amplia a compreensão dos fenômenos analisados). Por outro lado, o incremento dessa abrangência e acuracidade aumentam de modo exponencial o custo da informação. A adoção de uma malha de monitoramento muito complexa pode conduzir a uma situação em que o custo de obtenção das informações é significativamente elevado, sem a contrapartida do ganho de valor nessa informação. Deve-se buscar o ponto teórico onde se estabelece a máxima diferença entre o valor intrínseco da informação e o custo de sua obtenção.

Buscando um compromisso adequado entre custo e qualidade das informações, os estudos limnológicos nos mais importantes reservatórios brasileiros têm evitado um número excessivo de estações de coleta. Esse excesso, via de regra, propicia a situação descrita por Agostinho (1995) de elevação de custo sem ganho de qualidade. No reservatório de Segredo, no rio Iguaçu (PR), foram adotadas seis estações de coletas limnológicas a montante e uma a jusante (Thomaz *et al.*, 1997b). O reservatório de Serra da Mesa, no rio Tocantins, que é o maior reservatório do Brasil em volume d'água e o quinto em área, foi monitorado com sete estações a montante durante o período de enchimento (De Filippo *et al.*, 1999). No reservatório de Porto Primavera, no rio Paraná, com a quarta maior área entre os reservatórios brasileiros, foram adotadas quatro estações a montante e uma a jusante da barragem.

Nesse sentido, o reservatório da UHE Cana Brava está sendo monitorado desde o início das obras, em um programa denominado Programa de Monitoramento Limnológico e Qualidade da Água (PMLQA), dividido em 3 fases distintas: fase rio, fase reservatório e fase operação.

O PMLQA monitora os parâmetros: pH, temperatura, transparência, turbidez, condutividade elétrica, dureza, alcalinidade, cloretos, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, enxofre, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas, ferro solúvel, sólidos totais dissolvidos, sulfetos, sulfatos, orto-fosfato e coliformes totais. Além dos parâmetros físico-químico e bacteriológico, foram coletadas amostras para identificação das comunidades biológicas (zooplâncton, fitoplâncton e zoobentos).

A **temperatura da água** é diretamente influenciada pela radiação solar, variando com a temperatura do meio ambiente, porém, de um modo menos brusco e em menor magnitude, pelas suas características de tampão-térmico em função de seu elevado calor específico e da absorção de energia na forma de luz. A temperatura é um parâmetro importante devido a seu efeito nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas e também nos processos como a solubilidade dos gases dissolvidos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos.

A **transparência** é a capacidade de penetração da luz na água. Do ponto de vista ótico, a transparência é o oposto da turbidez. Sua avaliação é feita mergulhando-se o disco de Secchi no lado da sombra do barco. A profundidade de desaparecimento do disco é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no caminho ótico. Em outras palavras, a profundidade de desaparecimento do disco corresponde àquela profundidade na qual a radiação de 400 – 700 nm, portanto a faixa visível, refletida do disco não é mais sensível ao olho humano. A medição da transparência ao longo de um programa de monitoramento limnológico possibilita não só avaliar a evolução da transparência na água, como também inferir sobre fenômenos ligados à biologia, à física e química do ambiente, como por exemplo a eutrofização.

A **condutividade elétrica** da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica. A água pura no estado líquido possui condutividade bem baixa, apenas centésimos de microsiemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$). À

medida que cresce a concentração iônica, a condutividade da solução cresce. Existe boa correlação entre valores de condutividade e concentração iônica da solução para um tipo de soluto. Em águas naturais não se pode esperar que haja uma relação direta entre condutividade e concentração de sólidos dissolvidos totais, porque as águas naturais não são soluções simples. A relação condutividade e sólidos dissolvidos totais só será definida em águas naturais de determinadas regiões onde exista uma predominância bem definida de um determinado íon. A condutividade elétrica da água constitui uma das variáveis mais importantes em limnologia, visto que pode fornecer importantes informações tanto sobre o metabolismo do ecossistema aquático, como sobre fenômenos importantes que ocorram na sua bacia de drenagem.

A **dureza** da água depende basicamente da concentração de sais de cálcio e magnésio dissolvidos. Estes íons normalmente ocorrem sob a forma de carbonatos e bicarbonatos e são importantes também para a condutividade, pH e alcalinidade. Águas com teores destes sais inferiores a 125 mg/l são classificadas como moles; de 125 a 230 mg/l, como médias ou ligeiramente duras e de 230 a 450 mg/l como duras.

A **alcalinidade total** representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos. Esta capacidade depende de alguns compostos, principalmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, sendo que este último ânion é raro na maioria das águas naturais, ocorrendo geralmente em águas cujo pH é superior a 10. A alcalinidade reflete, em última instância, a capacidade que um ecossistema aquático apresenta em neutralizar (tamponar) ácidos a ele adicionados.

O **CO₂** (carbono inorgânico) presente no meio ambiente aquático pode ter várias origens, sendo que as principais são: atmosfera, chuva, água subterrânea, decomposição e respiração de organismos. O CO₂ na água, geralmente está combinado com outros compostos. A própria molécula de água é um dos compostos que mais facilmente reage com o CO₂. Este fenômeno ocorre logo que o CO₂ se difunde no meio aquoso. Assim, parte se combina com a água formando ácido carbônico, tornando o pH da água levemente ácido. Este ácido é fraco e logo após sua formação sofre dissociação formando íons hidrogênio e bicarbonato. Assim, o carbono inorgânico pode ocorrer no ambiente aquático, em

três formas principais: carbono inorgânico livre (CO_2 e H_2CO_3), íons bicarbonatos (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}). Estas formas são fundamentalmente relacionadas com o pH do meio.

O **enxofre** em ecossistemas aquáticos pode apresentar-se sob várias formas: como íon sulfato, íon sulfito, íon sulfeto, gás sulfídrico, dióxido de enxofre, ácido sulfúrico, enxofre molecular e associado a metais. A concentração de enxofre nos lagos tem aumentado consideravelmente nos últimos anos. Este aumento tem sido observado não somente nos lagos localizados em regiões industrializadas, mas também naquelas distantes de centros urbanos e industriais. O transporte de gases e material particulado na atmosfera, contendo enxofre, e a posterior precipitação com as chuvas, tem sido apontado como a principal causa para o aumento da concentração de enxofre. As fontes de enxofre para os ambientes aquáticos são principalmente três: decomposição de rochas, chuvas e agricultura. Normalmente o enxofre não atua como fator limitante na produção de ecossistemas aquáticos. Nas transformações que os compostos de enxofre sofrem num ecossistema aquático, participam tanto processos químicos quanto biológicos. Nos processos biológicos os organismos, especialmente bactérias, têm papel fundamental. A formação gás sulfídrico a partir da decomposição de compostos orgânicos sulfurosos é um processo no qual as bactérias saprofíticas têm um importante papel. Outra fonte importante de gás sulfídrico no meio aquático é a redução biológica de sulfato, tiosulfato e sulfito em condições anaeróbias. Após sua formação, o gás sulfídrico se mantém ou não, em função principalmente da concentração de oxigênio. Em presença de oxigênio, ele é estável e é oxidado a enxofre elementar e biologicamente, através de várias etapas, é oxidado a sulfato. Na ausência de oxigênio, o gás sulfídrico acumula-se no hipolímno, tornando esta porção da coluna d'água nociva à maioria dos organismos aquáticos.

O **oxigênio dissolvido** na água é proveniente de fotossíntese e do ar. A presença de poluentes orgânicos na água pode reduzir o teor de oxigênio dissolvido a níveis críticos para a vida aquática. A queima de oxigênio dissolvido na água ocorre pela decomposição da matéria orgânica, reduzindo assim a quantidade na água. Águas de boa qualidade apresentam quantidades de oxigênio dissolvido superiores a 5,0 mg O_2/l .

A **demanda bioquímica de oxigênio** avalia a quantidade de oxigênio dissolvido que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica biodegradável. O uso deste processo eminentemente empírico permite avaliar um efeito importante da poluição sem a necessidade do processo analítico, que consiste em identificar todos os compostos orgânicos presentes e determinar estequiometricamente a quantidade de oxigênio que cada um deles necessita para sua oxidação. Além disso, o resultado será mais real do ponto de vista dos efeitos produzidos, porque a estequiometria não levaria em conta o grau de biodegradabilidade e, portanto o real consumo de oxigênio e o tempo em que seria produzido.

Óleos e graxas são todas as substâncias que o solvente empregado consegue extrair de uma amostra acidificada, que não se volatiliza durante a evaporação do solvente. Óleos e graxas podem ocorrer nas águas naturais como resultado da decomposição da matéria orgânica natural (plâncton e formas superiores de vida aquática) ou podem fazer parte de dejetos poluidores. Neste último caso podem ocorrer parcialmente solubilizados, emulsionados por detergentes ou saponificados por álcalis. Podem também, formar películas nas superfícies de coleções hídricas. O problema causado pelas películas de óleos e graxas na superfície das coleções líquidas está relacionado com a dificuldade de oxigenação dessas águas, também costumam ser resistentes à digestão anaeróbica, causando acúmulos de espuma ou se depositar nas margens dos cursos d'água.

O **ferro** é um dos elementos mais frequentes na superfície da terra. Conseqüentemente seus compostos são encontrados em todos os corpos d'água, mesmo que em concentrações muito reduzidas. O ferro pertence ao grupo dos elementos indispensáveis ao metabolismo dos seres vivos; é um micronutriente. Este elemento exerce grande influência na ciclagem de outros nutrientes importantes como o fósforo. O ferro presente na água pode estar sob a forma oxidada e/ou reduzida. As concentrações destas duas formas, no meio, dependem de vários fatores físico-químicos, sendo pH, temperatura e potencial redox os mais importantes. Em pH abaixo de 7,5; baixa concentração de oxigênio e baixo potencial redox ocorre inteira redução de Fe^{3+} a Fe^{2+} . A forma reduzida de ferro torna-se solúvel principalmente sob a forma de bicarbonato ($FeHCO_3$), ou como

íons Fe^{3+} em equilíbrio com hidróxido de ferro (Fe(OH)_3) após sua oxidação, o que provoca aumento da sua concentração na água. Pode também estar suspensa, adsorvida a partículas e complexada a substâncias orgânicas. Por outro lado, a forma reduzida de ferro precipita-se sob a forma de Fe(OH)_2 , FeCO_3 e FeS . Em consequência a concentração de ferro na água é baixa.

O índice de **coliformes totais** visa avaliar o potencial de contaminação da água por patógenos de origem fecal. Baseia-se na determinação empírica da concentração de coliformes fecais em um volume dado de água. As bactérias do grupo coliforme não são, normalmente, patogênicas, mas são microrganismos de presença obrigatória, em grande número, nos intestinos dos animais e, portanto, na matéria fecal. Assim sendo, sua presença permite detectar a presença de fezes na água em concentrações extremamente diluídas, dificilmente verificáveis pelos métodos químicos correntes. Como, por outro lado, as bactérias patogênicas veiculadas por água estão sempre associadas às fezes, a presença destas constitui presença potencial de patógenos, que será inferida da presença de coliformes. Este parâmetro permite identificar o efeito nocivo da poluição sem a necessidade do estudo analítico de identificação dos patógenos. Além disso, é mais seguro, uma vez que a simples verificação de ausência dos patógenos em uma pequena amostra não permitirá inferir a sua ausência na água, ao passo que a ausência de coliformes permite, sem dúvida, concluir pela ausência de matéria fecal. Este é um critério muito forte na avaliação da qualidade da água. O grau de poluição de esgotos cloacais pode ser estipulado pelo número mais provável de coliformes na água.

A água pura não produz sensação de **odor** ou sabor nos sentidos humanos. O odor é reconhecido como sendo uma característica estética prejudicial ao consumo da água para abastecimento urbano ou para recreação. Os produtos que conferem odor ou sabor à água são usualmente originados da decomposição da matéria orgânica ou atividade biológica de microrganismos, ou ainda de fontes industriais de poluição. A detecção do odor e sua quantificação é bastante difícil pois depende, exclusivamente, da sensibilidade do olfato humano. Esta sensibilidade varia muito de indivíduo para indivíduo, e tende a diminuir com a constante exposição. A legislação ambiental exige apenas que as águas de

abastecimento estejam virtualmente livres de substâncias que causam odor ou sabor.

O **pH** é o cologarítmo da concentração hidrogeniônica na água e dá idéia de sua acidez ou alcalinidade. Sofre influência da temperatura, gases e íons dissolvidos e do tipo de solo o qual está o corpo d'água. O pH ideal à vida aquática e mais freqüentemente encontrado é o neutro, mas ocorrem casos de água ácidas ou básicas, principalmente em função do tipo de solo e do aluvião recebido. No geral as água interiores apresentam um sistema tampão (CO_2 – carbonatos) que regula o pH em uma faixa bastante tolerável para os seres vivos, ou seja, entre 5,0 e 9,0.

A **turbidez** é a alteração da penetração da luz na água devido às partículas em suspensão, tais como: plâncton, bactérias, argila, silte e fontes de poluição que lançam material fino e outros. No Brasil, admite-se que águas naturais que possuam turbidez de até 100 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) possam ser utilizadas para abastecimento urbano.

Os **cloretos** juntamente com outros íons como: cálcio, magnésio, sódio e potássio têm importante papel na produtividade global dos ecossistemas aquáticos, pois fazem parte de importantes processos fisiológicos de suas comunidades. Entre as principais funções dos cloretos, sódio e potássio, está a troca e o transporte de outros íons para os meios intra e extra celulares. No meio aquático, estes íons dificilmente atuam como fatores limitantes. Ao contrário das águas marinhas, as águas continentais apresentam grande variação de concentração em seus principais cátions e íons. Este fenômeno está relacionado principalmente com as características geológicas da bacia de drenagem e com as condições climáticas a que está submetida. Algumas águas contendo 250 mg/l podem apresentar sabor salgado, se o cátion sódio estiver presente. Entretanto, esse sabor salgado pode estar ausente em águas contendo 1000 mg/l quando os cátions predominantes são cálcio e o magnésio. Altas concentrações de cloreto impedem o uso da água para a agricultura e exigem tratamento adequado para usos industriais, bem como causam danos a estruturas metálicas.

Em Limnologia, quando se encontra referência sobre a concentração de amônia, na maioria dos casos, estão englobadas as concentrações das duas formas de **nitrogênio amoniacal** (NH_3 e NH_4^+). Estes compostos estão

diretamente relacionados com processos de produção e decomposição. Geralmente nas regiões tropicais, em reservatórios formados sobre florestas a decomposição da biomassa vegetal na camada inferior da coluna d'água, é responsável pelo acúmulo de nitrato, nitrito e sobre tudo de nitrogênio amoniacal. Em muitas épocas, especialmente no período de seca, a concentração de nitrogênio amoniacal nestes ambientes pode atingir valores muito elevados, mesmo na parte superior da coluna d'água. Podem ocorrer outras formas de **nitrogênio amoniacal** como a hidroxilamina (NH_2OH). Estes compostos são via de regra, quantitativamente inexpressivos e representam formas intermediárias de processos metabólicos, como por exemplo, a desnitrificação. Altas concentrações do íon amônia podem ter grandes implicações ecológicas, com, por exemplo: influenciando fortemente a dinâmica do oxigênio dissolvido no meio, uma vez que para oxidar 1,0 mg de (NH_4^+), são necessários cerca de 4,3 mg de O_2 e influenciando nas comunidades aquáticas, pois em pH básico o (NH_4^+) se transforma em amônia (NH_3 livre, gasoso), que dependendo de sua concentração pode ser tóxico. Em condições normais a concentração de amônia atinge muito raramente, níveis letais. Para atingir estes níveis devem ocorrer simultaneamente elevados valores de pH, temperatura e baixos valores de potencial de oxidação-redução. Valores acima de 2,0 mg/l N- NH_4^+ são considerados elevados e podem indicar ambiente com grande concentração de matéria orgânica em decomposição.

O nitrogênio apresenta-se na água de três formas principais: o N amoniacal, os nitritos e os nitratos são compostos que estão diretamente relacionados com processos de produção e decomposição. Em conseqüência, sua distribuição na coluna d'água é função destes processos que por sua vez, são influenciados pelo comportamento térmico da massa da água. Estas formas de nitrogênio, nessa ordem, são aproveitados pelos organismos do fitoplâncton e demais vegetais aquáticos. O N amoniacal na presença de oxigênio é oxidado a nitrito e este a nitrato. Os nitratos são os principais estimulantes da produtividade primária aquática, ao passo que os nitritos são relativamente tóxicos para animais e vegetais aquáticos, assim como os compostos amoniacais, em função do pH da água, inibem a fixação dos nitratos pelos vegetais. Na água, o N é originado da decomposição orgânica bacteriana e também diretamente fixado pôr algas

cianofíceas a partir de N nitrito e nitroso, oriundos de reações provocadas pelas tempestades na atmosfera. O **nitrito** é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados. Em ambientes poluídos a concentração de nitrito pode assumir valores significativos. Em ambientes anaeróbios, como o hipolímno de lagos eutróficos em período de estratificação, pode-se encontrar altas concentrações deste íon. Este aumento de concentração é consequência, principalmente, da desnitrificação que ocorre durante o período de anoxia do hipolímno. O fitoplâncton pode assimilar nitrito, em caso de escassez do íon amônio e nitrato. Em altas concentrações, o nitrito é extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos.

Juntamente com o íon amônio, os **nitratos** assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais formas de nitrogênio para os produtores primários. A distribuição de nitrato na coluna d'água de lagos tropicais não evidenciam nenhum padrão definido. De modo geral têm-se observado que durante o período de estratificação térmica da massa d'água, as concentrações são mais baixas do que durante o período de circulação, tanto no epilímno como hipolímno. Portanto, para ambientes lóticos não espera-se diferenças na concentração de nitrato na coluna d'água, porém podem ocorrer variações sazonais.

Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos d'água. Sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho e características químicas. Na prática os sólidos podem ser classificados em dois grupos: em suspensão e dissolvidos. Os **sólidos dissolvidos** incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos. São considerados sólidos dissolvidos qualquer partícula que passe através de uma membrana filtrante de 1,2 μm . Em águas naturais, a concentração de **sólidos dissolvidos totais** dão a idéia das taxas de desgaste das rochas por intemperismo. Em regiões de altos índices pluviométricos mas com rochas insolúveis como o granito, o escoamento superficial apresentará baixos valores de sólidos dissolvidos totais. O excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão. Os íons dissolvidos (sais dissolvidos) podem ser estimados pelo teor de sólidos totais dissolvidos, o qual também se correlaciona com a condutividade. Para águas de

abastecimento, permite-se um valor de 500 mg/l de sólidos dissolvidos totais. Isso vale também para águas de irrigação, uma vez que excesso de sólidos dissolvidos pode levar a graves problemas de sanilização do solo.

Os íons **sulfetos** é uma das formas como o enxofre pode ser encontrado nos ecossistemas aquáticos. Estes íons são utilizados com fonte de energia por bactérias sulfurosas durante a fotossíntese. Além disso, na fotossíntese das bactérias sulfurosas não há liberação de oxigênio, mas sim de 2S (enxofre molecular). As bactérias sulfurosas autotróficas podem ter importante papel na produtividade primária total de alguns lagos. Em lagos meromíticos ocorrem variações diárias na concentração de sulfetos. Durante o dia, ocorre fotossíntese por bactérias sulfurosas púrpuras, que são responsáveis pela oxidação de grande parte destes sulfetos, com drástica redução de sua concentração. O aumento de sulfetos observado à noite é devido à combinação de dois fatores principais, a redução de sulfato a sulfeto e a difusão destes a partir da parte inferior do lago.

Os **sulfatos** são juntamente com o gás sulfídrico as formas mais freqüentes de enxofre presentes na água. O íon sulfato assume maior importância na produtividade do ecossistema, visto que constitui a principal fonte de enxofre para os produtores primários. A distribuição do íon sulfato é fortemente influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema. Assim, um ecossistema localizado próximo ao mar, ou em regiões com rochas ricas em sulfatos, apresentará maior concentração do que aquelas localizadas em regiões com predominância de rochas ígneas. Desta forma, a concentração de sulfato pode variar desde valores não detectáveis até valores de saturação. Outro fato importante na determinação da concentração de sulfato é o estágio de evolução do sistema. Aqueles sistemas formados por bacias isoladas e em estágio senescente, caracterizados pela pouca profundidade e alta evaporação, as concentrações de íons são geralmente altas. Nos ecossistemas de águas interiores em que não há influência marítima e que estão localizados em regiões com predominância de rochas sulfatadas, as concentrações de sulfato são mais baixas do que naqueles que sofre influência marítima. No entanto, nos ecossistemas de águas interiores sujeitos à contaminação antropogênica, podem ser encontrados valores altos para a concentração de sulfato. A distribuição vertical do sulfato é fortemente influenciada pela concentração de oxigênio. Nos

ambientes que apresentam condições aeróbias em toda coluna d'água, a forma predominante de enxofre é a oxidada (sulfato). Esta condição é encontrada em ambientes oligotróficos, mesotróficos e eutróficos durante o período de circulação. Por outro lado, ambientes que apresentam parte da coluna d'água anoxia, além de sulfato, podem também apresentar gás sulfídrico. Esta situação ocorre em ambientes eutróficos durante o período de estratificação térmica. Nestes ambientes, o sulfato pode ser encontrado em toda a coluna d'água, enquanto que o gás sulfídrico é encontrado na região anaeróbica. A legislação ambiental estabelece que para águas naturais a concentração de sulfato recomendada é de 250 mg/l SO₄.

Na maioria das águas continentais, o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas. Toda forma de fósforo presente em águas naturais, quer na forma iônica, quer na forma complexada, encontram-se sob a forma de **fosfato**. Assim, em limnologia, deve-se utilizar esta denominação para se referir às diferentes formas de fósforo no meio aquático. O fosfato presente em águas continentais encontra-se em diferentes formas. Atualmente, tem se utilizado de uma classificação mais sumária, que agrupa as várias formas em apenas cinco: fosfato particulado, fosfato orgânico dissolvido, fosfato inorgânico dissolvido ou orto-fosfato ou fosfato reativo, fosfato total dissolvido e fosfato total. Na água o íon fosfato pode estar sob diferentes espécies iônicas em função do pH do meio. Como em águas continentais a faixa de pH mais freqüente, situa-se entre 5 e 8, as espécies iônicas predominantes, são H₂PO₄⁻ e HPO₄²⁻. O fosfato presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fósforo. Outros fatores naturais que permitem o aporte de fosfato podem ser: o material particulado presente na atmosfera e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone. As fontes artificiais de fosfato mais importantes são: esgotos domésticos e industriais; fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial presente no ar atmosférico. Vários fatores físico-químicos interferem na precipitação de fosfato no ambiente aquático; entre estes destacam-se: a concentração dos íon ferro, alumínio, sulfeto, compostos orgânicos, carbonatos,

pH e condições de oxi-redução. Entre todos os íons que interferem na precipitação do fosfato, os de ferro têm o papel mais importante. A ação dos íons de ferro sobre a dinâmica do fosfato depende do seu estado de oxidação, que por sua vez, depende da concentração do oxigênio e do pH do meio. A principal consequência da precipitação do fosfato é sua exclusão definitiva ou temporária de circulação, com múltiplas implicações sobre o metabolismo de todo o ecossistema aquático, especialmente reduzindo a sua produtividade. Este fenômeno constitui-se numa verdadeira tragédia limnológica, visto que um dos elementos mais importantes para a produção do sistema pode ser permanentemente imobilizado nos sedimentos, especialmente quando se trata de ambientes com baixas concentrações de fosfato. A liberação de fosfato para a coluna d'água ocorre mais facilmente em condições de baixas concentrações de oxigênio e, sobretudo em anaerobiose, condição esta, observada freqüentemente em valores de potencial de oxi-redução muito negativos. Estas características são freqüentemente encontradas na parte inferior da coluna d'água, especialmente quando esta se encontra estratificada termicamente e o íon ferro encontra-se na forma reduzida. Nestas condições não ocorre precipitação de fosfato pelo ferro permanecendo, portanto, solúvel. Em condições aeróbias, o sedimento apresenta uma camada de oxidação, sobre uma camada reduzida (sem oxigênio). A camada oxidada funciona como uma barreira que impede a liberação do fosfato para a coluna d'água. No entanto, à medida que o hipolímno se torna anaeróbio, esta camada de oxidação torna-se menos espessa, podendo mesmo desaparecer. O sedimento apresenta-se então totalmente reduzido, condição favorável para a liberação de fosfato para a coluna d'água. O aumento da concentração de fosfato dissolvido na água aumenta as chances de eutrofização. Existe uma relação entre a concentração de nitrogênio inorgânico (Nitrito + Nitrato) e fosfato, em águas naturais pode variar entre 15 e 40 mg/l. Abaixo de 15, há excesso de fósforo no meio líquido; acima de 40 pode estar havendo demanda bioquímica de oxigênio nitrogenada. Também existe uma relação entre a estimativa da produtividade primária através da clorofila – A. Para concentrações de fosfato maiores que 5 mg/l, a relação clorofila – A/ fosfato total, maior que 10, indica forte contaminação por nutrientes. Em água interiores com alta concentração de matéria orgânica, é comum observar-se, durante o período de

anoxia, a formação de gás sulfídrico. Nestes ambientes, o íon Fe^{++} reage com o íon sulfeto (S^{--}), originado da dissociação de gás sulfídrico, formando sulfeto ferroso (FeS), que é um composto altamente insolúvel. Através deste processo, o fosfato permanece livre na coluna d'água. A precipitação de FeS pode ser facilmente reconhecida pela cor preta do sedimento. A distribuição de fosfato na coluna d'água está mais relacionada com a concentração de oxigênio e o regime de estratificação térmica, do que com sua produtividade primária. No caso de represas, além destes fatores, a quantidade de fitomassa inundada, quando da formação, é de fundamental importância na determinação da concentração e da distribuição de fosfato na coluna d'água. Represas tropicais quando formadas sobre florestas, o hipolímno pode apresentar concentrações de fosfatos totais nos primeiros anos, após o seu represamento, maiores do que nos lagos poluídos ou eutrofizados artificialmente.

Fitoplâncton é a comunidade composta pelas algas, e tem um papel fundamental na produção primária e, em decorrência, na disponibilidade de O_2 e na cadeia alimentar nos ecossistemas aquáticos. Ambientes aquáticos oligotróficos apresentam pouca biomassa fitoplanctônica, muitas espécies, as quais se distribuem até grandes profundidades, e raras ocorrências de florações, enquanto ambientes eutróficos têm biomassa abundante, com poucas espécies, todas distribuídas próximas à superfície, florações frequentes e gêneros típicos como *Anabaena*, *Microcystis*, *Melosira* e outros.

Zooplâncton é a comunidade de organismos animais que utilizam a coluna d'água como habitat, tais como protozoários, rotíferos, crustáceos (cladóceros, copépodos calanóides e copépodos ciclopóides) e dípteros; são importantes nas cadeias alimentares de peixes e podem ser utilizados como controladores da eutrofização através de técnicas de biomanipulação.

Zoobentos é a denominação genérica da comunidade de organismos associados ao sedimento; são importantes na ciclagem de nutrientes, nas cadeias alimentares de peixes e como indicadores de qualidade da água.

Esse relatório apresenta os dados do PMLQA, de agosto de 2000 a dezembro de 2004, contemplando 15 campanhas de coleta de amostras em campo e suas devidas análises e interpretação frente à legislação ambiental

pertinente, com uma ênfase interpretativa na Fase Operação (compreendendo 7 campanhas entre julho de 2003 e dezembro de 2004).

MONITORAMENTO

A Usina Hidrelétrica Cana Brava está localizada no Alto Rio Tocantins, a jusante da Usina hidrelétrica Serra da Mesa, entre os municípios de Minaçu e Cavalcante, no extremo norte do Estado de Goiás, com sua área de influência direta do reservatório incluído, também, o município de Colinas do Sul (Cavalcante *et al.*, 2002). O reservatório de Cana Brava da UHE Cana Brava possui uma área inundada de 139 Km² de cerrado antropizado e matas ciliares, onde a maior parte ficou restrito à calha histórica do rio Tocantins, em um enchimento real de 39,07 metros, saindo da cota inicial de 293,02 metros até a cota de 332,09 metros (Naturae, 2002).

Na Fase Rio foram realizadas 6 campanhas correspondendo aos meses de agosto, setembro, e dezembro de 2000 e abril, julho e novembro de 2001 abrangendo no total 12 pontos amostrais (6 localizados no rio Tocantins e 6 pontos nos tributários a montante da UHE). Nesta fase, os rios formadores do reservatório apresentaram como característica comum os valores de pH dentro da faixa neutra até levemente alcalina, durante todo o período monitorado, possivelmente devido à presença de formações calcárias existentes na região. Além disso, destaca-se que grande parte das variáveis analisada estavam dentro dos limites preconizados pela resolução CONAMA nº 20 / 1986, com exceção de alguns valores de orto-fosfato e turbidez, em janeiro de 2002, período em que ocorreu o fechamento da barragem.

Na Fase Reservatório foram realizadas 2 campanhas, uma no período de estiagem (agosto de 2002) e outra no período chuvoso (janeiro de 2003). Segundo Matsumura-Tundisi *et al.* (1991), a decomposição do folheto e do solo alagado num primeiro momento, e a queda das folhas da floresta alagada e sua decomposição, encontram-se entre os principais pulsos na fase de enchimento, ou seja, o período de enchimento pode ser caracterizado como uma fase de enriquecimento de nutrientes da coluna da água.

Na Fase Operação, foram realizadas, até o momento 7 campanhas correspondendo os seguintes meses: julho, outubro e dezembro de 2003 e abril, julho, setembro e dezembro de 2004 (Tabela 1). Dos seis pontos localizados nos tributários do Rio Tocantins, durante o monitoramento na fase rio, foram mantidos 5 (ponto 2, 5, 7, 8, 10) e acrescentado mais um ponto de coleta no Rio Bonito

(ponto 22). O corpo central do reservatório passou a ser monitorado por quatro pontos (1, 6, 20 e 21), 1 ponto localizado a jusante do reservatório e dois pontos localizados na praia de Minaçu (Tabela 2; Figura 2).

Originalmente o PMLQA contou com 22 pontos amostrais. Em um acordo entre a Gerência Ambiental da UHE Cana Brava e consultores do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), os mesmos foram reduzidos a 12 (Fases Rio e Reservatório) e aumentados a 13 pontos (Fase Operação), mantendo sua numeração original (ver Tabela 2).

Tabela 1. Datas das campanhas de coleta do PMLQA.

FASES		
Rio	Reservatório	Operação
4 a 10.08.2000	12 a 17.07.2002	19 e 20.07.2003
17 e 18.10.2000	5 e 6.01.2003	9 e 10.10.2003
21 e 22.12.2000		21 e 22.12.2003
23 a 30.04.2001		4 e 5.04.2004
23 a 30.07.2001		27 e 28.07.2004
28 a 30.11.2001		11 e 12.09.2004
		7 e 8.12.2004

Tabela 2. Pontos de coleta monitorados no PMLQA.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	LAT. UTM	LONG. UTM	REFERENCIAL
1	Tocantins-córrego Florêncio	0807916	8475550	Montante
2	Rio Preto	0818021	8483212	Montante
5	Rio São Félix	0813085	8500588	Montante
6	Tocantins/ Foz São Félix	0814861	8500568	Montante
7	Rio Bonito	0805671	8507380	Montante
8	Córrego Varjão	0802994	8507596	Montante
10	Rio do Carmo	0819895	8513764	Montante
15	Tocantins-Rio Cana Brava	0807240	8539350	Jusante
18	Praia de Minaçu - parte interna	0802005	8505330	Montante
19	Praia de Minaçu - parte externa	0802134	8506068	Montante
20	No meio do reservatório	0807613	8511356	Montante
21	Tocantins-próximo à barragem	0809595	8516100	Montante
22	Rio Bonito (acima do ponto 7)	0799330	8500256	Montante

A seguir é apresentado um resumo do monitoramento limnológico que vem sendo realizado desde julho de 2003 na UHE Cana Brava (Fase Operação), que apresenta um conjunto de dados que melhor caracterizam o reservatório, por um período contínuo de 18 meses. Entretanto, os dados gerais das Fases Rio e Reservatório encontram-se nos Anexos I e II. Para melhor visualização dos gráficos, os pontos foram separados em: A) tributários: pontos localizados nos tributários do reservatório (P2, P5, P8, P10 e P22); e B) corpo central do reservatório: pontos localizados no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava (P1, P6, P7, P18, P19, P20 e P21). O ponto 15, apesar de estar representado nos gráficos dos tributários, está localizado a jusante do reservatório (Tabela 2).

Resolução CONAMA Nº 20 / 1986

Todo o monitoramento do PMLQA tem como parâmetro de qualidade a Resolução Nº 20 de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece critérios para os rios de Classe II, o que é esperado para o reservatório da UHE Cana Brava (Tabela 3).

Assim, essa normativa estabelece que:

As águas doces pertencentes à Classe II são águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui-aquático, natação e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Tabela 3. Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 20/86.

Variável	CONAMA 20/86
Temperatura	NR
Transparência	NR
Turbidez	100 NTU
pH	6,0-9,0
Condutividade elétrica	NR
Cloretos	250 mg/l
Oxigênio dissolvido	> 5,0 mg/l
CO ₂	NR
Odor	Ausente
STD	500 mg/l
Alcalinidade total	NR
Dureza total	NR
Ferro solúvel	0,3 mg/l
Sulfeto	0,002 mg/l
Orto-fosfato	0,025 mg/l
Nitrito	1,0 mg/l
N-amoniaco	0,02 mg/l
Nitrato	10 mg/l
DBO	5,0 mg/l
Coliformes totais	5000 NMP/100ml
Coliformes fecais	1000 NMP/100ml
Óleos e graxas	NR

NR = não referenciado.

Resultados Analíticos

Considerando a temperatura da água, constatou-se que a sazonalidade foi bem demarcada na região, com as maiores temperaturas ocorrendo durante os meses de setembro a abril e as menores temperaturas ocorrendo em julho (Figura 3).

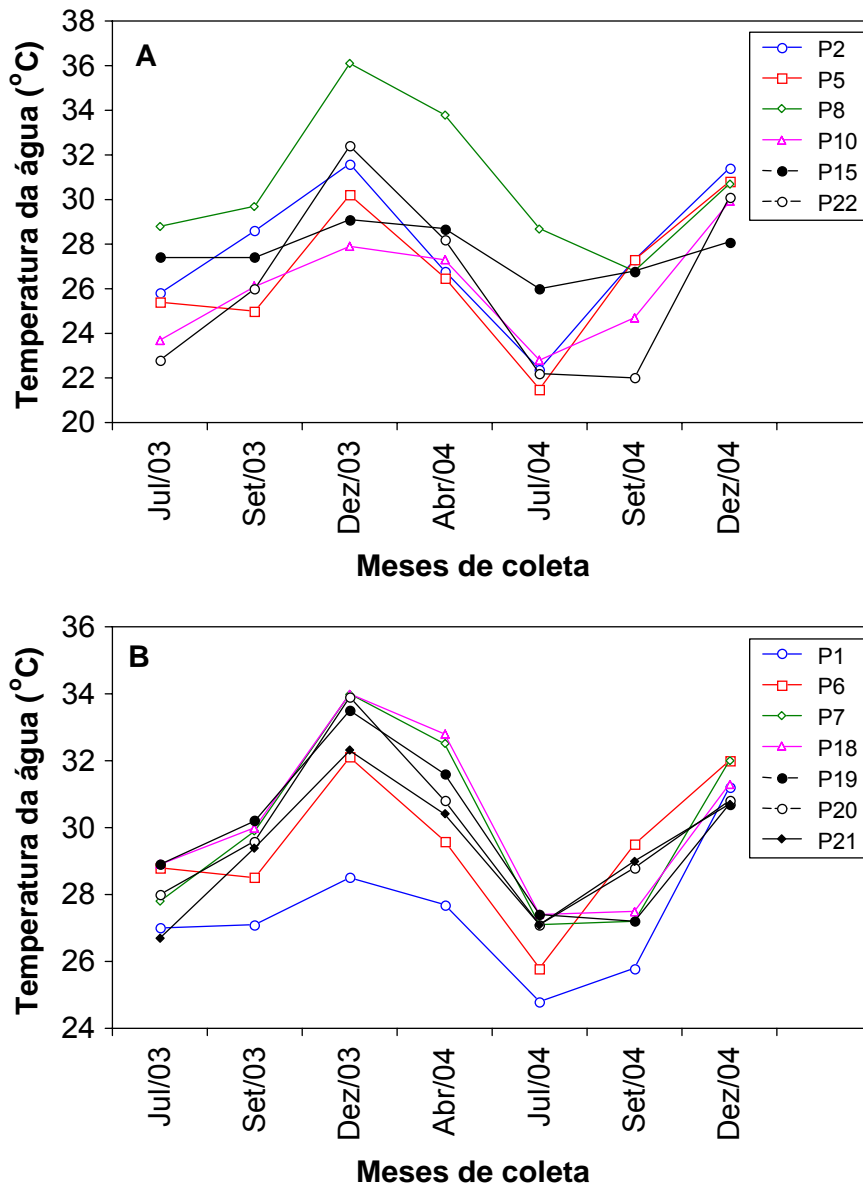


Figura 3. Avaliação temporal da temperatura da água nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em geral, as águas do reservatório podem ser consideradas alcalinas, com exceção do ponto 10, que apresentaram os menores valores de pH. Não foi observado um padrão temporal dos valores de pH ao longo do monitoramento (julho de 2003 a dezembro de 2004) (Figura 4).

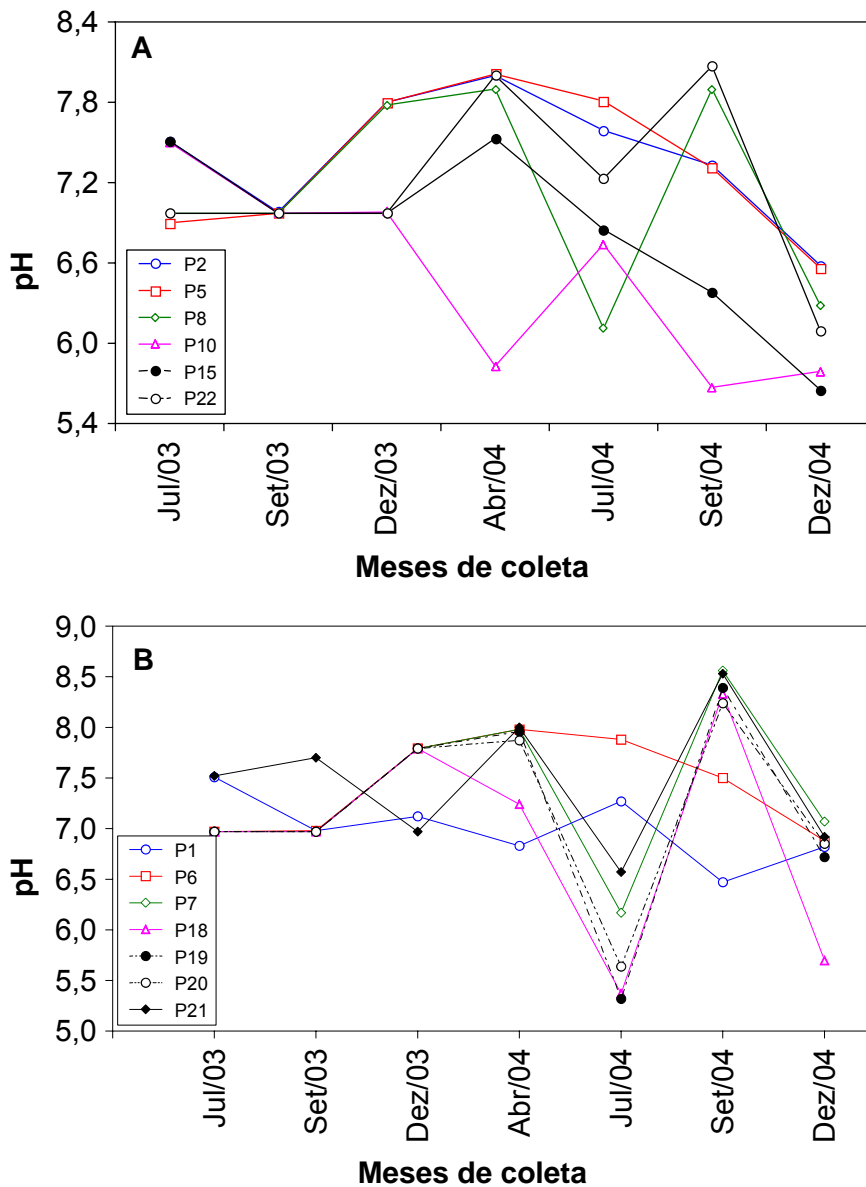


Figura 4. Avaliação temporal dos valores de pH nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A condutividade elétrica apresentou os maiores valores no ponto 22 (rio Bonito) e, no corpo central do reservatório, os maiores valores foram encontrados no ponto 18 (dentro da praia de Minaçu). Os menores valores de condutividade

elétrica foram obtidos nos pontos 5 e 2 (rio São Félix e rio Preto, respectivamente), em todos os meses monitorados (Figura 5).

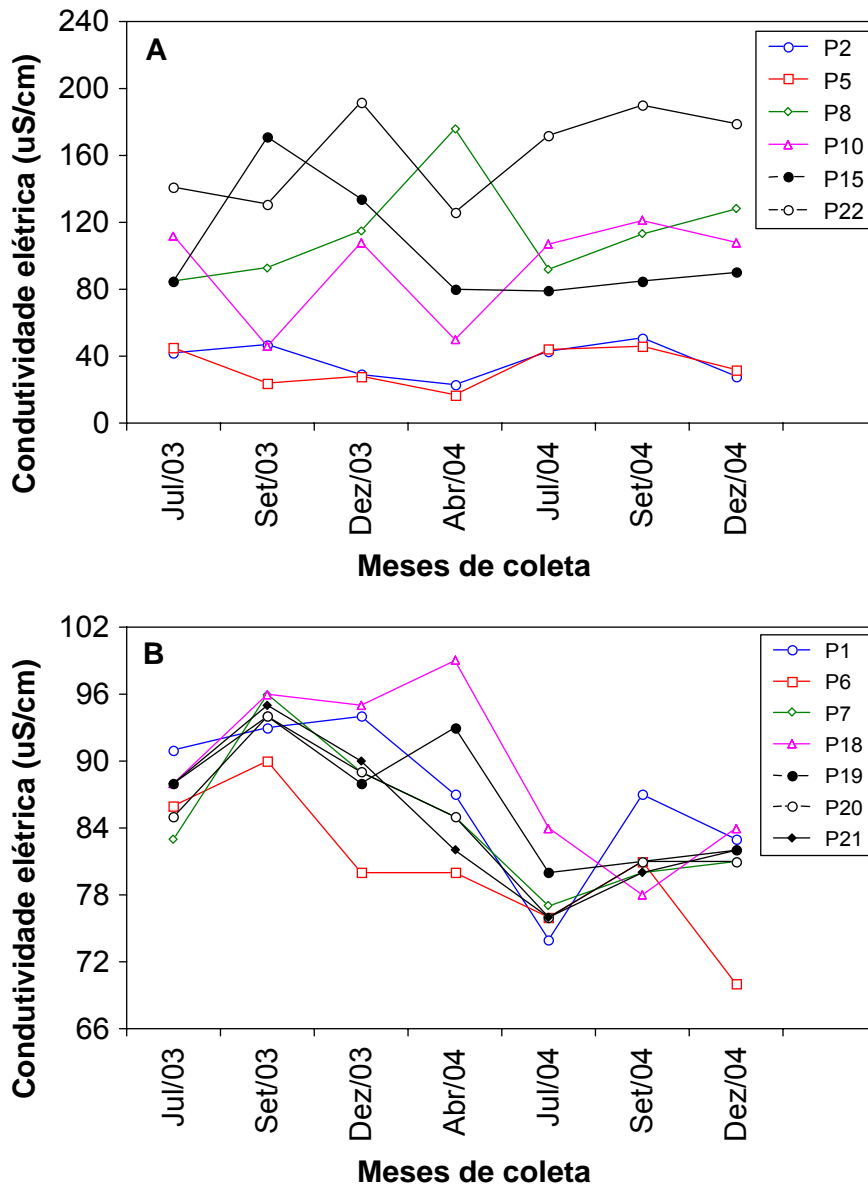


Figura 5. Avaliação temporal dos valores de condutividade elétrica nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

De maneira geral, os menores valores de turbidez foram obtidos no corpo central do reservatório, ou seja, as águas do reservatório são transparentes. Foi observado um padrão sazonal nos valores de turbidez, onde os maiores valores ocorreram entre os meses de dezembro e abril. O mês de setembro de 2003 foi uma exceção a este padrão, tendo em vista que o ocorreram chuvas em dias

anteriores ao da coleta, causando conseqüentemente uma aumento do material em suspensão nas águas do rio São Félix (ponto 5) e rio do Carmo (ponto 10), aumentando assim, os valores de turbidez destes locais (Figura 6). As águas do reservatório apresentaram valores de turbidez dentro dos limites preconizados pela resolução CONAMA nº 20/86 para águas de Classe II (100 NTU), com exceção dos pontos 5 e 10, no mês de setembro de 2003, e o ponto 2, no mês de abril de 2004. Pode-se concluir que mesmo em períodos onde foram observados altos valores de turbidez nos tributários, estes não afetaram significativamente o corpo central do reservatório, onde, provavelmente, o material em suspensão acaba sendo depositado no sedimento.

Em média as concentrações de oxigênio dissolvido nas águas do reservatório da UHE Cana Brava são maiores do que o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 20/86 (5,0 mg/l). Dentre os tributários, somente o ponto 15 (localizado à jusante do reservatório) vem apresentando baixas concentrações (<5,0 mg/l) deste gás desde julho de 2004. Considerando os pontos localizados no corpo central do reservatório, observou-se que o ponto 1 é o local que apresenta as menores concentrações de oxigênio dissolvido em todos os meses amostrados. Os demais locais apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pelo CONAMA, com exceção do ponto 6 em dezembro de 2003 e do ponto 21 em julho de 2003 (Figura 7). Desta maneira, o ponto 1 não apresentou concentrações de oxigênio acima de 5,0 mg/l, na superfície da água, durante todo o período de monitoramento, o que merece especial atenção.

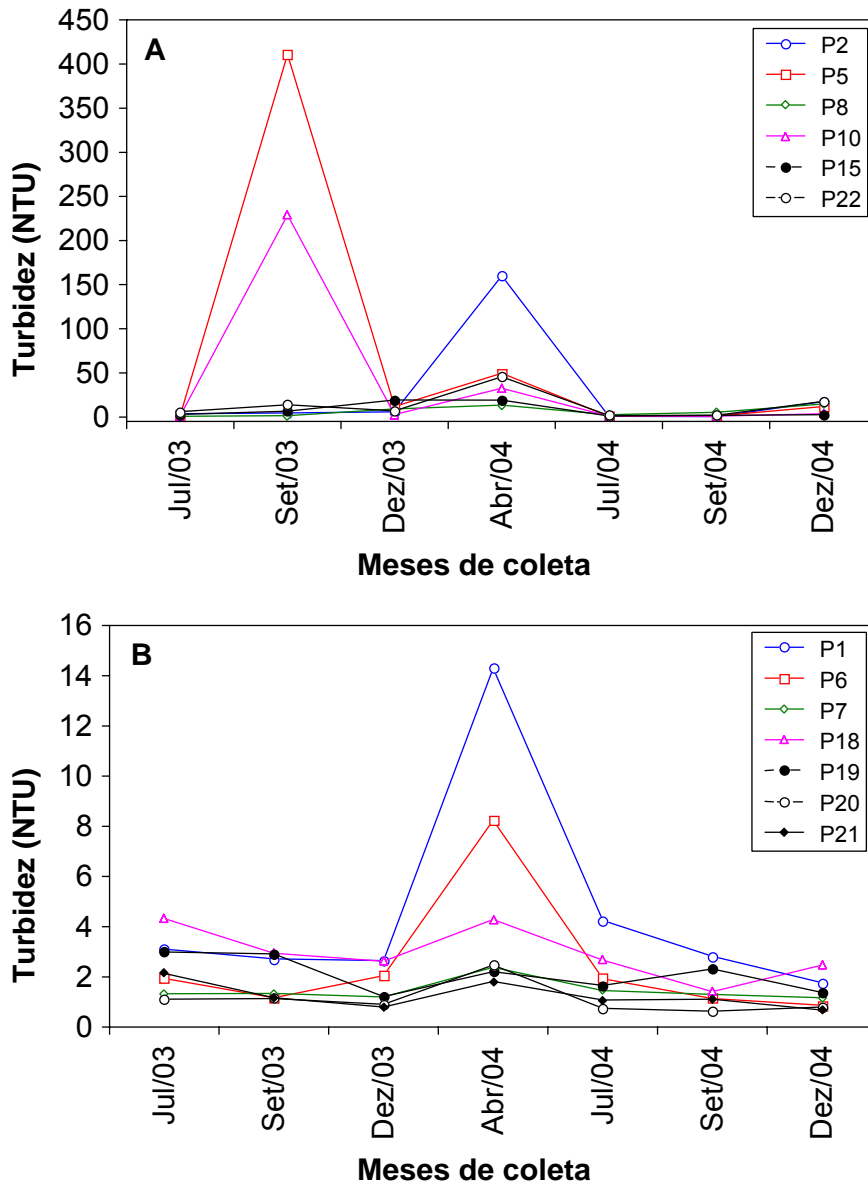


Figura 6. Avaliação temporal da turbidez nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

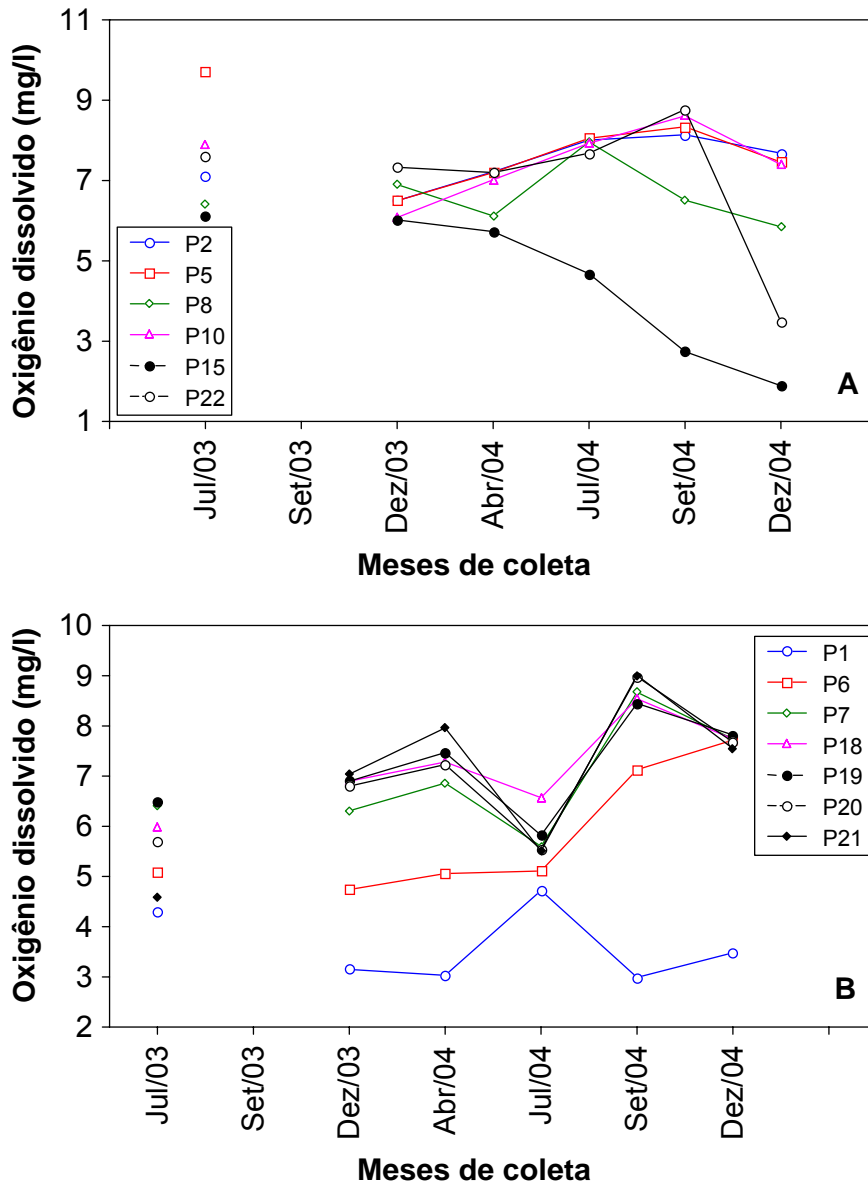


Figura 7. Avaliação temporal da concentração de oxigênio dissolvido nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Dentre os tributários, o ponto 22 (rio Bonito) apresenta os maiores valores de alcalinidade, enquanto os pontos 2 e 5 apresentam os menores valores (Figura 8). Os pontos localizados no corpo central do reservatório apresentam valores similares entre si de alcalinidade. O rio Bonito é um local bastante antropizado, o que provavelmente, favorece uma maior concentração de nutrientes e íons em suas águas, o que conseqüentemente ocasiona maiores valores de alcalinidade.

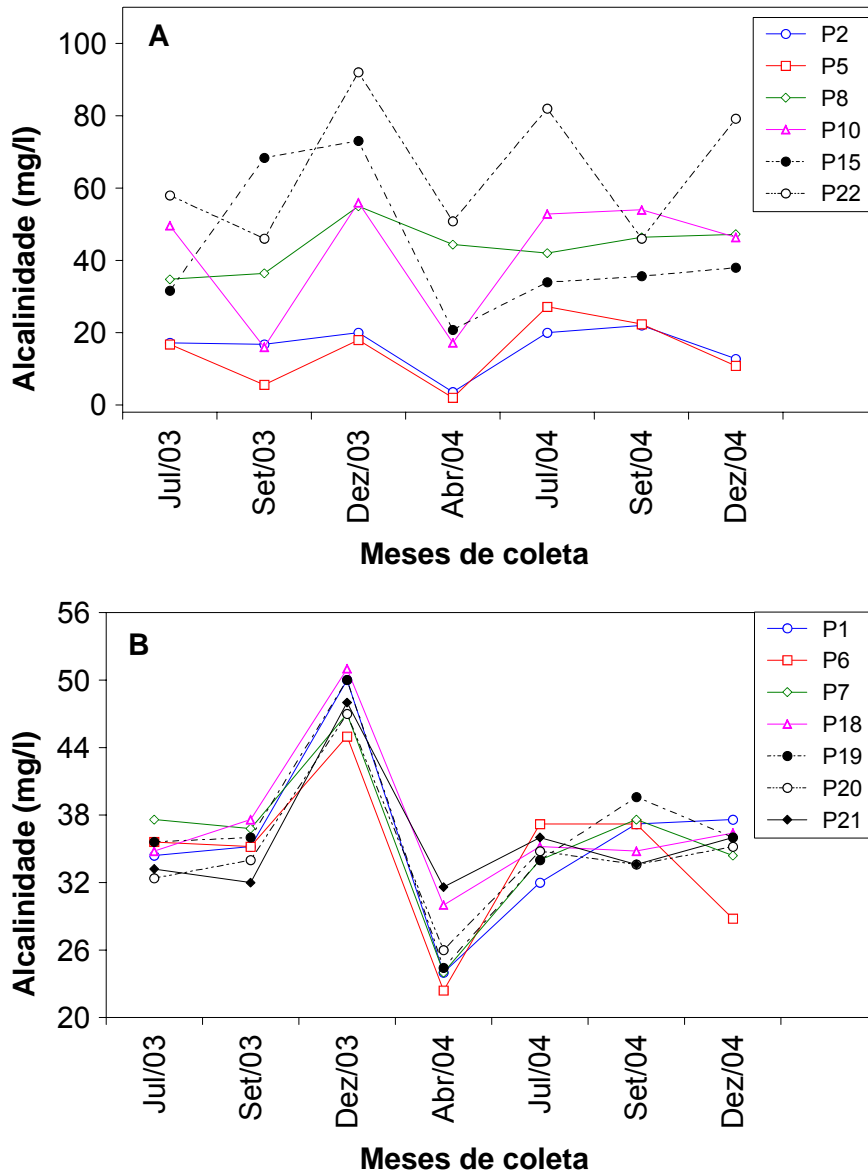


Figura 8. Avaliação temporal da alcalinidade nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

As maiores concentrações de cloreto foram observadas no rio Bonito (ponto 22) e no córrego Varjão (ponto 8) (Figura 9). Todos os valores encontrados estavam dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA (250 mg/l). Não foi observado um padrão sazonal (Figura 7).

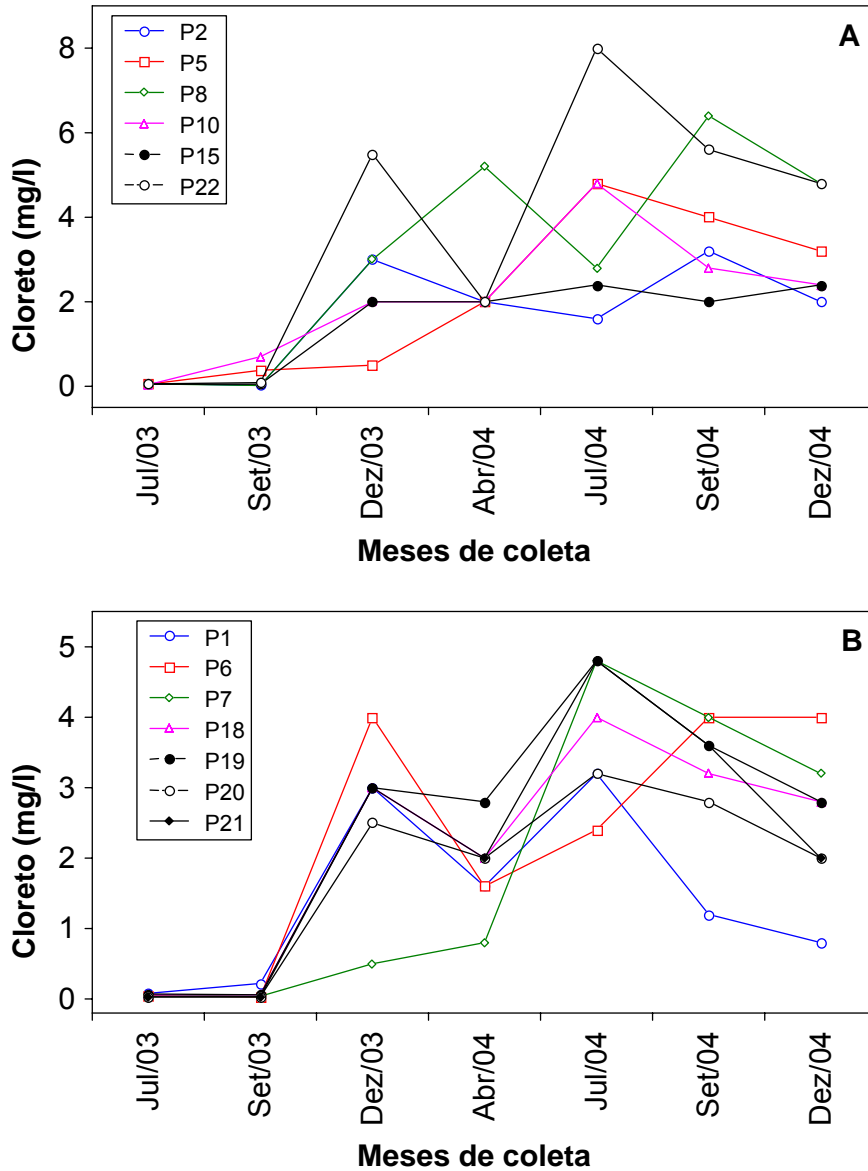


Figura 9. Avaliação temporal da concentração de cloreto nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

As maiores concentrações do íon sulfato foram obtidas nos pontos 10 e 5 (rio do Carmo e rio São Félix, respectivamente), no mês de setembro de 2003, período em que ocorreu uma forte chuva dias antes da coleta (já comentado anteriormente em relação à turbidez) (Figura 10). Não foi observado um padrão sazonal.

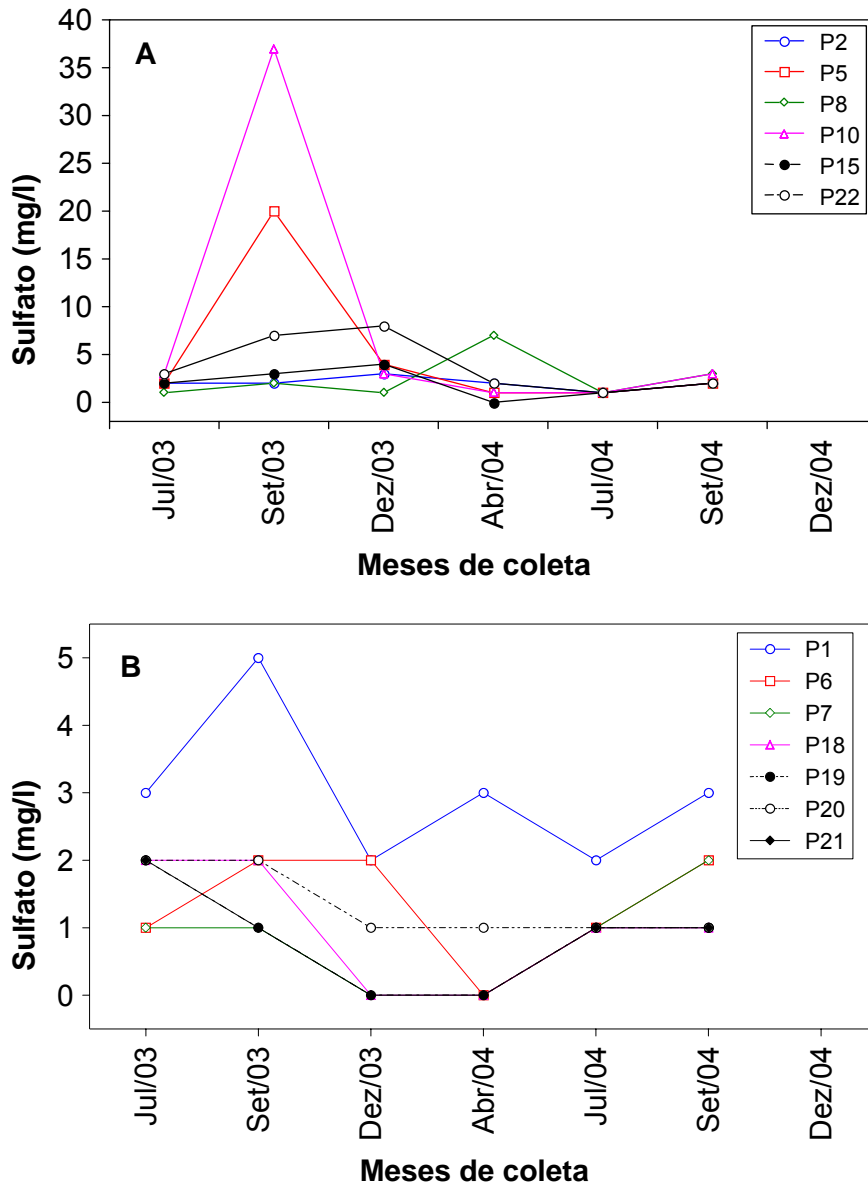


Figura 10. Avaliação temporal da concentração de sulfato nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

O mesmo padrão encontrado para sulfato foi encontrado quando se analisou a concentração de sulfeto, ou seja, as maiores concentrações foram encontradas nos pontos 5 e 10 no mês de setembro de 2003 (Figura 11).

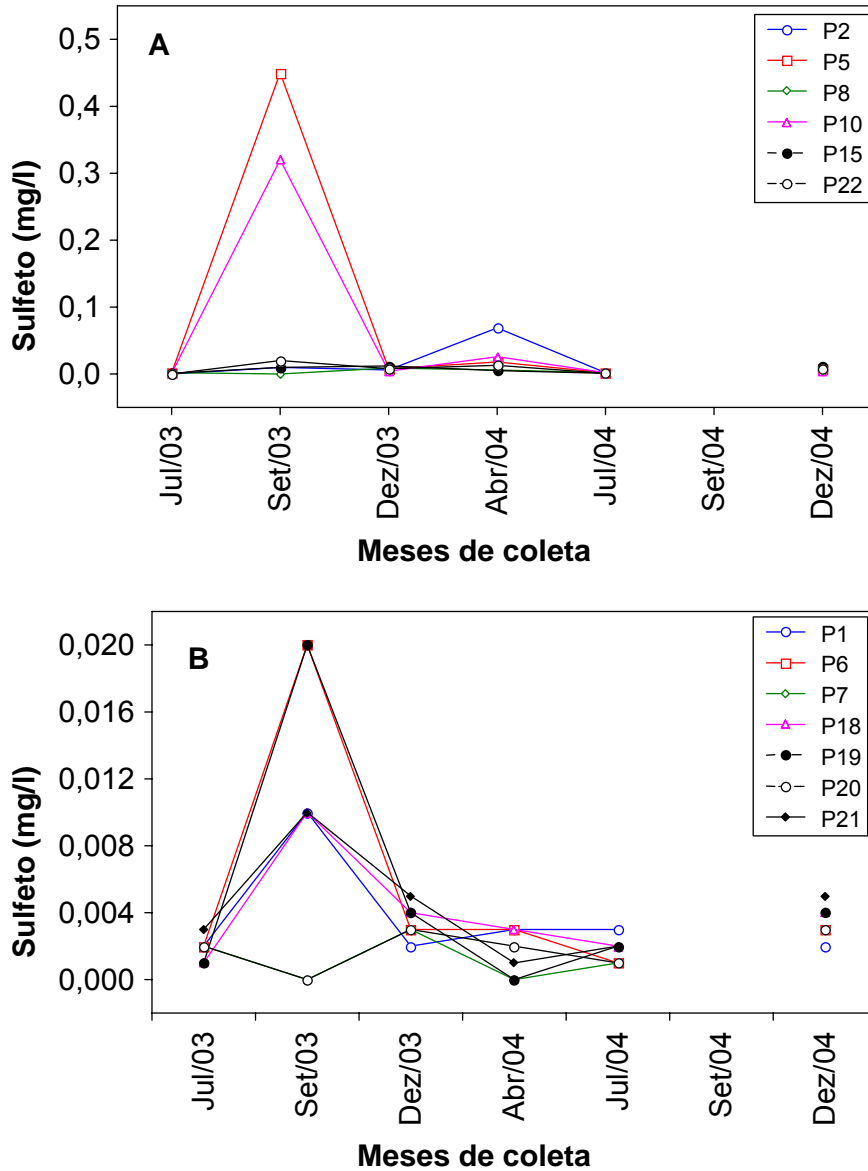


Figura 11. Avaliação temporal da concentração de sulfeto nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

O rio São Félix (ponto 5) apresentou a maior concentração de ferro total em setembro de 2003. Dentre os pontos localizados no corpo central do reservatório, o ponto 6 apresentou a maior concentração, também em setembro de 2003 (Figura 12). Provavelmente, o ponto 6 está sendo bastante influenciado pelo rio São Felix, tendo em vista que é localizado em sua foz. A alta concentração de sulfeto e ferro no ponto 6 corrobora esta hipótese.

Os tributários que apresentaram concentrações de ferro acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA (0,3 mg/l) foram os pontos 2, em setembro de 2003 e abril de 2004, ponto 5, em setembro e dezembro de 2003 e abril e dezembro de 2004, ponto 8, em setembro de 2004, ponto 10, em todos os meses amostrados, com exceção de setembro de 2004, ponto 15, em abril de 2004 e ponto 22 em todos os meses amostrados, com exceção de dezembro de 2003 e julho e setembro de 2004. Os meses de setembro de 2003 e abril de 2004 apresentaram, em geral, as maiores concentrações de ferro na água. No corpo central do reservatório, o ponto 1 apresentou concentrações acima de 0,3 mg/l em todos os meses amostrados com exceção de julho de 2004, o ponto 6 apresentou altas concentrações em setembro de 2003 e abril de 2004, ponto 7, em setembro de 2003 e ponto 18, em setembro de 2003. Os demais locais apresentaram baixas concentrações de ferro em todos os meses amostrados.

Pode-se concluir que ocorra, em geral, redução dos íons presentes na coluna da água no sentido rio-barragem, assim, o ferro sofre o processo de adsorção com o material particulado, seguido pela sua precipitação. No entanto, esse padrão é registrado somente para os valores da superfície da coluna da água, sendo que os resultados de fundo tendem a se elevar na direção da região lacustre/intermediária. A precipitação de material particulado no sentido rio-barragem pode ainda ser evidenciada pela redução dos valores da turbidez e condutividade elétrica (que reflete a totalidade dos íons presentes) no corpo central do reservatório.

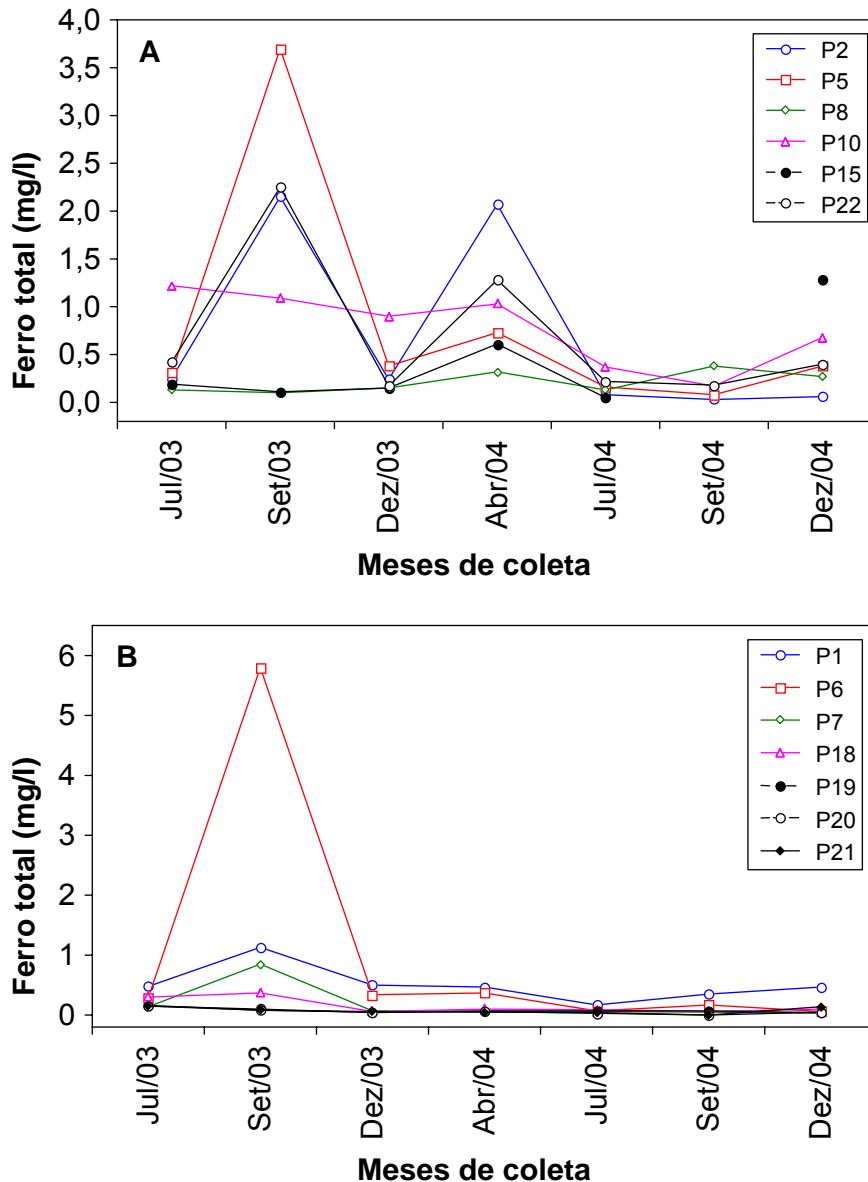


Figura 12. Avaliação temporal da concentração de ferro total nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A maior concentração de orto-fosfato foi obtida no ponto 22 (rio Bonito) em julho de 2004, e no ponto 10 em setembro de 2003. Dentro do corpo central do reservatório, a maior concentração foi obtida em dezembro de 2004 no ponto 21 (Figura 13). A partir do mês de abril de 2004 observou-se uma leve tendência de acréscimo de fósforo no corpo central do reservatório, com exceção do ponto 1, que vem apresentando as menores concentrações no reservatório.

Considerando os tributários, todos os locais amostrados apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA (0,025

mg/l), em pelo menos um dos meses amostrados. Os locais que apresentaram concentrações dentro dos limites do CONAMA foram os pontos 2, em setembro e dezembro de 2003 e dezembro de 2004, ponto 5, em dezembro de 2003, ponto 8, em julho e dezembro de 2003 e julho de 2004, ponto 10, em julho e dezembro de 2003, no ponto 15, em julho de 2003 e 2004. O ponto 22 apresentou concentrações acima de 0,025 mg/l em todos os meses amostrados. No corpo central do reservatório os locais que apresentaram concentrações de fósforo dentro dos limites preconizados pelo CONAMA foram os pontos 6, em dezembro de 2003, ponto 7, em julho e dezembro de 2003 e abril de 2004, ponto 18, em julho e dezembro de 2003 e dezembro de 2004, ponto 19, em julho e dezembro de 2003, ponto 20, em julho e dezembro de 2003 e ponto 21, em julho e dezembro de 2003. O ponto 1 apresentou concentrações de orto-fosfato acima de 0,025 mg/l apenas em abril e julho de 2004. Observa-se que os meses com menores concentrações de fósforo nas águas do reservatório foram em julho e dezembro de 2003.

Ressalta-se a importância de um monitoramento contínuo para verificar se de fato está ocorrendo um aumento nas concentrações de fósforo nas águas do reservatório da UHE Cana Brava.

As maiores concentrações de nitrato foram obtidas nos pontos 10 e 5, em setembro de 2003 e ponto 1, em abril de 2004 (Figura 14). Os meses de setembro de 2003, abril de 2004 e julho de 2004 apresentaram as maiores concentrações de nitrato, no entanto, todos os locais e meses amostrados apresentaram concentrações dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA (10 mg/l).

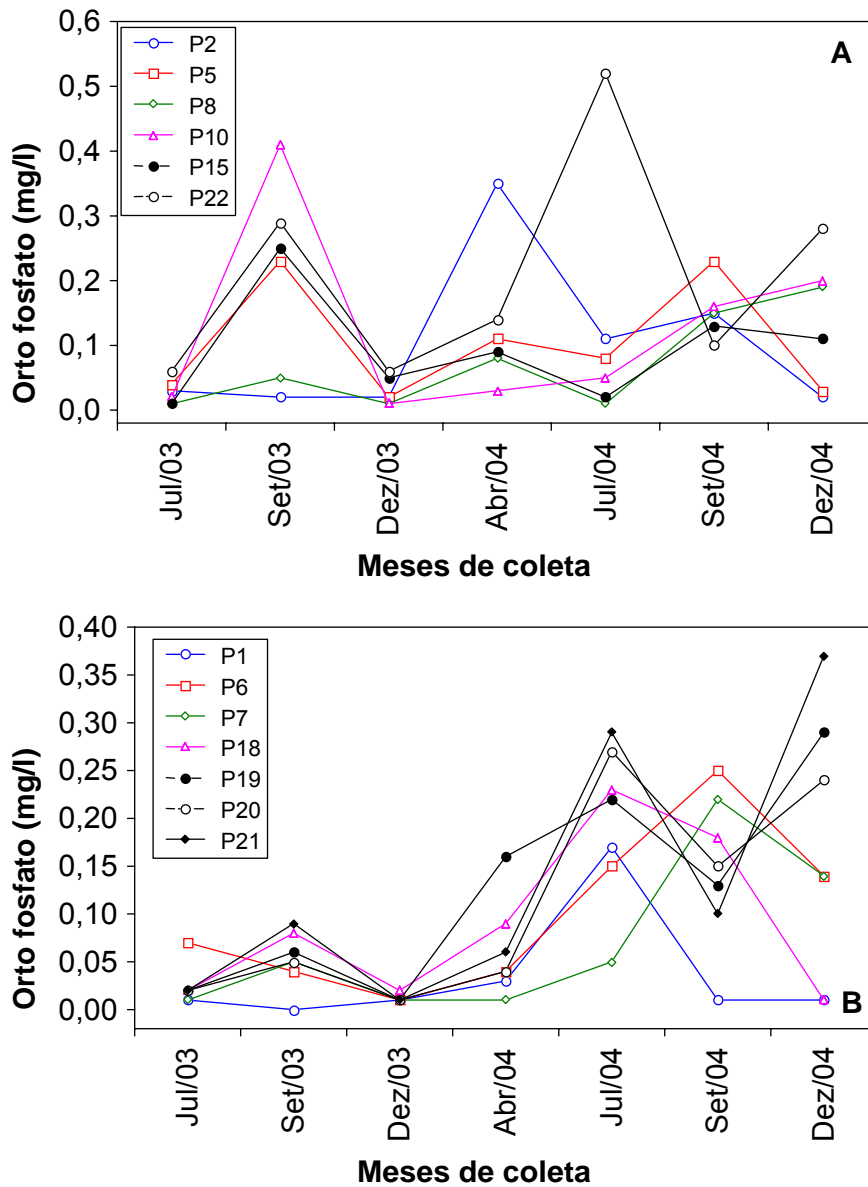


Figura 13. Avaliação temporal da concentração de orto-fosfato nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

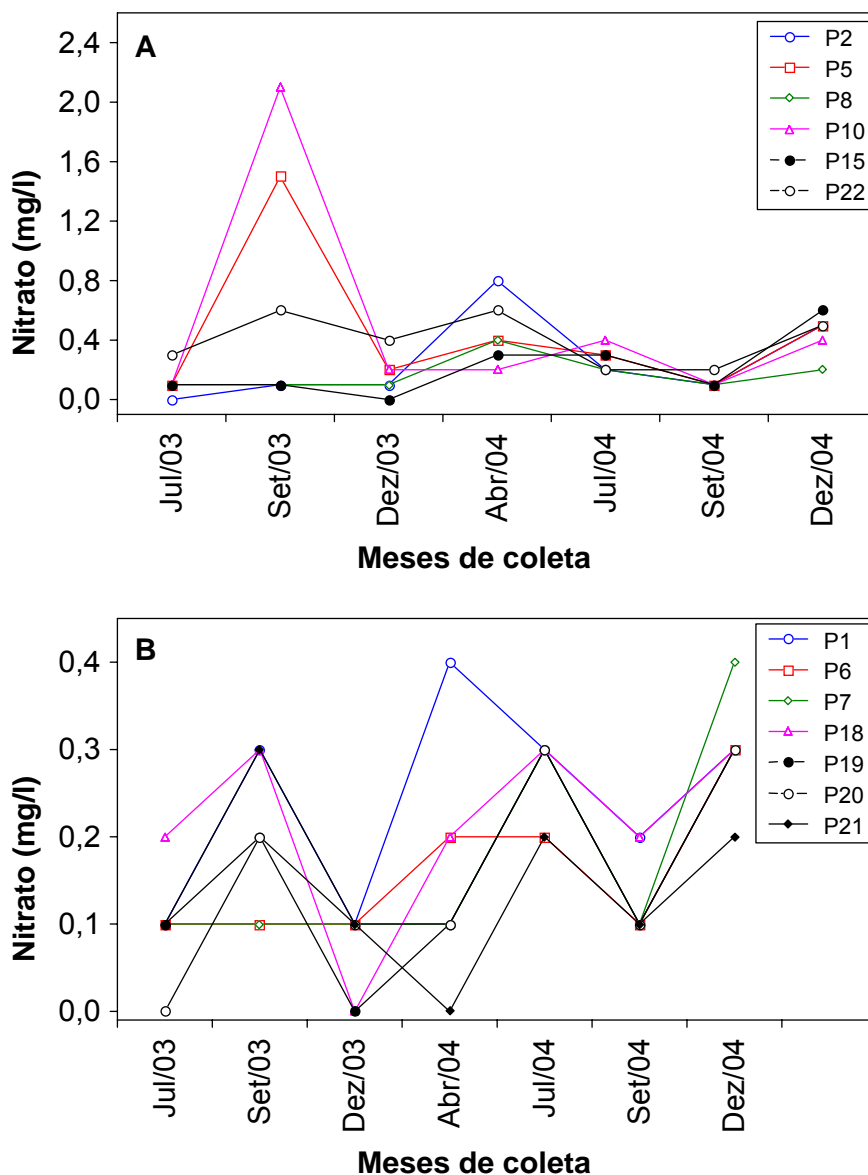


Figura 14. Avaliação temporal da concentração de nitrato nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

As concentrações de nitrito também foram maiores em setembro de 2003 e abril de 2004, nos pontos 10, 5, 2, e no ponto 1 (Figura 15). Observou-se que as concentrações de nitrito no corpo central do reservatório são significativamente menores do que em alguns tributários. Todos os locais e meses amostrados apresentaram concentrações de nitrito inferiores ao limite estabelecido pelo CONAMA (1,0 mg/l).

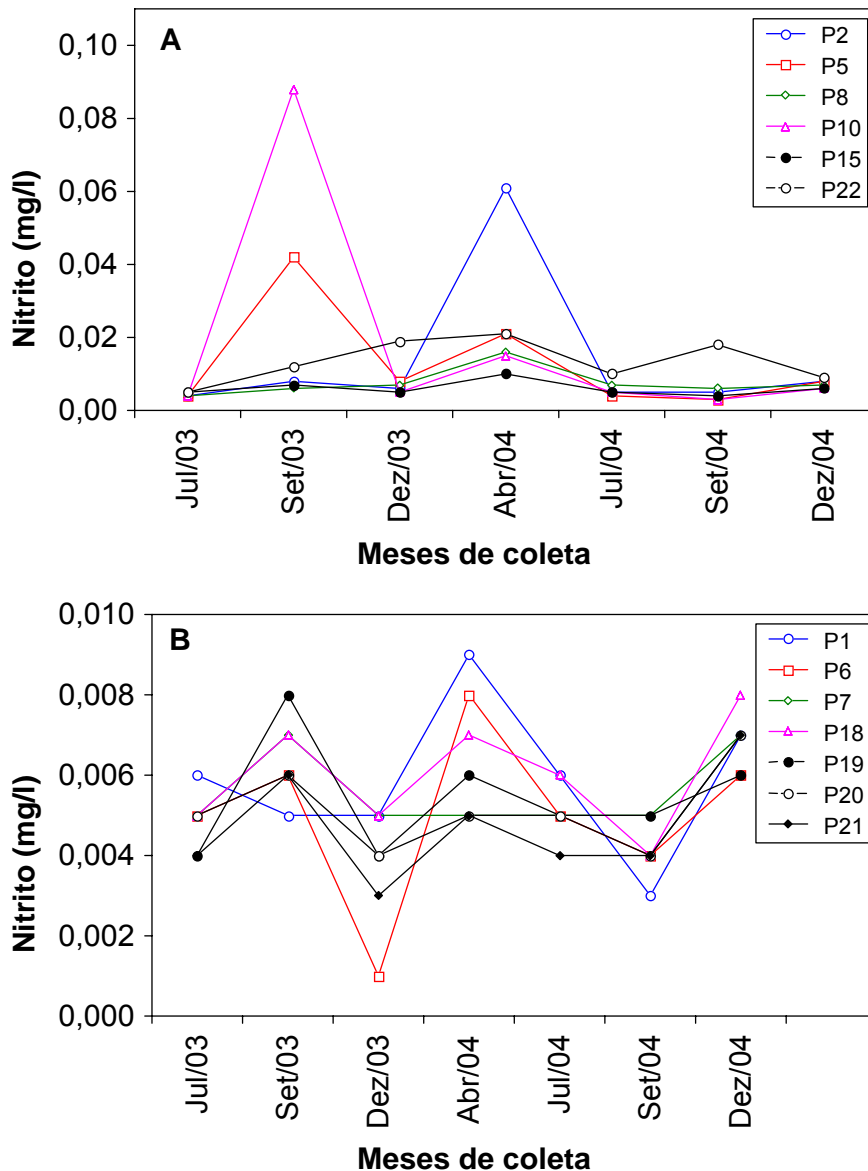


Figura 15. Avaliação temporal da concentração de nitrito nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

As concentrações de nitrogênio amoniacal foram maiores nos pontos 10, 5 e 20, em setembro de 2003 (Figura 16). Considerando os tributários, todos os locais apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pelo CONAMA (0,002 mg/l) em pelo menos um dos meses amostrados. Os meses de julho e setembro de 2004 apresentaram, em geral, concentrações dentro dos limites estabelecidos para água da Classe II.

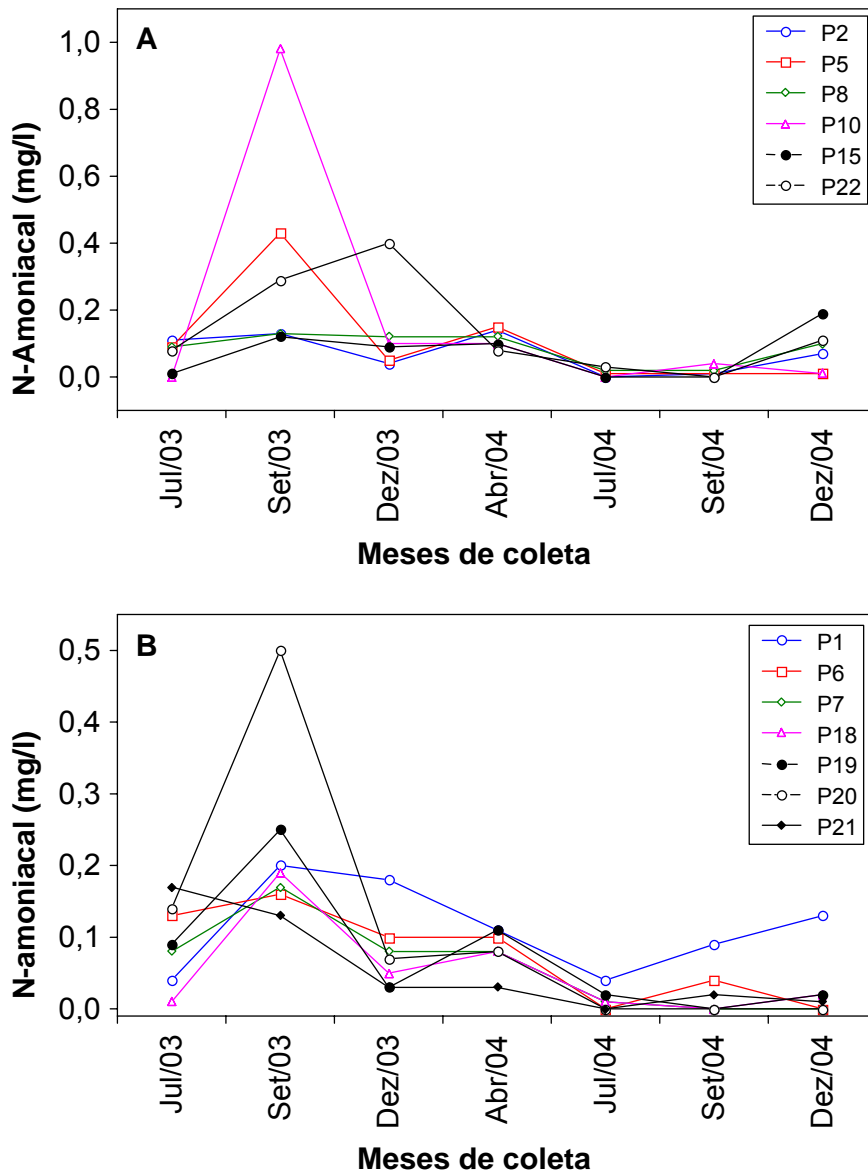


Figura 16. Avaliação temporal da concentração de nitrogênio amoniacoal nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) (Figura 17) apresentou os maiores valores em setembro de 2003 e julho de 2004. Todos os locais amostrados apresentaram valores acima do limite estabelecido pelo CONAMA (5,0 mg/l) em setembro de 2003, com exceção do ponto 15. O ponto 22, rio Bonito, também apresentou concentrações acima do limite em julho, setembro e dezembro de 2004. No corpo central do reservatório todos os locais amostrados também apresentaram altos valores de DBO_5 em setembro de 2003, com exceção

dos pontos 1, 6 e 21. O ponto 6, também, apresentou alto valor de DBO, em dezembro de 2004.

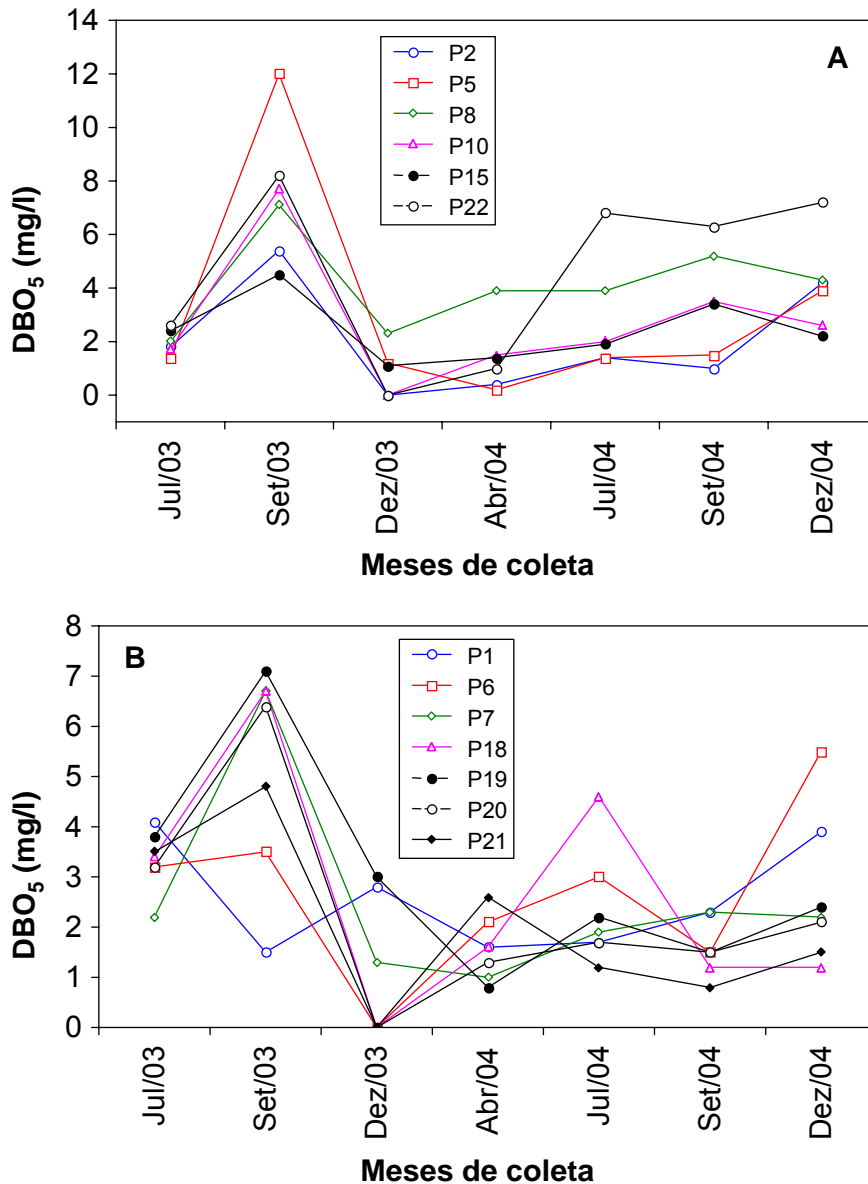


Figura 17. Avaliação temporal da DBO₅ nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

As densidades de coliformes totais apresentaram os maiores valores nos tributários. Os maiores valores foram observados no ponto 22 e 10, 18 e 19 (Figura 18).

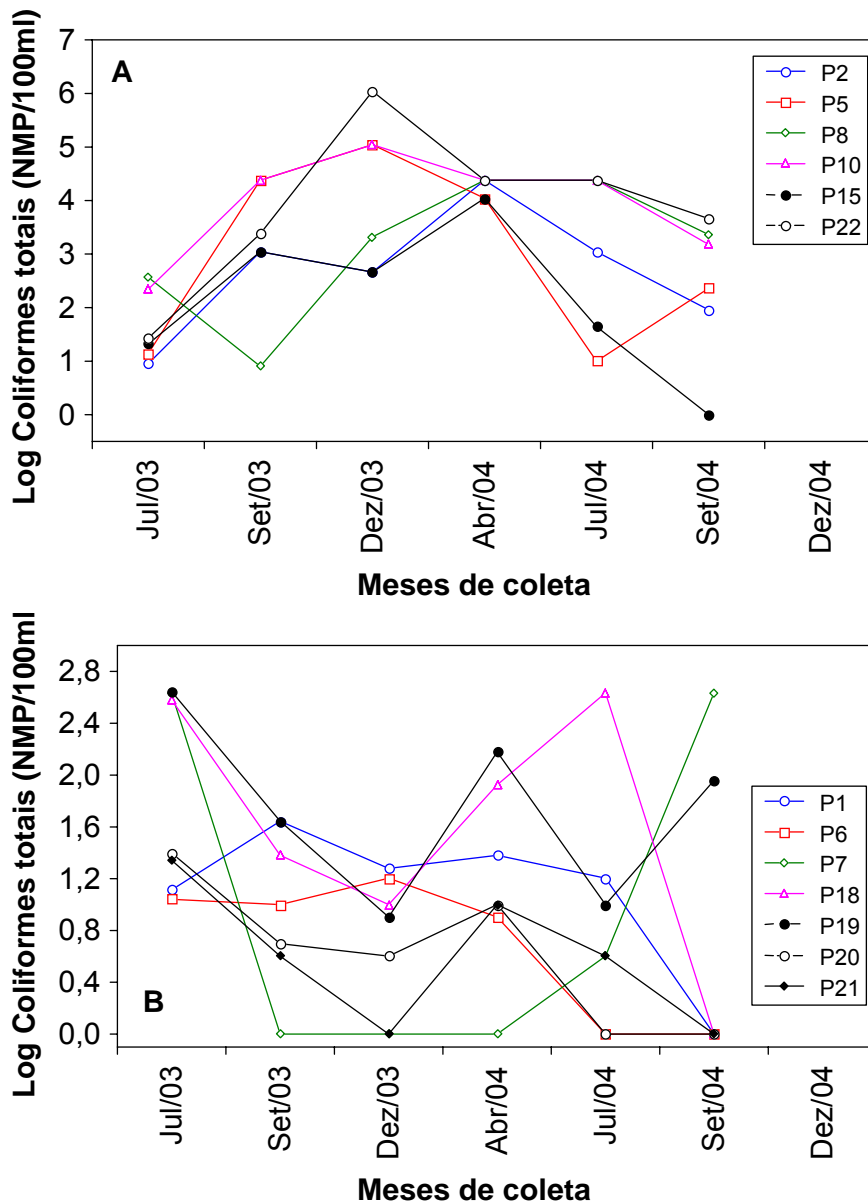


Figura 18. Avaliação temporal da densidade de coliformes totais nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

De maneira geral, as águas do reservatório da UHE Cana Brava apresentam características limnológicas dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA para águas de Classe II. O mês de setembro de 2003 apresentou as maiores concentrações de íons, nutrientes e DBO_5 , no entanto, este mês pode ser considerado atípico, tendo em vista a forte chuva que ocorreu na região dias anteriores ao da coleta, o que influenciou sobremaneira as características limnológicas de alguns tributários. Outra característica importante que foi observada, e que já foi descrita em relatórios anteriores, é o fato de que os

tributários são os locais que apresentam maiores concentrações de íons e nutrientes, principalmente, o rio Bonito (ponto 22), rio do Carmo (ponto 10), rio São Félix (ponto 5) e córrego Varjão (ponto 8), no entanto, tais tributários não estão afetando significativamente as características limnológicas da água no corpo central do reservatório. Somente as concentrações de orto-fosfato merecem atenção especial, devido ao aparente aumento temporal em suas concentrações.

Variação temporal das características limnológicas antes e após a formação do reservatório da UHE Cana Brava

Objetivando resumir a discussão acerca da variação temporal dos valores de alguns parâmetros limnológicos, serão considerados a seguir os dados obtidos em sete estações de amostragem (P1, P2, P5, P6, P7, P8 e P10). Tais locais foram escolhidos tendo em vista que estes são os únicos pontos de coleta que existiam antes do fechamento da barragem (fase rio) e que permaneceram no monitoramento limnológico após os fechamento da barragem (fase operação).

De maneira geral, após a formação do reservatório, constatou-se a elevação da transparência da água (Figura 19), ou seja, a transformação de um ambiente lótico em um ambiente lêntico, acaba por favorecer o processo de deposição do material em suspensão no sedimento, principalmente no corpo central do reservatório. Os valores de turbidez não apresentaram variações em decorrência do fechamento da barragem. O mesmo padrão antes e depois da formação do reservatório foi encontrado. Valores acima de 100 NTU (limite estabelecido pelo CONAMA para águas da classe 2) foram obtidos apenas em novembro de 2001, janeiro de 2002, setembro de 2003 e abril de 2004 (Figura 20).

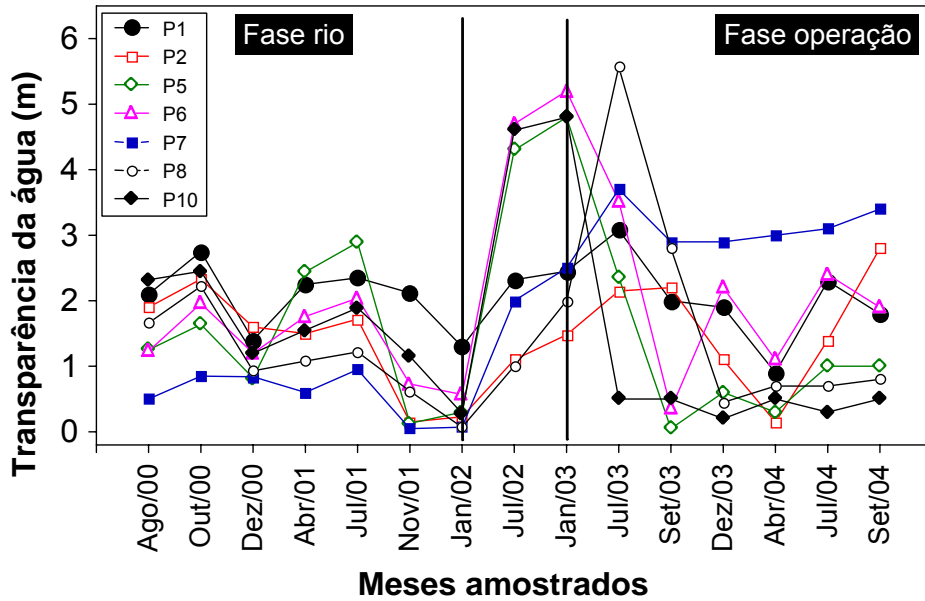


Figura 19. Variação temporal da transparência da água.

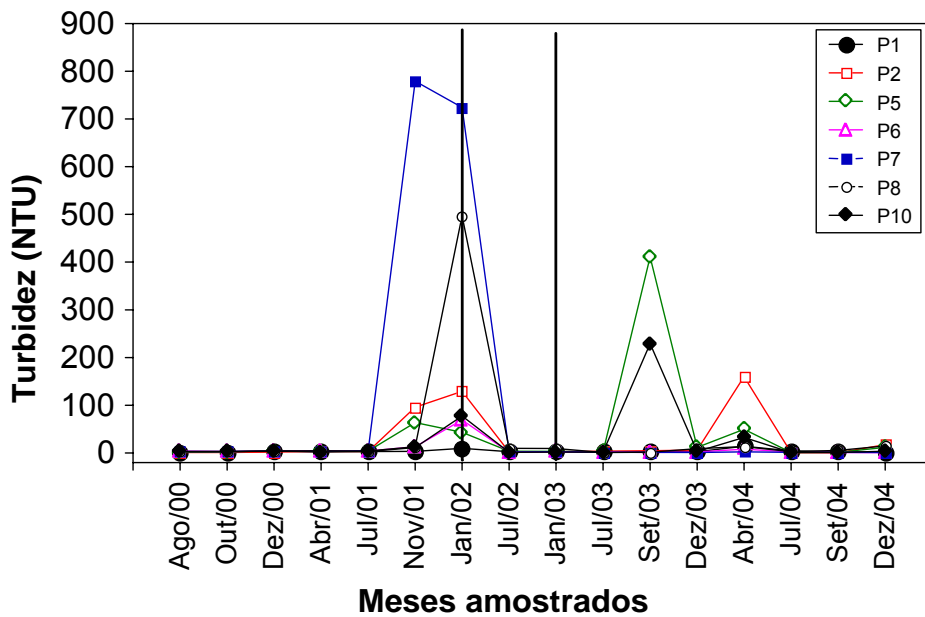


Figura 20. Variação temporal dos valores de turbidez.

Após o fechamento da barragem, observou-se uma leve tendência de decréscimo dos valores de pH (Figura 21), o que pode ser atribuído à decomposição da biomassa vegetal submersa e aos baixos valores de oxigênio

nas camadas mais profundas da coluna da água. A alcalinidade não apresentou mudança de seus valores após o represamento (Figura 22).

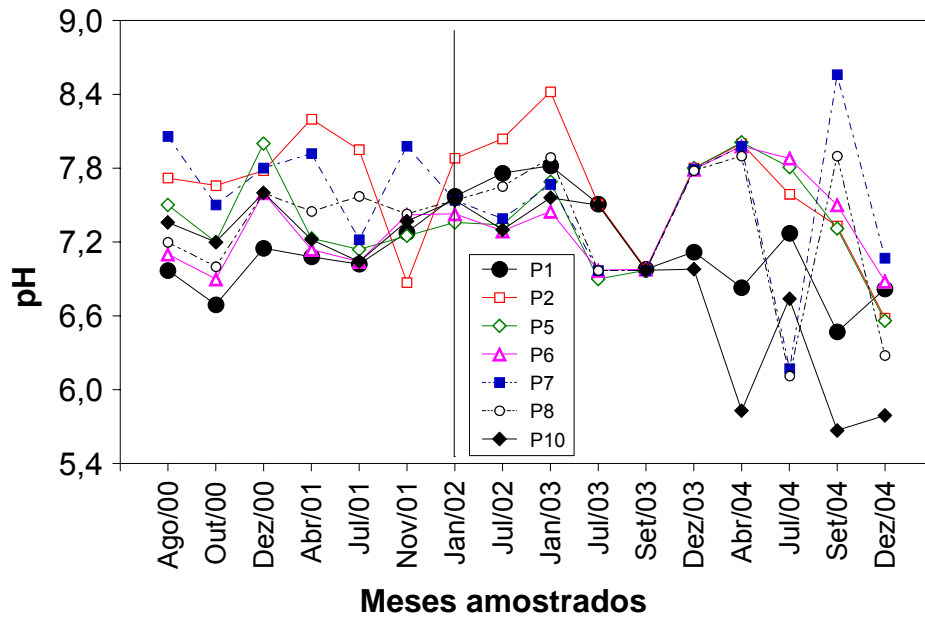


Figura 21. Variação temporal dos valores de pH.

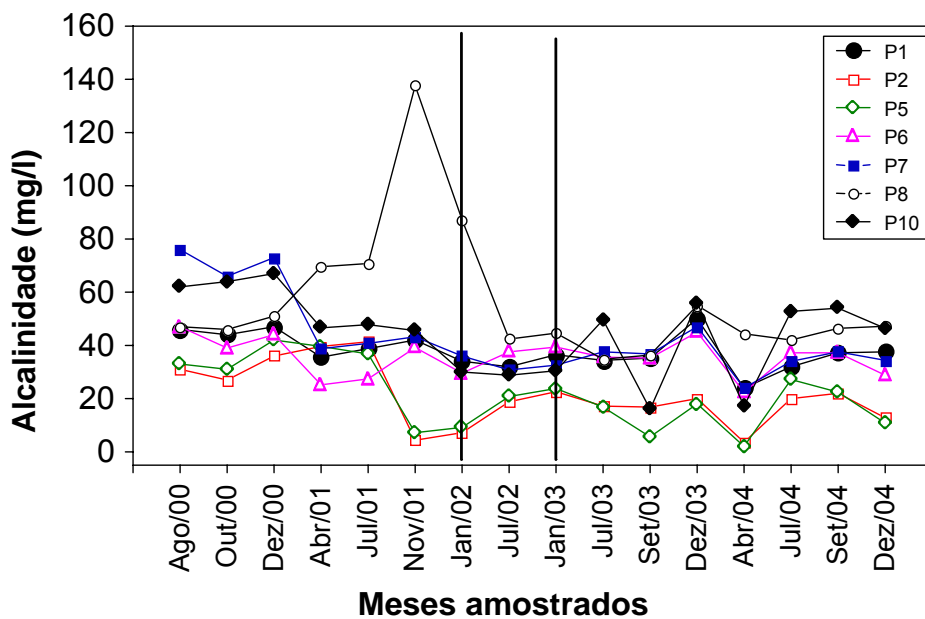


Figura 22. Variação temporal dos valores de alcalinidade

Não foi observado um padrão bem definido da resposta dos valores de condutividade elétrica após a formação do reservatório (Figura 23). De maneira

geral, os valores continuam sendo, preferencialmente, influenciados pela sazonalidade da região.

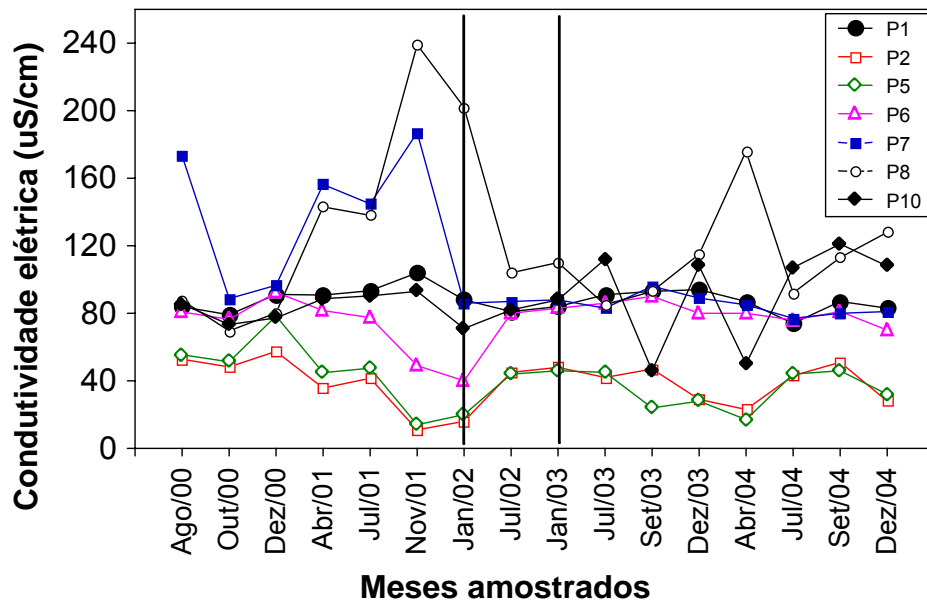


Figura 23. Variação temporal dos valores de condutividade elétrica.

Durante a fase de enchimento do reservatório, constatou-se o decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido na superfície da água, devido ao processo de decomposição da biomassa vegetal submersa (como mencionado anteriormente) (Figura 24). Após esta fase inicial de declínio, as concentrações de oxigênio dissolvido voltaram a se estabilizar, no entanto, o ponto 1, vem apresentando as menores concentrações deste gás desde julho de 2003.

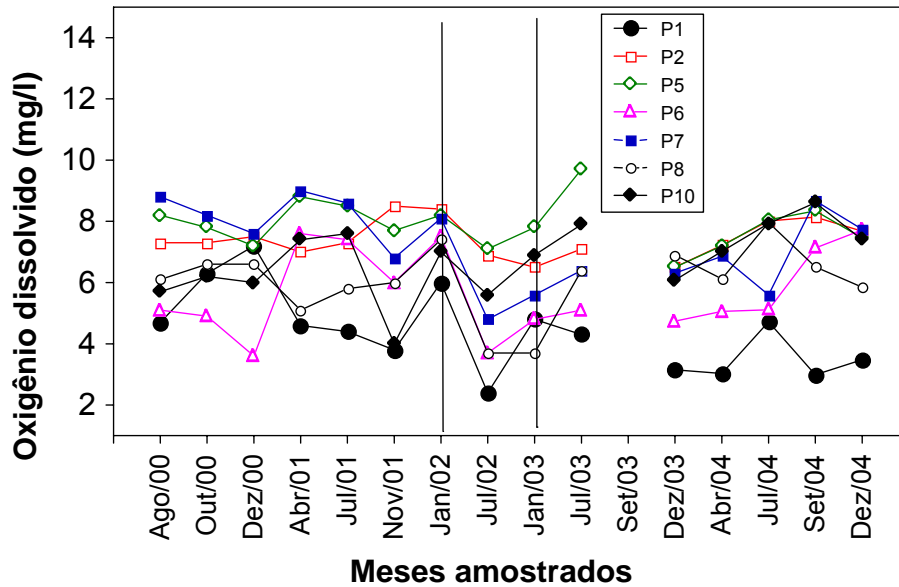


Figura 24. Variação temporal nas concentrações de oxigênio dissolvido.

Após a formação do reservatório, as concentrações de orto-fosfato, apresentaram o mesmo padrão de variação observado durante o monitoramento na fase rio (Figura 25). No entanto, vem sendo observado um acréscimo de fósforo a partir de abril de 2004. Ressalta-se que o reservatório ainda é novo e que algumas variáveis ainda não se estabilizaram. Tendência a longo prazo, como a ocorrência do processo de eutrofização, só serão melhor evidenciadas com o monitoramento contínuo.

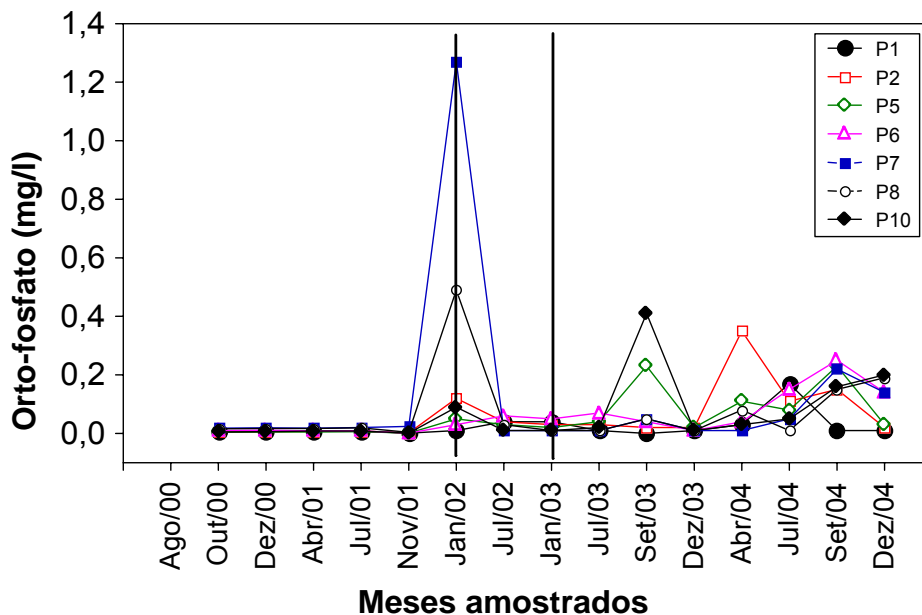


Figura 25. Variação temporal das concentrações de orto-fosfato.

Com relação às concentrações de nitrato e nitrito, o padrão de variação observado após a formação do reservatório foi o mesmo observado durante o monitoramento na fase rio (Figura 26 e 27).

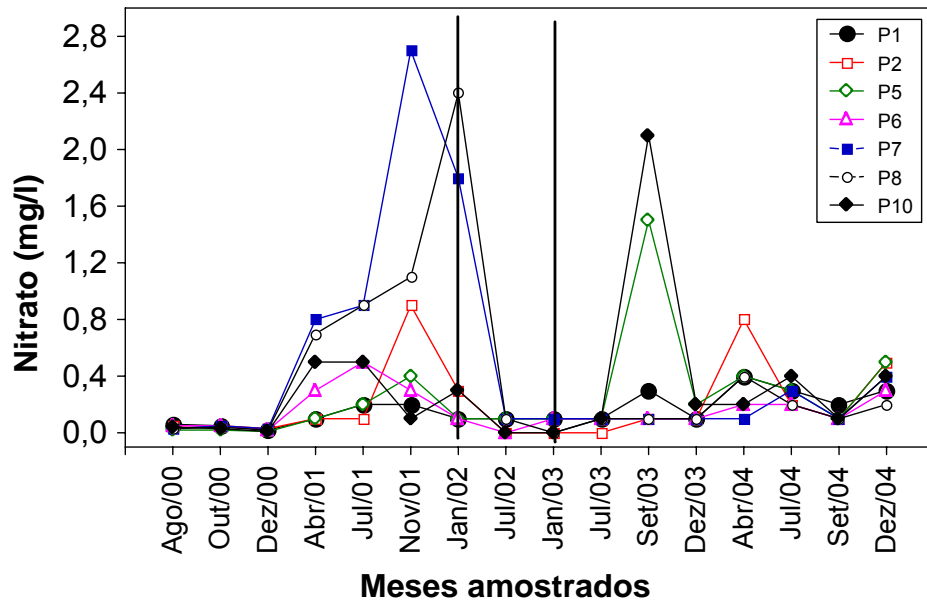


Figura 26. Variação temporal nas concentrações de nitrato

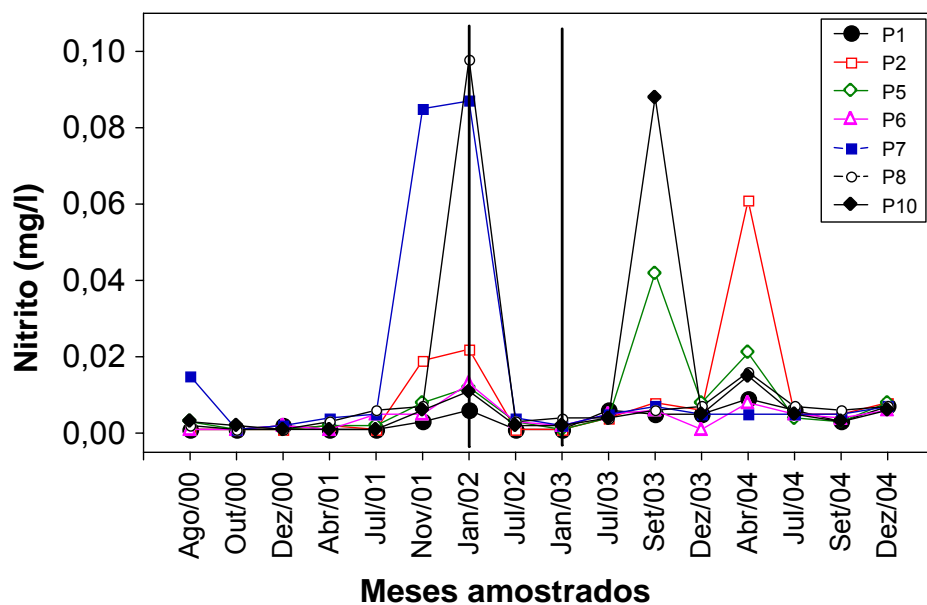


Figura 27. Variação temporal nas concentrações de nitrito.

Após a formação do reservatório, foi observado um leve acréscimo nas concentrações de ferro (Figura 28). O aumento na concentração de ferro ocorreu nos mesmos períodos onde observou-se o aumento nas concentrações de fósforo. Entre todos os íons que interferem na precipitação do fosfato, os de ferro têm o papel mais importante. A liberação do íon fosfato para a coluna da água ocorre mais facilmente em condições de baixas concentrações de oxigênio, quando o íon ferro encontra-se na forma reduzida (Fe^{2+}). Nessas condições não ocorre precipitação de fosfato pelo ferro permanecendo, portanto, solúvel (Esteves, 1998).

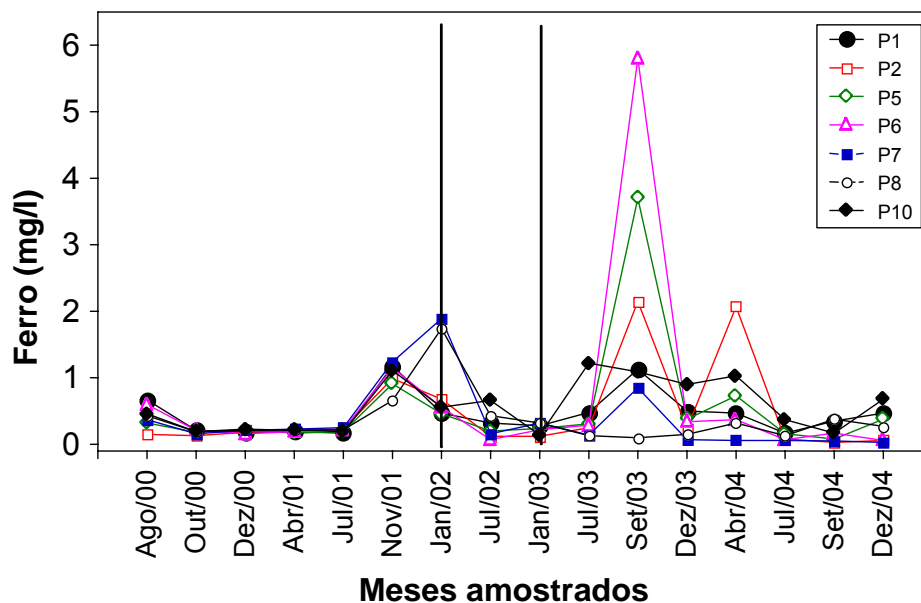


Figura 28. Variação temporal nas concentrações de ferro.

Também foi observado um acréscimo nas concentrações de cloreto, após a formação do reservatório (Figura 29). No entanto, tais concentrações não se

aproximam do limite estabelecido pelo CONAMA, para águas de classe 2 (como vem sendo destacado em relatórios anteriores).

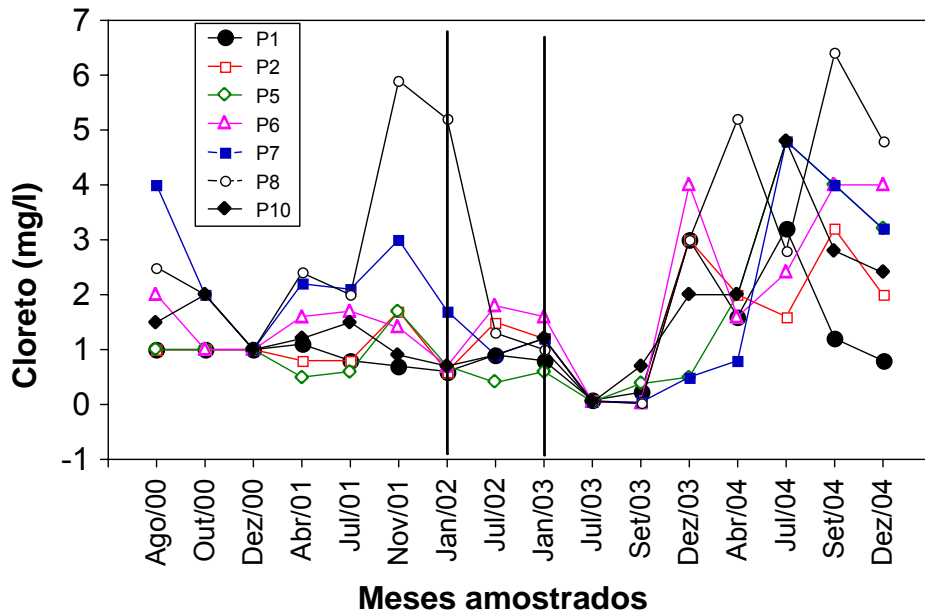


Figura 29. Variação temporal nas concentrações de cloreto.

De maneira geral, após o represamento, os valores da DBO₅ apresentaram variações semelhantes às obtidas durante a fase rio (Figura 30).

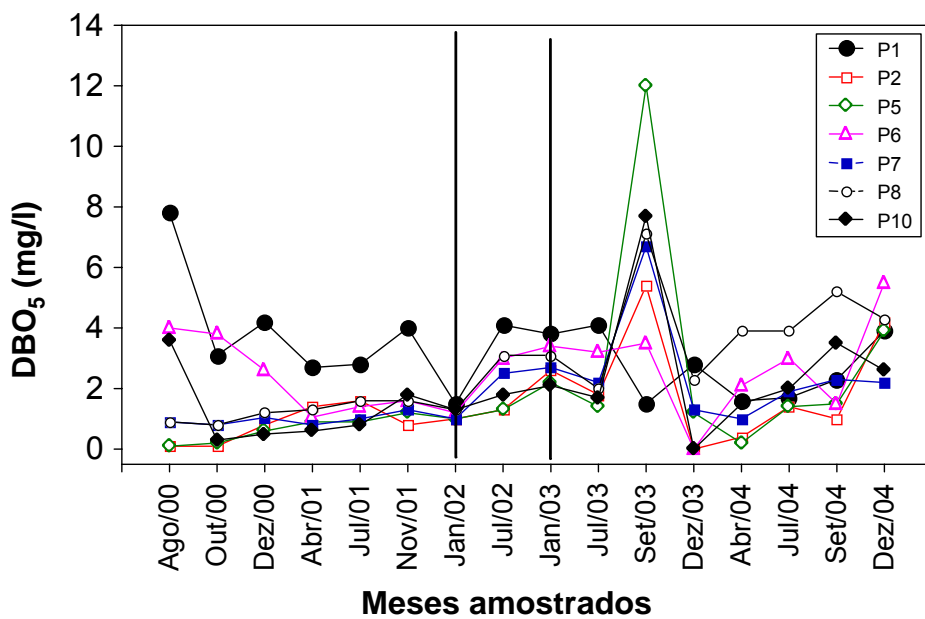


Figura 30. Variação temporal dos valores de DBO₅.

Desta maneira, decorridos 48 meses do fechamento da barragem, pode-se constatar que grande parte das variáveis limnológicas monitoradas, ainda não atingiram um patamar estável de variação. Além disso, não foi observada diferença significativa nos valores destas variáveis antes e depois do represamento. A sazonalidade, bem definida da região Centro-Oeste, tem sido a principal responsável pelas variações observadas.

Assim, as tendências de longo prazo, que poderão ser caracterizadas por variações caóticas ou por um patamar estável de variação, somente serão, de fato, evidenciadas com a continuidade do monitoramento do reservatório.

MORTANDADE DE PEIXES

A ictiofauna é o grande indicador capaz de expressar os impactos gerados pelas alterações ambientais. As populações de peixes de um rio são reflexo do conjunto de fatores bióticos e abióticos que estão ocorrendo em determinado momento, os quais influenciam a distribuição, a abundância e, conseqüentemente, as interações entre as espécies. A estrutura populacional determinada por estes fatores pode diferir de assembléia para assembléia, de estação para estação e de ano para ano.

Na última semana do mês de agosto, na primeira semana do mês de novembro e na primeira semana do mês de dezembro de 2004 foram registradas a ocorrência de mortandade de peixes no reservatório da UHE Cana Brava. Foram avistados peixes mortos e agonizando desde a jusante do reservatório de Serra da Mesa até a ponte do Rubão, região esta localizada dentro da área indígena Avá-Canoeiro. No atendimento destas ocorrências, biólogos responsáveis pelo PMLQA, realizaram 3 visitas ao local para uma avaliação técnica. Nestas visitas foram realizadas coletas de amostras de água para análises laboratoriais e verificados o perfil vertical de oxigênio dissolvido e temperatura, de alguns pontos na região.

Diversas são as causas para a ocorrência de morte de peixes, tais como, lançamento de efluentes, acidentes com cargas perigosas, baixo teor de oxigênio, baixa vazão do corpo da água, doenças e parasitoses nos peixes, etc. Assim, mapear as principais regiões de ocorrência e aprofundar suas causas é de fundamental importância para elaboração de diagnósticos que possibilitarão ações preventivas.

Na terceira visita, realizada em dezembro de 2004, além da coleta de amostras de água em alguns pontos dentro da reserva indígena (área onde vem sendo observada a morte de alguns peixes), foram também coletados algumas espécies de peixes vivos para verificar possível contaminação.

Foram escolhidos cinco locais dentro da reserva indígena para a coleta das amostras (Tabela 3).

Tabela 4. Pontos amostrais selecionados para o monitoramento limnológico dentro da reserva indígena Avá-Canoeiros.

Local	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)	Característica
1	791782	8469162	Local mais próximo da barragem de Serra da Mesa
2	795605	8467655	Aproximadamente 2,5 km do primeiro ponto
3	798715	8467134	Pequeno tributário
4	800550	8468310	Tributário um pouco maior que o ponto 3
5	801616	8470034	Local próximo à guarita da reserva indígena

A temperatura da água variou de 26,2 °C (coleta realizada às 13:30h) a 29 °C (coleta realizada às 15:16h) (Figura 31). A temperatura da água representa a variação ao longo do dia de coleta.

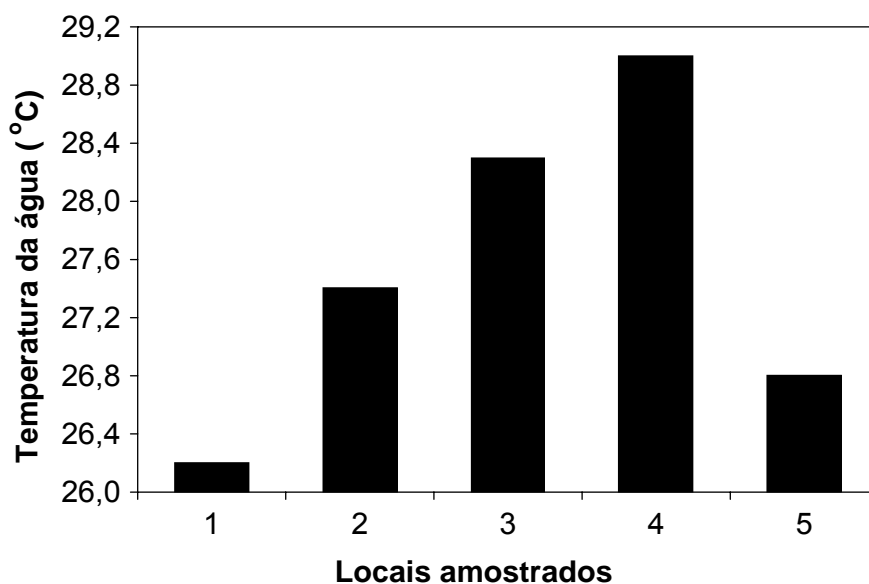


Figura 31. Temperatura da água.

A condutividade elétrica variou de 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (no ponto 4) a 91 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ponto 5) (Figura 32). Tal variação é considerado normal em ecossistemas tropicais.

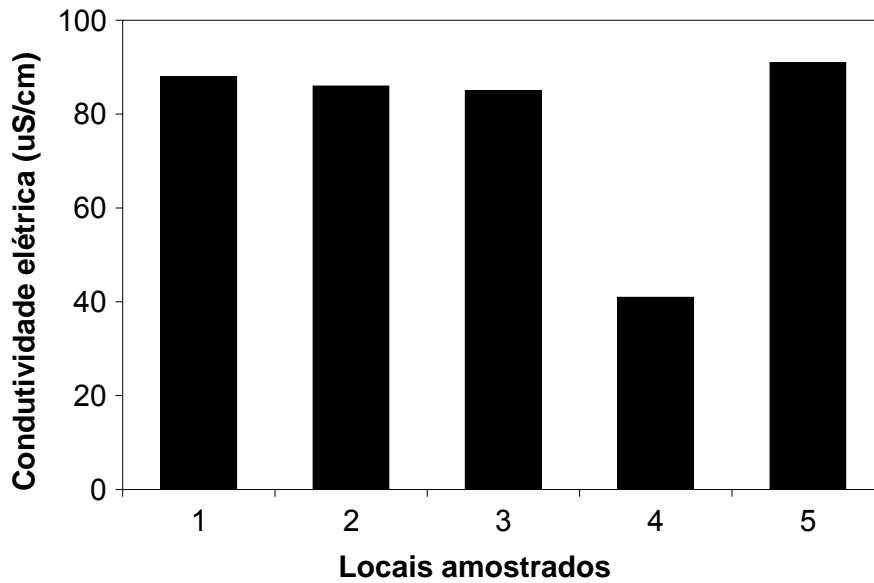


Figura 32. Valores de Condutividade elétrica.

As águas da região são consideradas neutras, apresentando valores entre 6,18 (ponto 2) e 6,69 (ponto 1) (Figura 33).

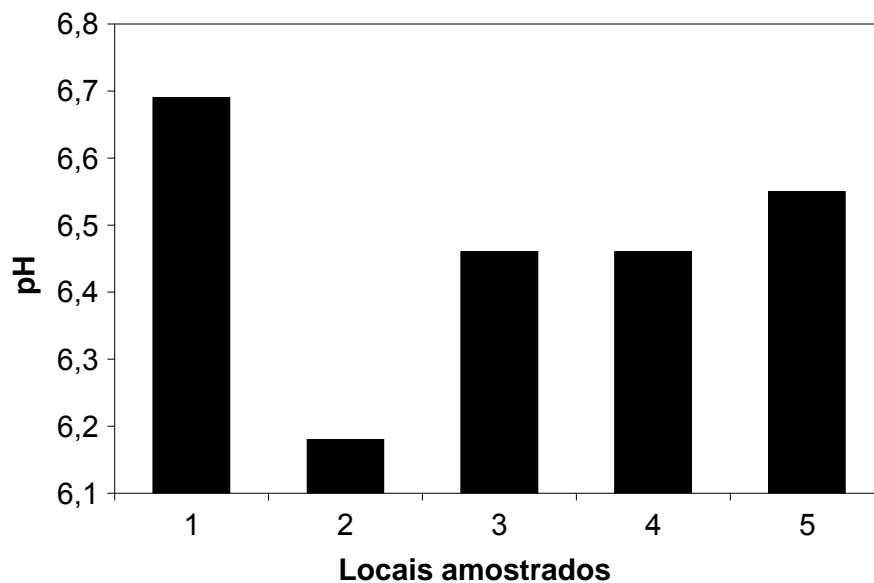


Figura 33. Valores de pH.

A concentração de sólidos totais dissolvidos apresentou o maior valor no ponto 2 (46 mg/l), e o menor no ponto 4 (20 mg/l) (Figura 34).

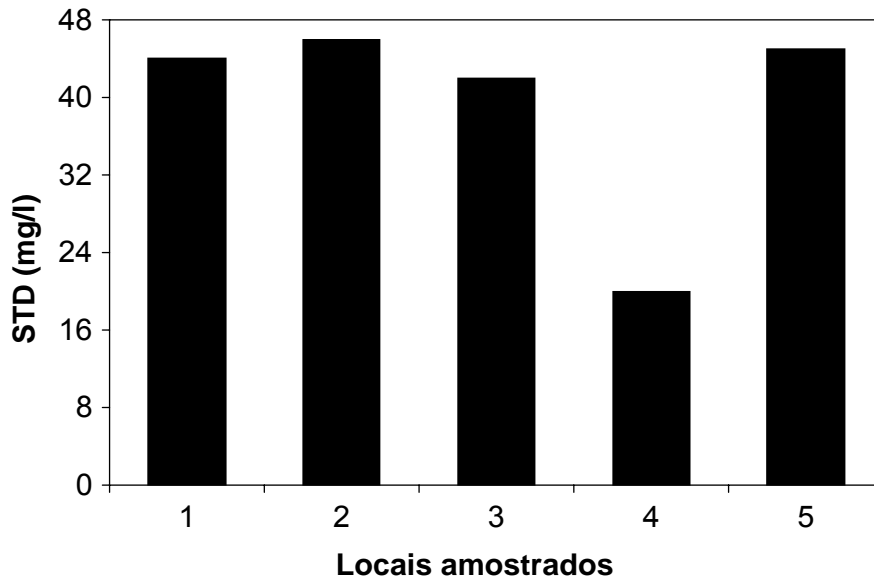


Figura 34. Concentração de sólido total dissolvido (STD).

Os valores de alcalinidade variaram entre 15,2 mg/l (ponto 3) e 37,6 mg/l (ponto 5) (Figura 35).

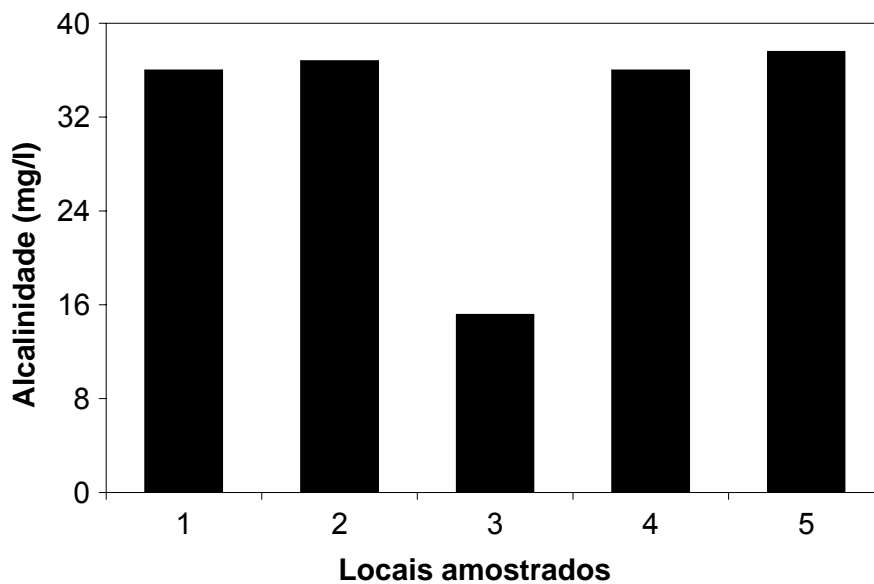


Figura 35. Valores de alcalinidade.

O maior valor de dureza foi obtido no ponto 5 (28,8 mg/l), enquanto que o menor valor foi obtido no ponto 4 (13,2 mg/l) (Figura 36).

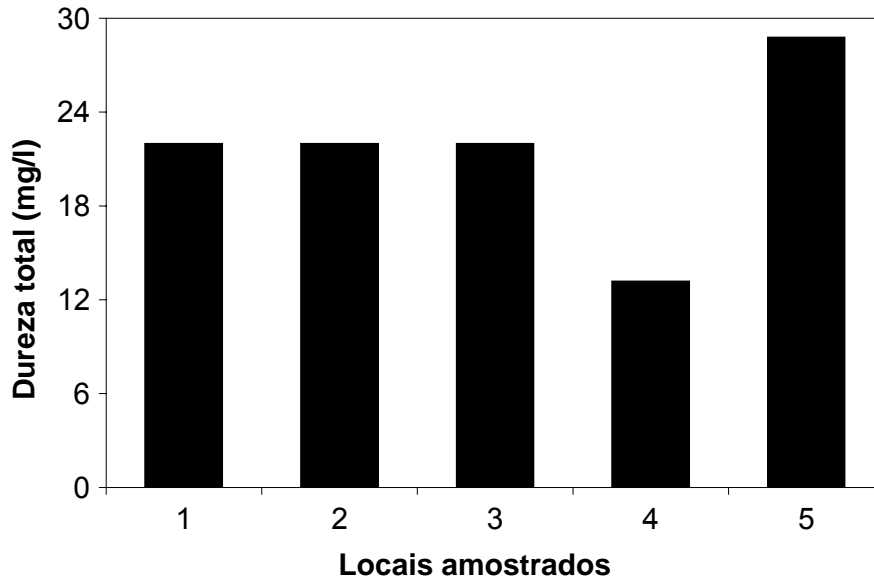


Figura 36. Valores de dureza.

As concentrações de cloreto variaram entre 2,4 mg/l (ponto 2) e 3,2 (ponto 4) (Figura 37). Todos os locais apresentaram concentração dentro dos limites preconizados pela resolução CONAMA (250 mg/l).

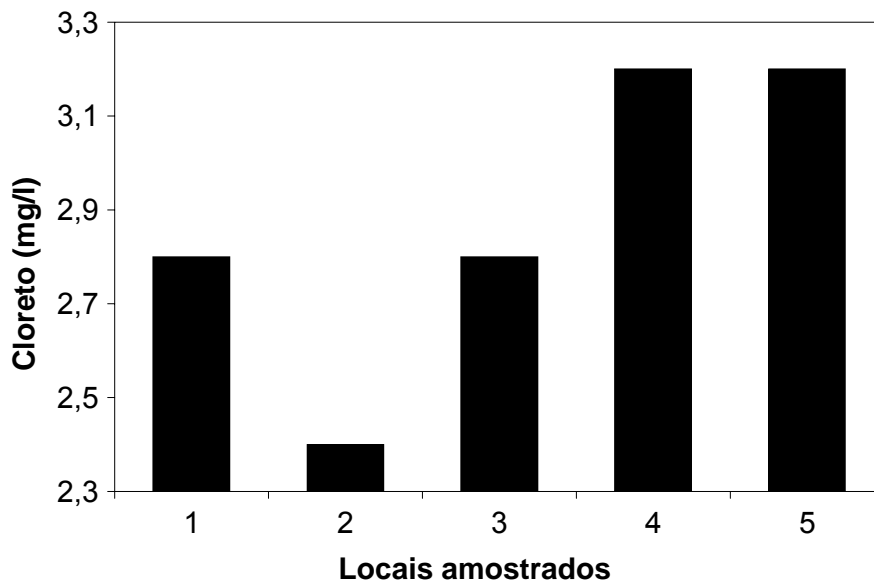


Figura 37. Concentração de cloreto.

A maior concentração de sulfato foi obtida no ponto 4 (8 mg/l), enquanto que a menor concentração foi registrada nos pontos 2 e 5 (2 mg/l) (Figura 38).

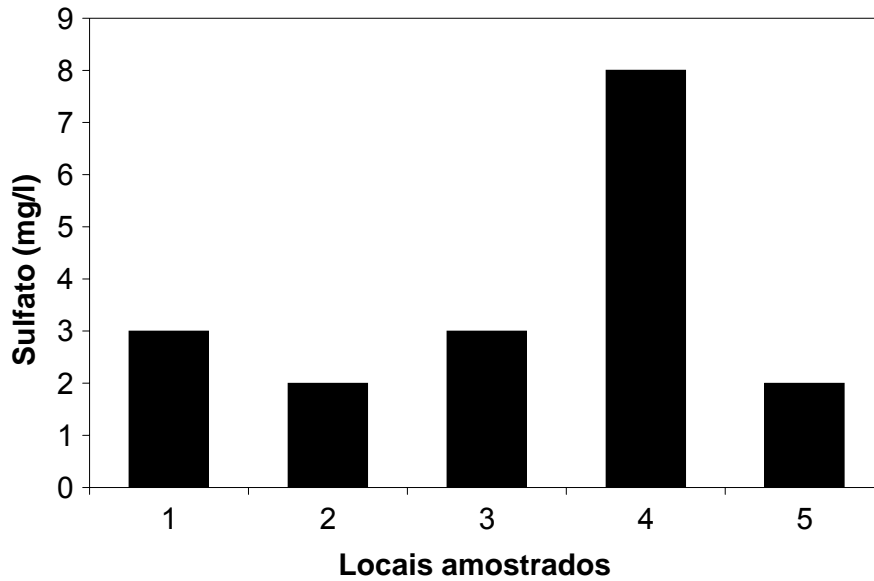


Figura 38. Concentração de sulfato.

A maior concentração de sulfeto também foi registrada no ponto 4 (0,017 mg/l), enquanto que a menor concentração foi obtida no ponto 1 (abaixo do limite de detecção) (Figura 39).

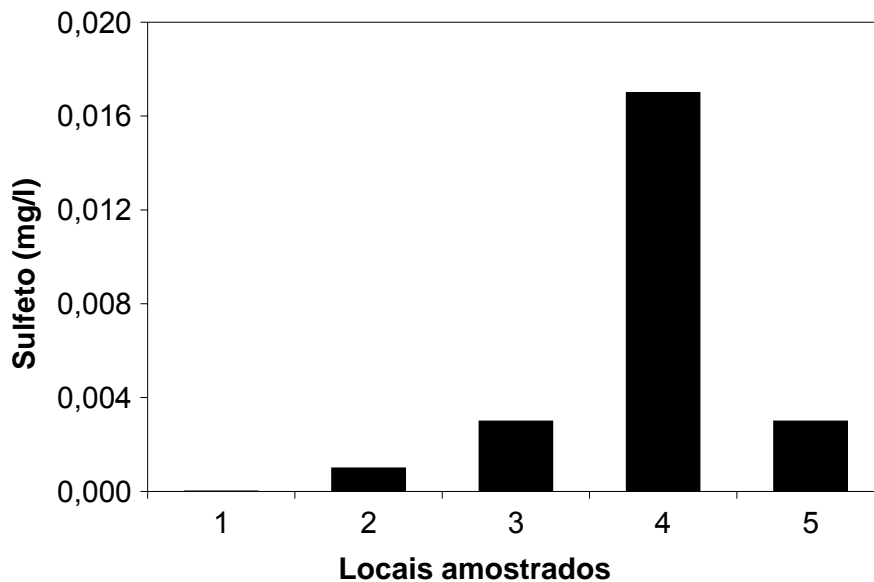


Figura 39. Concentração de Sulfeto.

As concentrações de nitrato variaram de 0,1 mg/l (ponto 1) a 0,4 mg/l (ponto 4) (Figura 40). Todos os locais apresentaram concentração inferior ao limite estabelecido pela resolução CONAMA (10 mg/l).

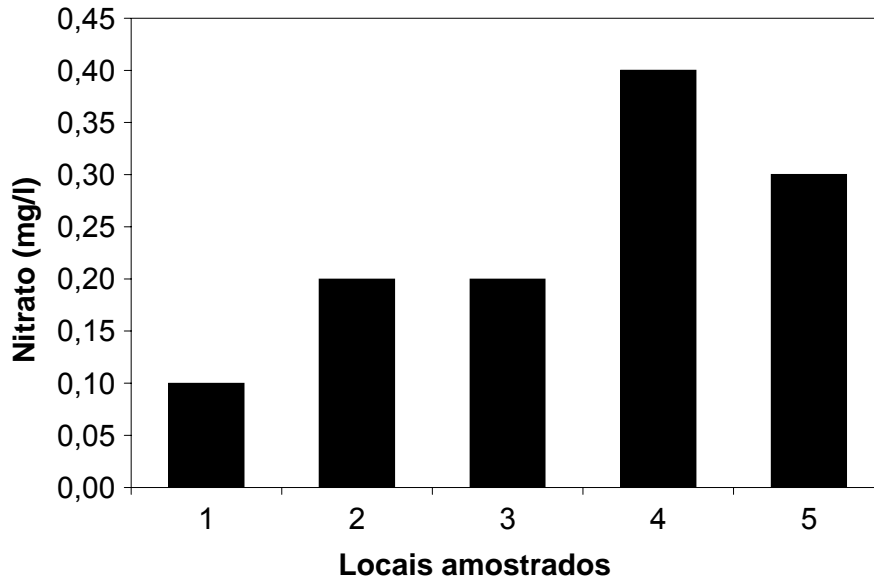


Figura 40. Concentração de nitrato.

A menor concentração de nitrito foi obtida no ponto 2 (0,005 mg/l), enquanto que a maior concentração foi encontrada no ponto 5 (0,013 mg/l) (Figura 41). Todos os locais apresentaram concentrações de nitrito dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA (1,0 mg/l).

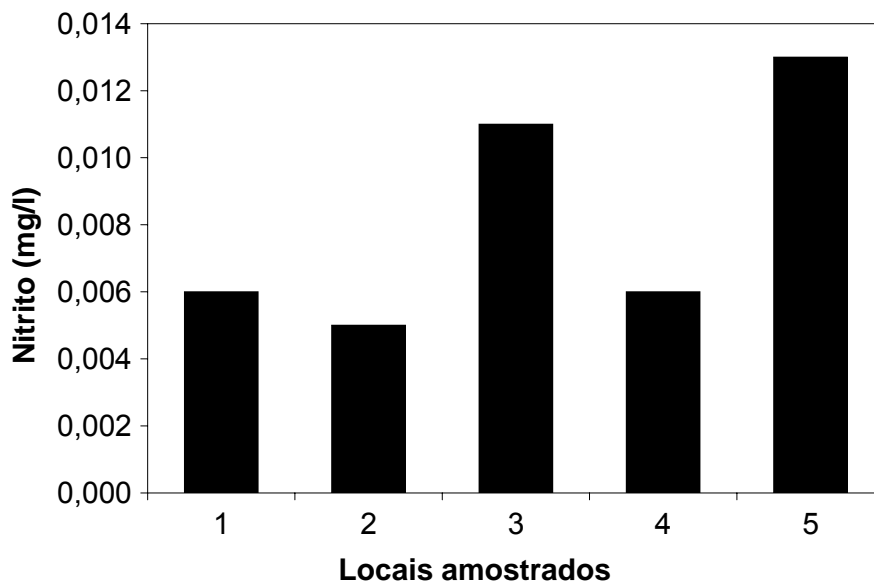


Figura 41. Concentração de nitrito.

As concentrações de nitrogênio amoniacal foram inferiores ao limite de detecção. Somente o ponto 4 apresentou concentração de 0,01 mg/l de

nitrogênio amoniacal, ou seja, inferior ao limite preconizado pelo CONAMA para águas de classe 2 (0,02 mg/l).

As concentrações de orto-fosfato variaram de 0,23 mg/l (ponto 4) a 0,4 mg/l (ponto 3) (Figura 42). Todos os locais apresentaram concentração de fósforo acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA (0,025 mg/l).

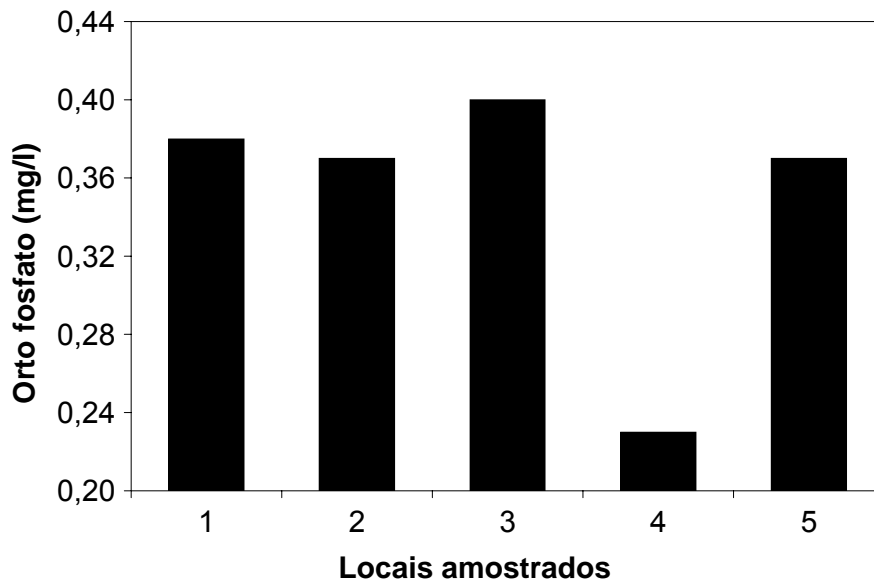


Figura 42. Concentração de orto-fosfato.

A maior concentração de oxigênio dissolvido na região foi obtida no ponto 4 (5,75 mg/l), enquanto que a menor concentração foi encontrada no ponto 1 (2,35 mg/l). O mesmo padrão foi observado quando se analisou a porcentagem de saturação de oxigênio (Figura 43). Assim, todos os locais amostrados possuem concentração de oxigênio inferiores ao limite estabelecido pelo CONAMA (5,0 mg/l), com exceção apenas do ponto 4, que é um pequeno tributário localizado na região.

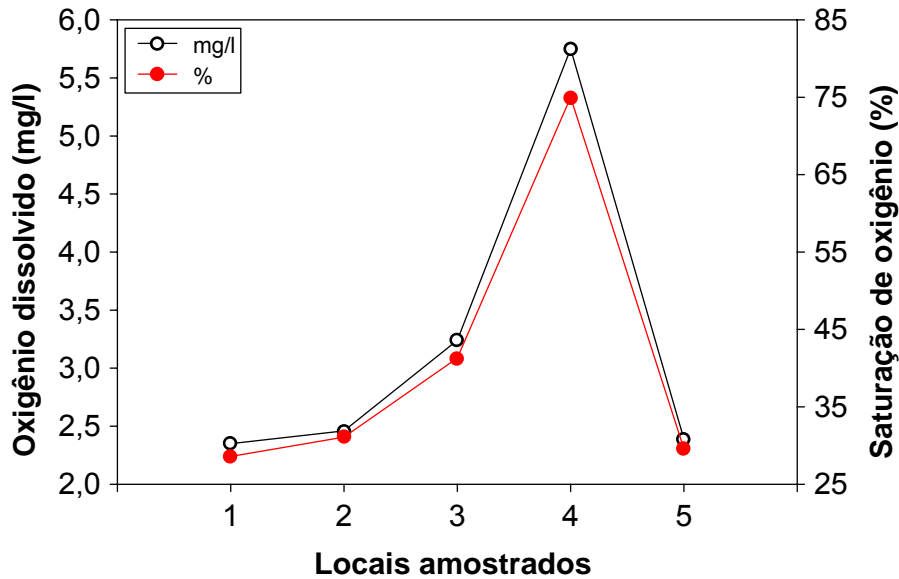


Figura 43. Concentração de oxigênio dissolvido.

Como destacado em relatórios anteriores, as baixas concentrações de oxigênio dissolvido e a baixa porcentagem de saturação do oxigênio na região podem ser uma das principais hipóteses para a mortandade de peixes na UHE Cana Brava. Além disso, a morte destes peixes vem ocorrendo somente naquela região, ou seja, é um evento local, e somente nesta região estão sendo detectadas concentrações tão baixas de oxigênio na superfície da água. De fato, a menor concentração de oxigênio dissolvido foi obtida no ponto 1 (pé da barragem de Serra da Mesa), e conforme vai se aproximando da barragem da UHE Cana Brava esta concentração vai aumentando na superfície da água. As regiões mais profundas do reservatório também apresentam baixas concentrações de oxigênio, no entanto, isto é normal, tendo em vista o processo de decomposição da matéria vegetal alagada, e conseqüente consumo de oxigênio, que ocorre próximo ao sedimento.

Segundo Esteves (1998), as condições de hipoxia (baixa concentração de oxigênio dissolvido) ou mesmo anoxia, muitas vezes prolongadas, em lagos tropicais, proporcionam um habitat com características adversas para a fauna aquática, principalmente peixes. Esta situação torna-se ainda mais limitante, com a formação de gases nocivos, tais como gás sulfídrico e metano, formados em condições anaeróbicas no ambiente.

Além disso, as altas concentrações de fósforo na região pode ser explicada pelas baixas concentrações de oxigênio. A liberação do íon fosfato para a coluna d'água ocorre mais facilmente em condições de baixas concentrações de oxigênio e, sobretudo em anaerobiose. Nestas condições não ocorre precipitação de fosfato pelo ferro permanecendo, portanto, solúvel (Esteves, 1998). Em condições aeróbicas (alta concentração de oxigênio), o sedimento apresenta uma camada de oxidação, geralmente de alguns milímetros sobre uma camada reduzida (sem oxigênio). A camada oxidada funciona como uma barreira que impede a liberação de fosfato para a coluna d'água. À medida que a água vai se tornando anaeróbica, esta camada de oxidação torna-se menos espessa, podendo desaparecer, condição favorável para a liberação de fosfato para a coluna d'água (Esteves, 1998). Tal fator é importante na caracterização trófica do ambiente.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) não apresentou valores superiores ao estabelecido pelo CONAMA (5,0 mg/l) em nenhum dos locais amostrados (Figura 44). A maior concentração foi obtida no ponto 4 (2,8 mg/l) e a menor concentração foi obtida no ponto 3 (0,8 mg/l).

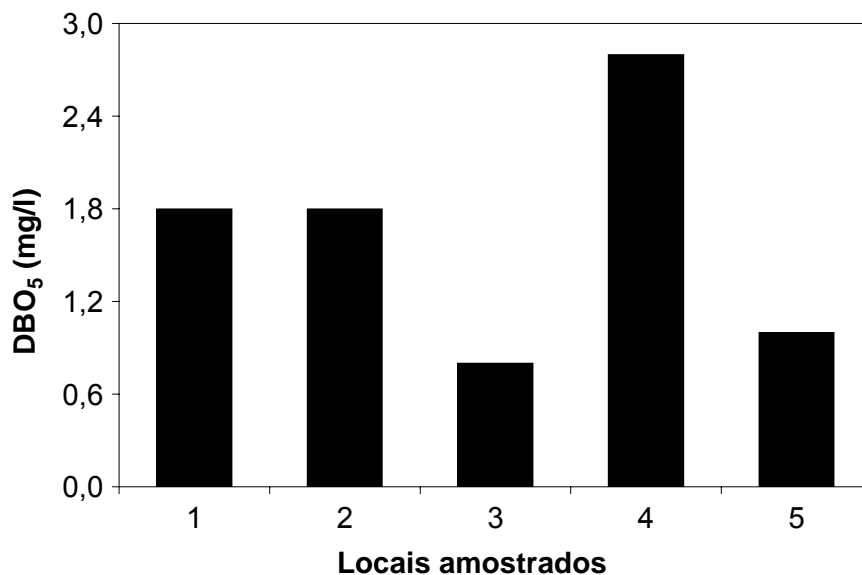


Figura 44. Demanda bioquímica de oxigênio.

Considerando a densidade de coliformes totais, o local que apresentou os maiores valores foi o ponto 4 (1100 NMP/100ml), enquanto que o menor valor foi obtido no ponto 1 (15 NMP/100ml). A densidade de coliformes fecais foi maior,

também, no ponto 4 (150 NMP/100ml), enquanto que o ponto 1 apresentou valores ausente (Figura 45). As densidades, tanto de coliformes totais, quanto de coliformes fecais se encontraram dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA (5000 NMP/100ml e 1000 NMP/100ml, respectivamente).

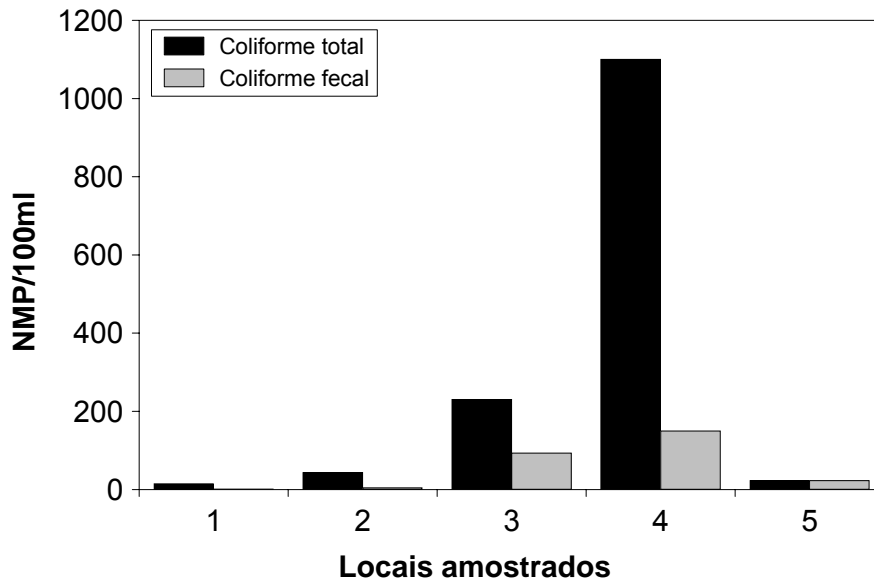


Figura 45. Densidade de coliformes totais e coliformes fecais.

De maneira geral, a água da região analisada (dentro da reserva indígena) apresenta caracterização limnológica dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA. As únicas variáveis preocupantes, como já mencionado anteriormente, são as concentrações de oxigênio e fósforo. O ponto 4 foi o local com maior concentração de alguns íons, tais como nitrato, sulfato, sulfeto e cloreto, coliformes e com o maior valor de DBO_5 , provavelmente devido a este ser um pequeno tributário da região, e receber aporte de matéria orgânica das margens, no entanto, isto não é preocupante tendo em vista que todos os parâmetros analisados apresentaram valores inferiores ao estabelecido pela resolução CONAMA.

A identificação do fitoplâncton será enviada posteriormente, tendo em vista que tal análise demanda maior tempo.

Agrotóxicos

Nos anos de 2000 e 2001 (Fase Rio) foram realizadas coletas de amostras de água nos pontos 2, 6, 7 e 21, visando a determinação de organo-fosforados ou organo-clorados. Todos os resultados foram negativos. Análise executada pelo Centro de Assistência Toxicológica (CEATOX) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) - Botucatu – SP.

Mercúrio (Hg) – ANEXO IV

No intuito de se ter uma referência sobre a presença desse metal pesado na bacia de inundação, foi realizada uma amostragem em dezembro de 2003 e dezembro de 2004.

Amostragem de dezembro de 2003

Foram coletadas amostras de sedimentos em 5 pontos no reservatório de Cana Brava: 2 pontos no Rio Preto; 2 pontos no Rio Carmo e 1 ponto no Rio Cana Brava. Amostras de sedimento foram coletadas com draga (amostrador tipo Petersen, 252 cm²), acondicionadas em potes de polietileno e mantidas em caixas de isopor até o laboratório.

Simultaneamente, amostras de peixes foram coletadas em 15 pontos aleatoriamente ao longo do reservatório de Cana Brava. Os peixes foram identificados ao nível de espécie. Foram retirados aproximadamente 10 g de tecido muscular de cada amostra. Os tecidos foram mantidos congelados até a realização das análises. O método utilizado para determinação de mercúrio foi espectrofotometria por absorção atômica (atomização com gerador de hidretos).

Resultados obtidos em dezembro de 2003

Esses dados fazem parte de um relatório especial do PMLQA emitido em dezembro de 2003 (NATURAE, 2003). A concentração máxima de mercúrio encontrada nas amostras de sedimento foi de 342,4 ng/g no rio Preto (ponto mais distante do reservatório) e a menor concentração foi 17,8ng/g no rio Preto (ponto localizado próximo do reservatório) Tabela 5.

Mesmo com a importância do sedimento para o ecossistema, não há normas no Brasil que especifiquem as concentrações de contaminantes permissíveis no sedimento para garantir sua qualidade.

Tabela 5. Concentração de mercúrio em sedimento.

Amostras	Concentração de Mercúrio (ng/g)
Rio Preto 1	342,4
Rio Preto 2	17,8
Rio Cana Brava	193,4
Rio do Carmo 1	81,4
Rio do Carmo 2	328,5

As espécies de peixes coletadas nos 15 pontos ao longo do reservatório estão relacionadas na Tabela 6. As concentrações de mercúrio encontradas nos peixes amostrados no reservatório de Cana Brava foram inferiores ao limite ambiental para exposição humana ao mercúrio (< 0,2 µg/g ou <200 ng/g).

Tabela 6. Espécies de peixes coletadas ao longo do reservatório de Cana Brava e as respectivas concentrações de mercúrio.

Pontos	Taxa	Nome Comum	Hg (ng/g)
1	<i>Leporinus</i> sp.	Piau	< 1,0
2	<i>Hemiodus microlepis</i>	Voadeira	< 1,0
3	<i>Hemiodus microlepis</i>	Voadeira	< 1,0
4	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piranha preta	< 1,0
5	<i>Serrasalmus eigenmanni</i>	Piranha	< 1,0
6	<i>Geophagus</i> sp. 1	Cará	< 1,0
7	<i>Geophagus</i> sp. 1	Cará	< 1,0
8	<i>Geophagus</i> sp. 1	Cará	< 1,0
9	<i>Hemiodus microlepis</i>	Voadeira	< 1,0
10	<i>Hemiodus microlepis</i>	Voadeira	< 1,0
11	<i>Boulengerella cuvieri</i>	Bicuda	3,3
12	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piranha preta	5,6
13	<i>Geophagus</i> sp. 1	Cará	3,7
14	<i>Geophagus</i> sp. 1	Cará	< 1,0
15	<i>Hemiodus microlepis</i>	Voadeira	2,0

Amostragem e resultados obtidos em dezembro de 2004

Foram coletadas amostras de sedimentos (draga tipo Petersen, 252 cm²) e água em 5 pontos selecionados dentro da reserva indígena Avá-Canoeiro (a localização dos pontos se encontra na tabela 4). As amostras foram acondicionadas em potes de polietileno e mantidas em caixas de isopor, com gelo, até o laboratório.

Simultaneamente, amostras de peixes também foram coletadas ao longo dos pontos selecionados dentro da reserva indígena. Os peixes foram identificados ao nível de espécie. Foram retirados aproximadamente 10 g de tecido muscular de cada amostra. Os tecidos foram mantidos congelados até a realização das análises. O método utilizado para determinação de mercúrio foi espectrofotometria por absorção atômica (atomização com gerador de hidretos). A análise foi executada pelo Centro de Assistência Toxicológica (CEATOX) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) - Botucatu – SP.

Sedimento

A concentração máxima de mercúrio encontrada nas amostras de sedimento foi de 0,052 µg/g no ponto 2, enquanto a menor concentração (< 0,0001) foi obtida no ponto 4 (Tabela 7).

Tabela 7: Concentração de mercúrio no sedimento nos 5 pontos amostrados dentro da reserva indígena Avá-Canoeiro.

Amostras	Concentração de Mercúrio (µg/g)
P1	0,034
P2	0,052
P3	0,022
P4	< 0,0001
P5	0,045

Como discutido anteriormente, não há normas no Brasil que especifiquem as concentrações de contaminantes permissíveis no sedimento para garantir sua qualidade.

Água

As concentrações de mercúrio detectadas na água foram $< 0,0001 \mu\text{g/ml}$ em todos os locais analisados, ou seja, inferiores aos limites ambientais para exposição humana ao mercúrio ($0,001 \mu\text{g/ml}$, para água potável; Brasil, Portaria 56 MS).

Peixes

As espécies de peixes encontradas ao longo dos pontos monitorados estão relacionadas na tabela 8.

Tabela 8: Espécies de peixes coletadas ao longo do trecho monitorado dentro da reserva indígena Avá-Canoeiro em dezembro de 2004.

Taxa	Concentração de mercúrio ($\mu\text{g/g}$)
<i>Prochilodus</i> sp.	0,041
<i>Geophagus</i> sp.	0,103
<i>Serrasalmus shombeu</i>	0,677
<i>Boulengerella curveri</i>	$< 0,0001$
<i>Hypostomas</i> sp.	0,003

Somente a espécie *Serrasalmus shombeu* (piranha) apresentou concentração de mercúrio superior ao limite ambiental ($0,2 \mu\text{g/g}$), provavelmente devido ao efeito bioacumulativo, sendo esta uma espécie predadora.

Ferro e Potássio na água – ANEXO IV

A análise foi executada pelo Centro de Assistência Toxicológica (CEATOX) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) - Botucatu – SP, através de espectrofotometria de absorção atômica (atomização por chama).

A maior concentração de ferro na água foi detectada no ponto 1 ($0,63 \text{ mg/l}$), e a menor concentração foi obtida no ponto 3 (tributário) ($0,3 \text{ mg/l}$) (Figura 46). De maneira geral, todos os locais apresentaram concentrações de ferro superiores aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA para águas de classe 2 ($0,3 \text{ mg/l}$).

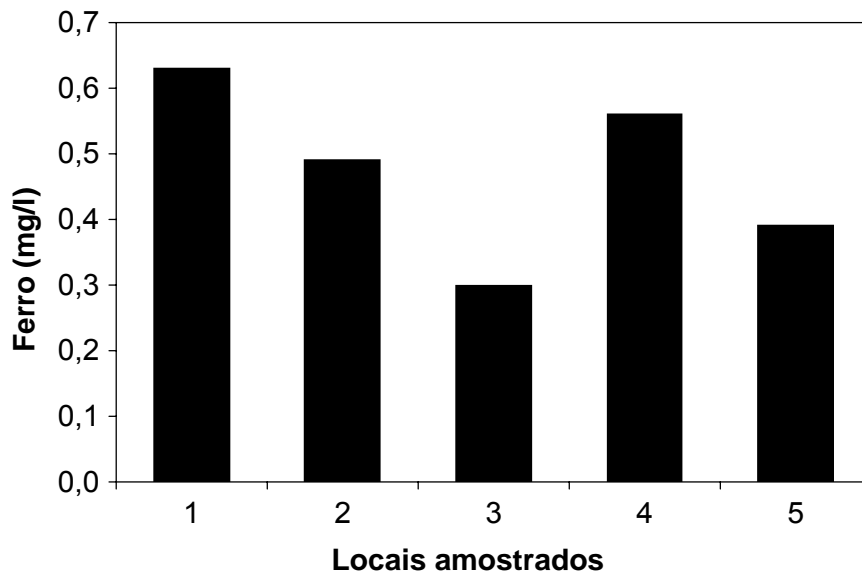


Figura 46. Concentração de ferro

Como discutido anteriormente, em ambientes com baixas concentrações de oxigênio dissolvido (como o observado dentro da reserva indígena em dezembro de 2004), o íon ferro se encontra na forma reduzida (Fe^{2+} ferroso), ou seja, na forma solúvel, não se precipitando, assim, com o fosfato.

A concentração de potássio permaneceu constante ao longo dos pontos monitorados. A maior concentração foi de 1,88 mg/l no ponto 4, enquanto que a menor a concentração (1,24 mg/l) foi obtida no ponto 2 (Figura 47).

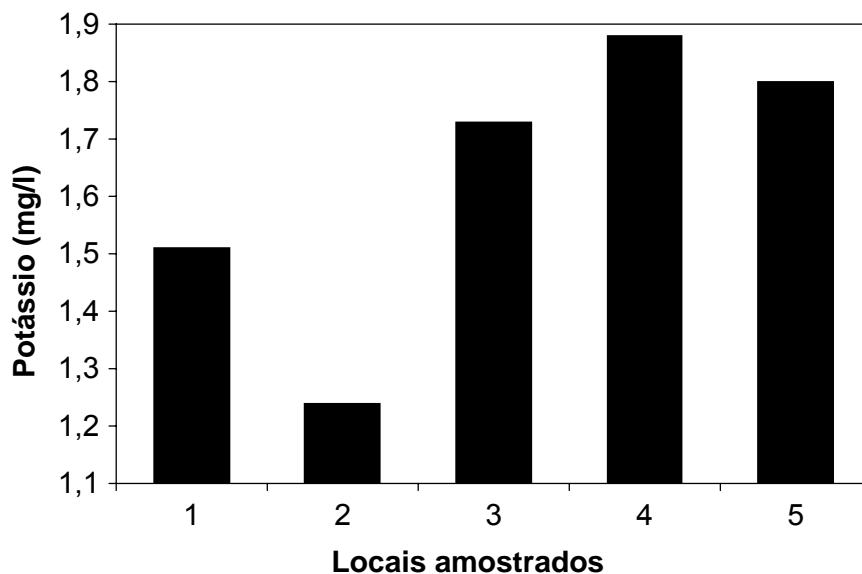


Figura 47. Concentração de potássio.

Outras Causas

A mortandade de peixes em um ambiente de reservatório pode ter inúmeras outras variáveis, como já comentado anteriormente. Dentre essas o carreamento de íons pelas chuvas, que lavam o solo do Cerrado, conhecidamente rico em compostos Alumínio, podem alterar algumas condições limnológicas do ambiente aquático e, conseqüentemente, afetar a ictiofauna. Isso também não exclui a pesca predatória com o uso de “bombas” e contaminação acidental (ou provocada por pescadores) por plantas do grupo do cipó conhecido como timbó.

BIBLIOGRAFIA

- AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C., 1997. Manejo e monitoramento de recursos pesqueiros: perspectivas para o reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C. (Eds.) **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, p. 319-364.
- AGOSTINHO, A.A., 1995. Considerações sobre a atuação do setor elétrico na preservação da fauna aquática e dos recursos pesqueiros. In: COMASE/ELETROBRÁS. **Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro: COMASE/ELETROBRÁS, p. 8-19 (Caderno 4: estudos e levantamentos).
- AZEVEDO, F. A. 2003. Toxicologia do Mercúrio. RiMa: São Carlos.
- BARBOSA, F.A.R., 1999. Qualidade da água nos reservatórios da CESP: propostas para um programa de monitoramento. In: **I Workshop: Gestão Ambiental de Reservatórios Hidrelétricos**. São Paulo: CESP, p. 25-30.
- BARBOSA, F.A.R., MAIA-BARBOSA, P., SANTOS, M.B.L., MINGOTTI, S., AQUINO, V. Nova ferramenta para o monitoramento da qualidade da água. **Ciência Hoje** v. 19, n. 110, p.16-17, 1995.
- BIANCHINI JR., I., 1994. A água como ambiente para manutenção da fauna aquática. In: COMASE/ELETROBRÁS. **Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro: COMASE/ELETROBRÁS, p. 7-17 (Caderno 1 fundamentos).
- BICUDO, D.C. *et al.*, 1999. Escala de amostragem e variabilidade de fatores limnológicos em reservatório eutrofizado (Lago das Garças, São Paulo). In: HENRY, R. (Ed.) **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FAPESP/FUNDIBIO, p. 411–448.

- BINI, L.M., 1999. Alguns problemas com a aplicação de índices de estado trófico em reservatórios. . In: **I Workshop: Gestão Ambiental de Reservatórios Hidrelétricos**. São Paulo: CESP, p. 31-43.
- CAVALCANTE, T.B.; G. P. SILVA & M. C. SILVA.2002. Resgate e conservação da flora no aproveitamento hidrelétrico Cana Brava, Goiás. Reservatório Final. EMPRAPA.38p.
- ESTEVES, F.A. Lagoas costeiras de Macaé: a limnologia utilizada como instrumento de preservação dos ecossistemas aquáticos. **Ciência Hoje** v. 19, n. 110, p.75-77, 1995.
- ESTEVES, F.A. 1998. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência.
- FONSECA-GESSNER, A.A. & GHERESCHI, R.M., 2000. Macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade da água de três córregos na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP, Brasil. In: SANTOS, J.E. & PIRES, J.S.R. (Eds.) **Estação Ecológica de Jataí**. Volume 2. São Carlos: RIMA, p. 707-720.
- HENRY, R. & NOGUEIRA, M.G., 1999. A represa de Jurumirim (São Paulo): primeira síntese sobre o conhecimento limnológico e uma proposta preliminar de manejo ambiental.In: HENRY, R. (Ed.) **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FAPESP/FUNDIBIO, p. 653-685.
- HSDB – Hazardous Substances Data Bank. 2000. Mercury. In: Tomes CPS System. Toxicology, occupational medicine and environmental series. Englewwod: Micromedex.
- MACHADO, C.E.M., 1976. Grandes barragens e meio ambiente: dois aspectos importantes. In: Encontro Nacional sobre Limnologia , Piscicultura e Pesca Continental, 1. p. 301-306 Anais.

NATURAE. 2002. Operação Mucura – Resgate da fauna da Usina Hideralétrica de Cana Brava – Relatório Final. Goiânia.

NATURAE. 2003. Programa de Monitoramento Limnológico e Qualidade da Água da UHE Cana Brava. I Relatório Técnico Especial: Determinação de Mercúrio em Peixes e Sedimentos. 11p.

PAIVA, M.P., 1982. Grandes represas do Brasil, Brasília, Editerra p.292.

SPEIDEL, D.H.; RUEDISILI, L.C.; AGNEW, A.F. (Eds.) 1988 Perspectives on water: uses and abuses. New York: Oxford University Press, p.388.

THOMAZ, S.M. & BINI, L.M., 1999. Limnologia: enfoques e importância para o manejo de recursos hídricos. **Cadernos da Biodiversidade** v.2, n.1, p. 11-26.

THOMAZ, S.M., ROBERTO, M.C. & BINI, L.M., 1997a. Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C. (Eds.) **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, p.19-37.

THOMAZ, S.M., ROBERTO, M.C. & BINI, L.M., 1997a. Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C. (Eds.) **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, p. 19-37.

THOMAZ, S.M., ROBERTO, M.C., BINI, L.M., 1997b. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A.E.A.M., AGOSTINHO, A.A., HAHN, N.S. **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, p. 73-102.

THORNTON, K.W., 1990. Perspectives on reservoir limnology. In: THORNTON, K.W., KIMMEL, B.L. & PAYNE, F.E. (Eds.) **Reservoir limnology: ecological perspectives**. N. York: Wiley-Interscience Publ., p. 1-13.

TUNDISI, J. G. 2003. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, IIE.

TUNDISI, J.G., STRASKRABA, M. Ecological basis for the application of ecotechnologies to watershed/reservoir recovery and management. *In*: BARBOSA, F.A .R. (Ed.). Workshop: Brazilian Programme on Conservation and Management of Inland Waters. **Acta Limnologica Brasiliensia** v.5: p. 49-72.

ANEXO I

RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÁGUA DO PMLQA DA UHE CANA BRAVA

**FASE RIO
AGOSTO DE 2000 A NOVEMBRO DE 2001**

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água na área da UHE Cana Brava, agosto de 2000 (1ª campanha).

Parâmetros/PA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONAMA
Temperatura	25,3	25	25,6	25,1	23,7	25,4	23,4	25,9	24,8	26,1	24,9	25,8	NR
Transparência	2,10	1,90	1,04	0,20	1,25	1,23	0,50	1,66	2,00	2,32	1,70	1,64	NR
Odor	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
pH	6,97	7,72	7,20	7,70	7,50	7,10	8,06	7,20	8,26	7,36	7,39	7,90	6 - 9
Turbidez	2,00	1,00	4,00	1,00	2,00	4,00	3,00	3,00	<1,00	3,00	4,00	6,00	100
Cor	20,0	26,0	21,0	14,0	25,0	58,0	18,0	50,0	5,0	38,0	39,0	101,0	75
Condutividade	83,90	52,80	84,25	84,50	55,40	80,70	173,25	87,70	255,5	85,40	88,60	69,10	NR
Dureza	38,00	16,00	36,00	38,00	24,00	84,00	26,00	42,00	150,0	40,00	38,00	40,00	NR
Alcalinidade	46,00	31,00	45,00	47,00	33,00	47,00	76,00	47,00	141,0	62,00	46,00	46,00	NR
Cloretos	1,00	1,00	115,0	2,50	1,00	2,00	4,00	2,50	2,50	1,50	1,00	1,00	250
O ₂ dissolvido	4,70	7,30	5,20	9,20	8,20	5,10	8,80	6,10	8,10	5,70	6,40	5,80	>5,0
DBO	7,80	0,10	5,50	0,60	0,10	4,00	0,90	0,90	0,10	3,60	0,40	3,60	5,0
CO ₂	9,34	1,26	5,76	1,90	2,12	7,58	1,54	6,02	1,61	5,01	3,72	1,18	NR
Nitrato	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,05	10,0
Nitrito	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001	0,015	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	1,0
N - Amoniacal	6,12	3,82	3,06	2,29	3,06	2,29	2,29	2,29	2,29	1,53	2,29	2,29	1,0*
Óleos e Graxas	V.A	V.A	1,00	3,20	V.A	1,00	V.A	1,30	V.A	V.A	V.A	V.A	VA
Ferro Solúvel	0,67	0,15	0,60	0,13	0,32	0,60	0,37	0,43	0,30	0,46	0,49	0,47	0,3
STD	46,14	29,04	46,33	46,47	30,47	44,38	95,28	48,23	140,52	47,13	48,70	38,10	500
Sulfetos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002
Sulfatos	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	250
Orto Fosfato	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,025
Coliforme Total	23,00	23,00	23,00	9,00	1100	39,00	1100	28,00	230,0	23,00	230,0	28,00	5.000

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água na área da UHE Cana Brava, outubro de 2000 (2ª campanha).

Parâmetros/PA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONAMA
Temperatura	24	24	24	24	25	25	24	25,4	25,6	25,2	26,2	25,2	NR
Transparência	2,75	2,33	1,77	0,98	1,64	1,96	0,85	2,22	2,68	2,45	1,42	2,12	NR
Odor	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
pH	6,69	7,66	7,00	7,20	7,20	6,90	7,50	7,00	7,80	7,20	7,62	7,80	6 - 9
Turbidez	2,00	1,00	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	4,00	5,00	100
Cor	20,0	18,00	20,00	13,00	22,00	46,00	19,00	45,00	6,00	34,00	38,00	45,00	75
Condutividade	79,1	48,20	76,33	83,60	51,30	76,40	88,67	69,60	176,33	73,30	79,92	54,70	NR
Dureza	36,00	14,00	19,00	37,00	23,00	70,00	28,00	39,00	78,00	48,00	36,00	38,00	NR
Alcalinidade	44,00	27,00	38,00	45,00	31,00	39,00	66,00	46,00	62,00	64,00	44,00	42,00	NR
Cloretos	1,00	1,00	1,00	2,20	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,50	1,00	250
O ₂ dissolvido	6,30	7,30	5,00	9,00	7,80	4,90	8,20	6,60	8,00	6,20	6,20	6,70	>5,0
DBO	3,1	0,10	5,30	0,80	0,20	3,80	0,80	0,80	0,20	0,30	0,30	2,20	5,0
CO ₂	9,31	1,20	4,97	1,86	2,24	6,67	2,02	5,07	1,34	4,67	2,64	1,87	NR
Nitrato	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	10,0
Nitrito	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	1,0
N - Amoniacal	5,98	3,67	3,02	2,03	2,88	2,26	2,29	2,24	2,04	1,97	1,94	1,86	1,0*
Óleos e Graxas	V.A	V.A	VA	1,00	V.A	VA	V.A	VA	V.A	V.A	V.A	V.A	VA
Ferro Solúvel	0,21	0,13	0,21	0,11	0,18	0,21	0,16	0,19	0,19	0,19	0,19	0,29	0,3
STD	45,01	27,31	31,27	42,41	28,66	41,30	89,28	39,66	97,33	39,73	42,60	34,20	500
Sulfetos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002
Sulfatos	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	250
Orto Fosfato	0,005	0,006	0,008	0,008	0,005	0,010	0,018	0,016	0,008	0,005	0,004	0,010	0,025
Coliforme Total	20,00	21,00	20,00	12,00	23,00	28,00	30,00	20,00	37,00	23,00	36,00	20,00	5.000

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água na área da UHE Cana Brava, dezembro de 2000 (3ª campanha).

Parâmetros\PA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONAMA
Temperatura	24	24	25,6	25,5	25,5	26	26,6	26,7	27,5	27,2	27,5	27,5	NR
Transparência	1,4	1,6	1,3	0,76	0,82	1,2	0,84	0,93	1,4	1,2	0,77	1,1	NR
Odor	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
pH	7,15	7,78	7,60	7,80	8,00	7,60	7,80	7,60	7,90	7,60	7,80	7,80	6 - 9
Turbidez	3,00	2,00	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00	2,00	4,00	4,00	5,00	100
Cor	24,0	20,00	20,00	18,00	30,00	50,00	20,00	48,00	7,00	36,00	40,00	46,00	75
Condutividade	91,2	57,4	82,42	102,77	78,4	92,40	96,62	80,20	179,21	77,20	82,73	56,40	NR
Dureza	45,00	18,00	20,00	40,00	36,00	74,00	32,00	44,00	79,00	52,00	40,00	38,00	NR
Alcalinidade	47,00	36,00	41,00	62,00	42,00	44,00	73,0	51,00	64,00	67,00	46,00	44,00	NR
Cloretos	1,00	1,00	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	250
O ₂ dissolvido	7,20	7,50	5,00	7,70	7,20	3,60	7,60	6,60	7,60	6,00	6,40	6,40	>5,0
DBO	4,2	0,80	4,90	1,20	0,60	2,6	1,04	1,20	0,60	0,50	0,60	1,90	5,0
CO ₂	6,12	2,0	5,22	2,12	1,08	4,64	1,84	4,64	1,42	4,36	1,85	1,74	NR
Nitrato	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	10,0
Nitrito	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	1,0
N - Amoniacal	2,66	2,11	2,23	0,78	1,55	0,88	1,64	0,88	0,96	0,97	0,67	0,88	1,0*
Óleos e Graxas	V.A	V.A	VA	VA	V.A	VA	V.A	VA	V.A	V.A	V.A	V.A	VA
Ferro Solúvel	0,18	0,18	0,17	0,23	0,22	0,16	0,21	0,23	0,22	0,21	0,23	0,24	0,3
STD	48,21	36,22	42,33	66,32	39,87	62,6	96,34	46,22	98,42	43,84	46,40	36,44	500
Sulfetos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002
Sulfatos	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	250
Orto Fosfato	0,007	0,006	0,009	0,008	0,005	0,011	0,019	0,017	0,009	0,006	0,006	0,009	0,025
Coliforme Total	16,00	16,00	18,00	10,00	23,00	20,00	22,00	18,00	32,00	18,00	24,00	16,00	5.000

Resultados dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água na área da UHE Cana Brava, abril de 2001 (4ª campanha).

Parâmetros\PA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONAMA
Temperatura	27,5	28,3	27,8	29,7	27,7	27,5	26,0	27,6	26,9	27,8	27,1	27,0	NR
Transparência	2,25	1,50	2,66	0,97	2,44	1,76	0,60	1,08	0,94	1,55	1,82	1,98	NR
Odor	MOD	VA	MOD	VA	VA	MOD	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
pH	7,08	8,2	7,10	8,25	7,23	7,14	7,92	7,45	7,96	7,22	7,18	7,26	6 - 9
Turbidez	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	5,00	2,00	3,00	3,00	100
Cor	40,0	33,00	40,00	15,00	22,00	40,00	50,00	44,00	38,00	42,00	48,00	53,00	75
Condutividade	90,8	35,7	69,5	72,6	44,8	81,6	156,3	143,0	160,7	88,6	88,0	88,1	NR
Dureza	44,00	14,80	39,60	27,60	19,6	67,2	70,8	64,40	80,80	38,8	41,20	40,00	NR
Alcalinidade	35,60	39,60	21,60	46,80	39,60	25,20	38,80	69,60	84,00	46,60	46,60	43,60	NR
Cloretos	1,1	0,80	0,90	0,90	0,50	1,60	2,20	2,40	0,70	1,20	1,50	1,30	250
O ₂ dissolvido	4,60	7,00	7,60	8,60	8,80	7,60	9,00	5,10	5,60	7,40	7,50	7,20	>5,0
DBO	2,70	1,40	1,20	0,90	0,90	1,06	0,80	1,30	1,30	0,60	0,80	0,70	5,0
CO ₂	4,70	2,70	3,80	2,60	2,60	3,50	2,50	3,70	3,30	3,30	3,80	3,80	NR
Nitrato	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4	0,3	10,0
Nitrito	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	1,0
N - Amoniacal	5,98	3,67	3,02	2,03	2,88	2,26	2,29	2,24	2,04	2,04	1,97	1,94	1,0*
Óleos e Graxas	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
Ferro Solúvel	0,19	0,21	0,20	0,20	0,17	0,19	0,23	0,21	0,18	0,22	0,21	0,22	0,3
STD	6,0	7,0	5,0	2,0	5,0	10,0	16,0	5,0	10,0	6,0	8,0	28,0	500
Sulfetos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,00	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002	0,002
Sulfatos	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	250
Orto Fosfato	0,008	0,007	0,009	0,008	0,005	0,009	0,018	0,017	0,008	0,008	0,008	0,008	0,025
Coliforme Total	19,00	22,00	24,00	30,00	16,00	21,00	34,00	700,0	560,0	60,00	80,00	40,00	5.000

Resultados dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água na área da UHE Cana Brava, julho de 2001 (5ª campanha).

Parâmetros\PA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONAMA
Temperatura	25,6	26,2	26,0	27,2	27,0	25,4	25,0	26,3	25,7	25,5	25,8	26,2	NR
Transparência	2,35	1,72	2,78	1,28	2,89	2,04	0,95	1,22	0,88	1,89	1,93	2,06	NR
Odor	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
pH	7,02	7,95	7,04	8,03	7,14	7,04	7,22	7,57	7,84	7,04	7,0	7,08	6 - 9
Turbidez	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	3,00	4,00	5,00	100
Cor	44,0	30,00	40,00	20,00	24,00	42,00	45,00	40,00	40,00	35,00	46,00	50,00	75
Condutividade	93,3	41,5	70,7	71,8	47,5	77,4	144,8	138,0	163,4	90,3	86,5	90,6	NR
Dureza	39,00	15,60	37,30	28,40	21,5	69,3	73,6	66,62	79,60	37,7	38,40	38,23	NR
Alcalinidade	38,80	41,40	24,40	45,20	36,78	27,40	40,77	70,75	82,40	47,77	48,00	42,57	NR
Cloretos	0,80	0,80	0,90	0,90	0,60	1,70	2,10	2,00	0,90	1,50	1,70	1,20	250
O ₂ dissolvido	4,40	7,30	7,40	8,80	8,50	7,40	8,60	5,80	5,90	7,60	7,80	7,50	>5,0
DBO	2,80	1,60	1,30	0,80	0,90	1,40	1,00	1,60	1,50	0,80	0,80	0,90	5,0
CO ₂	4,50	2,50	3,40	2,80	2,60	3,30	2,90	3,90	3,00	3,50	3,40	3,30	NR
Nitrato	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,5	0,9	0,9	0,4	0,5	0,4	0,5	10,0
Nitrito	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	1,0
N - Amoniacal	5,77	3,507	3,00	2,40	2,75	2,55	2,68	2,77	2,00	2,10	1,88	1,92	1,0*
Óleos e Graxas	1,0	VA	VA	VA	VA	VA	3,0	2,0	2,0	1,0	2,0	VA	VA
Ferro Solúvel	0,17	0,23	0,19	0,21	0,19	0,22	0,25	0,22	0,20	0,19	0,18	0,19	0,3
STD	7,0	7,0	6,0	3,0	6,0	12,0	18,0	10,0	12,0	5,0	6,0	22,0	500
Sulfetos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,004	0,004	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002
Sulfatos	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	250
Orto Fosfato	0,007	0,008	0,010	0,009	0,006	0,009	0,020	0,019	0,007	0,008	0,009	0,009	0,025
Coliforme Total	16,00	29,00	29,00	38,00	20,00	24,00	600,0	800,0	900,0	70,00	700,0	90,00	5.000

Resultados dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água na área da UHE Cana Brava, novembro de 2001 (6ª campanha).

Parâmetros\PA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONAMA
Temperatura	28,5	29,3	28	33,7	28,3	27,8	31,3	28,7	29,3	27,9	27,8	27,7	NR
Transparência	2,12	0,15	0,4	0,15	0,13	0,73	0,05	0,62	0,78	1,15	0,58	0,25	NR
Odor	VA	VA	VA	VA	VA	VA	MOD	VA	VA	VA	VA	VA	VA
pH	7,28	6,87	7,42	7,53	7,25	7,42	7,98	7,43	7,43	7,37	7,42	7,43	6-9
Turbidez	3,3	95,9	31,2	115	63,6	13,1	779	13	4,90	11,3	4,48	120	100
Cor	65	42,8	80	52,8	32,8	63	100	99	80	75	82	100	75
Condutividade	104	11	102	32	14	49	187	239	149	93	95	89	NR
Dureza	2,8	0,4	4,8	2,0	0,8	3,2	7,2	14,4	6,8	4,0	4,0	2,4	NR
Alcalinidade	42	4,4	30,8	5,6	7,2	39,2	43,2	137,6	39,2	45,6	43,2	38,4	NR
Cloretos	0,7	1,7	0,8	0,9	1,7	1,4	3,0	5,9	1,0	0,9	1,7	1,2	250
O ₂ dissolvido	3,8	8,5	4,9	6,6	7,7	6,0	6,8	6,0	5,9	4,0	6,1	6,0	5,0
DBO	4,0	0,8	3,7	1,5	1,2	1,6	1,3	1,6	2,5	1,8	1,7	1,7	5,0
CO ₂	16,4	12,4	16,2	6,6	6,4	10,6	16,4	20,0	13,4	13,0	14,2	10,2	NR
Nitrato	0,2	0,9	0,5	0,8	0,4	0,3	2,7	1,1	0,1	0,1	0,1	0,7	10
Nitrito	0,003	0,019	0,006	0,012	0,008	0,005	0,085	0,007	0,005	0,006	0,004	0,008	1,0
N – Amoniacal	0,31	0,45	0,42	0,13	0,29	0,16	0,12	0,12	0,13	0,10	0,25	0,13	1,0*
Óleos e Graxas	1,0	VA	VA	VA	1,0	VA	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	VA	VA
Ferro Solúvel	1,18	0,99	1,23	0,29	0,91	1,15	1,24	0,66	0,51	1,11	1,30	1,72	0,3
STD	79	8	75	23	11	36	138	176	110	68	71	69	500
Sulfetos	0,001	0,045	0,001	0,004	0,014	0,006	0,014	0,002	0,004	0,003	0,003	0,029	0,002
Sulfatos	5,0	14,0	5,0	4,0	9,0	7,0	10,0	19,0	5,0	6,0	6,0	13,0	250
Ortofosfato	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,024	0,004	0,001	0,001	0,001	0,029	0,025
Coliforme Total	24,00	20,00	35,00	16,00	20,00	22,00	340,0	200,0	420,0	80,00	80,00	120,0	5.000

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água na área da UHE Cana Brava, janeiro de 2002 (7ª campanha).

Parâmetros\PA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONAMA
Temperatura	26,5	25,8	26,1	27,2	25,7	26	24,7	24,8	24,2	25,9	25,7	26,1	NR
Transparência	1,30	0,23	1,15	0,23	0,30	0,57	0,07	0,07	0,19	0,28	0,20	0,24	NR
Odor	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
pH	7,57	7,88	7,38	7,47	7,36	7,43	7,54	7,54	7,55	7,54	7,51	7,67	6-9
Turbidez	9,72	129	98,7	86,7	43,3	69,2	724	497	119	77,6	153	79,6	100
Cor	33	142	106	70	55	60	>500	>500	142	99	149	99	75
Condutividade	88	16	27	24	20	40	86	202	71	71	50	72	NR
Dureza	32,8	5,2	18,4	4,8	4,8	13,2	32,8	102,4	36	32,4	29,2	31,2	NR
Alcalinidade	34	7,2	18,8	8,8	9,2	29,6	36	87,2	32	30	26	32,8	NR
Cloretos	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	1,7	5,2	1,6	0,7	0,9	0,9	250
O ₂ dissolvido	6,0	8,4	6,4	8,0	8,2	7,5	8,1	7,4	8,0	7,0	7,8	7,1	5,0
DBO	1,5	1,0	1,6	1,0	1,0	1,2	1,0	1,3	1,2	1,3	1,2	1,4	5,0
CO ₂	9,4	5	7,2	6,8	5,4	5,4	11	9,6	8,4	9,2	7	7,4	NR
Nitrato	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	1,8	2,4	0,3	0,3	0,4	0,3	10
Nitrito	0,006	0,022	0,01	0,012	0,012	0,013	0,087	0,098	0,017	0,011	0,018	0,013	1,0
N – Amoniacal	0,15	0,06	0,11	0,06	0,12	0,12	0,17	0,20	0,10	0,12	0,18	0,12	1,0*
Óleos e Graxas	1,0	VA	VA	VA	1,0	VA	1,0	1,0	1,0	VA	1,0	VA	VA
Ferro Solúvel	0,47	0,68	0,44	0,35	0,46	0,56	1,89	1,74	0,79	0,56	2,02	0,75	0,3
STD	44	8	13,5	12	10	20	43	101	35,5	35,5	25	36	500
Sulfetos	0,002	0,020	0,007	0,012	0,005	0,003	0,069	0,201	0,034	0,008	0,037	0,010	0,002
Sulfatos	3	12	5	9	5	8	44	56	10	9	14	10	250
Ortofosfato	0,01	0,12	0,08	0,03	0,05	0,03	1,27	0,49	0,09	0,09	0,11	0,08	0,025
Coliforme Total	22,00	18,00	28,00	12,00	16,00	18,00	250,0	180,0	300,0	60,00	50,00	80,00	5.000

OBS.: VA = Virtualmente Ausente; DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio; STD = Sólidos Totais Dissolvidos; NR = Não há referência na legislação; MDO = Matéria Orgânica Decomposição; Pontos amostrais em azul (1, 3, 6, 10, 11 e 12) localizados no Rio Tocantins; (*) N - amoniacal para água da Classe III na resolução nº 20/86 do CONAMA.

ANEXO II

RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÀGUA DO PMLQA DA UHE CANA BRAVA

FASE RESERVATÓRIO JULHO DE 2002 E JANEIRO DE 2003

Parâmetros físico-químicos no 1º ano de formação do reservatório da UHE Cana Brava (12 a 17/07/2002 e 5 a 6/01/2003).

VARIÁVEIS	Prof	1		2		3		5		6		7		8		9		10		11		12	
Campanha		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Temp. Ar (°C)		25	24	23	24	29	28	27	28	26	27	28	28	29	30	27	29	27	29	29	30	30	30
Profundidade (m)	S	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	M	9,5	10			16,4	18			17,5	18,5							20	22				
	F	19	21			32,8	34,7			35	36,8							40	44,6				
Temp. Água (°C)	S	26,5	24,5	26,3	25	27,1	26,6	25,3	26,8	28	27	29	27,8	30,2	28,4	25,3	28,8	27,8	30,2	27,1	30,5	27,7	30,8
	M	26,3	23,8			26,4	26,2			26,5	26,5							26,6	29,7				
	F	26,1	23			26	25,8			25	25,7							26,4	26				
Transparência (m)	S	2,32	2,45	1,10	1,48	2,8	3	4,3	4,8	4,7	5,2	2,0	2,5	1,0	2		2	4,60	4,8	2,00	2,5	2,40	2,7
Odor	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	S	7,76	7,82	8,04	8,42	8,03	8,12	7,34	7,69	7,29	7,45	7,39	7,67	7,65	7,89	7,80	8,05	7,30	7,56	6,74	7,03	7,07	7,69
	M	7,74	7,8			8,03	8,09				7,41							7,49	7,5				
	F	7,60	7,77			7,35	7,67			7,06	7,28							6,95	6,84				
Turbidez (NTU)	S	2,76	2,84	2,0	2,6	2,5	2,8	3,6	3,4	1,9	2,5	2,3	2,6	9,7	9,5	2,6	3	1,5	2	2,5	2,8	3,5	2,9
	M	2,93	3,45			3,2	3			1,2	2,3							1,7	2,3				
	F	21,5	18,7			3,1	3,2			2,1	2,9							31,7	28,6				
Cor (U PtCo)	S	23	25	13	16	9	12	49	48	17	19	21	23	39	42	20	22	7,6	8,6	17	23	13	18
	M	20	24			8,8	12			14	15							8,8	9				
	F	29	31			24	26			31	33							8,4	9,4				
Condutividade (µS/Cm ²)	S	81	84	45	48	80	82	44	46	80	83	87	88	104	110	103	116	82	88	82	89	83	90
	M	81	82			79	81			79	80							81	84				
	F	80	77			73	75			66	72							83	80				
Dureza (mg/l CaCO ₃)	S	33,6	45,8	22,4	23,8	38	42,6	16	43,8	32	34,8	41,6	44,2	39,2	41,5	52,4	54,2	34,8	36,6	35,2	36,3	38	40,2
	M	32,4	44,3			37,2	40,7			39,2	38,6							34,4	34,2				
	F	35,6	44			25,6	27,8			35,5	34,4							30	32				
Cloretos (mg/l Cl ⁻)	S	0,9	0,8	1,5	1,2	0,2	0,4	0,4	0,6	1,8	1,6	0,9	1,2	1,3	1,0	0,3	0,7	0,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
	M	0,9	0,7			1,1	0,8			1,2	1,4							0,7	0,9				
	F	0,8	0,7			0,7	0,9			0,6	0,8							0,9	0,6				
Alcalinidade (mg/l CaCO ₃)	S	32	36,5	18,8	22,6	36,8	41,4	20,8	23,8	37,6	39,4	30,8	32,6	42,4	44,6	40,4	42,6	28,8	30,5	27,2	29,4	28,8	30,4
	M	34,8	38,4			36,4	40,8			37,2	38,8							28,4	28,4				
	F	33,6	36,8			32,8	38,2			30,8	32,9							26,4	27,4				
Oxigênio Dis. (mg/l O ₂)	S	2,4	4,8	6,9	6,5	2,5	3,6	7,1	7,8	3,7	4,8	4,8	5,6	3,7	4,8	6,7	7,3	5,6	6,9	3,2	4,8	4,6	5,8
	M	2,2	4,0			1,2	2,8			0,9	2,6							0,0	4,5				
	F	1,7	2,8			0,0	0,0			0,0	0,0							0,0	0,0				
DBO (mg/l O ₂)	S	4,1	3,8	1,3	2,6	3,8	4,2	1,3	2,2	3,0	3,4	2,5	2,7	3,1	3,2	1,5	1,8	1,8	2,1	3,4	2,8	2,7	2,9

VARIÁVEIS	Prof	1		2		3		5		6		7		8		9		10		11		12	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Campanha		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
CO ₂ (mg/l)	S	9,4	10,2	1,8	2,2	6,2	7,2	4,2	4,6	7,2	8,2	9,6	8,4	10,8	9,8	6,4	6,4	7,6	8,0	10,2	9,3	7,4	8,2
	M	7,4	8,3			7,6	7,5			10,2	9,4							8,8	8,4				
	F	6,6	7,8			7,2	7,2			10,6	9,2							8,4	8,7				
Nitrito (mg/l NO ₂ ⁻)	S	0,00 1	0,001	0,00 1	0,00 1	0,00 2	0,00 3	0,00 3	0,00 1	0,00 3	0,002	0,00 4	0,00 2	0,00 3	0,00 4	0,00 1	0,00 2	0,00 2	0,00 2	0,00 3	0,00 2	0,00 2	0,00 2
	M	0,00 3	0,004			0,00 4	0,00 4			0,00 2	0,004							0,00 2	0,00 3				
	F	0,00 0	0,000			0,00 3	0,00 1			0,00 2	0,002							0,00 1	0,00 2				
Nitrato (mg/l NO ₃ ⁻)	S	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
	M	0,0	0,1			0,0	0,0			0,0	0,0							0,1	0,0				
	F	0,1	0,0			0,0	0,0			0,1	0,0							0,1	0,0				
N-Amoniacal (mg/l NH ₃)	S	0,10	0,15	0,08	0,12	0,56	0,67	0,17	0,24	0,18	0,22	0,28	0,32	0,34	0,32	0,31	0,35	0,12	0,14	0,16	0,18	0,16	0,19
	M	0,19	0,17			0,16	0,21			0,22	0,24							0,17	0,19				
	F	0,28	0,32			0,17	0,26			0,29	0,32							0,26	0,30				
Ó e G (mg/l)	S	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	1,0	3,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Ferro Total (mg/l)	S	0,32	0,28	0,12	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,07	0,10	0,16	0,21	0,43	0,44	0,39	0,42	0,66	0,45	0,27	0,30	0,25	0,32
	F	0,20	0,17			0,17	0,19			0,11	0,12							0,18	0,26				
	M	0,49	0,44			0,25	0,28			0,66	0,62							0,16	0,23				
STD (mg/l)	S	81	84	45	48	80	83	44	46	80	83	87	90	104	110	103	114	81	83	83	86	83	88
	M	81	83			79	80			79	82							81	84				
	F	80	78			73	78			66	72							83	80				
Sulfetos (mg/l S ⁻)	S	0,00 2	0,003	0,00 1	0,00 2	0,00 1	0,00 2	0,00 1	0,00 1	0,00 1	0,001	0,00 1	0,00 2	0,00 3	0,00 2	0,00 1	0,00 1	0,00 2	0,00 3	0,00 0	0,00 1	0,00 1	0,00 1
	M	0,00 2	0,002			0,00 1	0,00 1			0,00 1	0,001							0,00 2	0,00 2				
	F	0,00 1	0,001			0,00 0	0,00 0			0,00 1	0,000							0,00 1	0,00 1				
Sulfatos (mg/l SO ₄ ²⁻)	S	3	3	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
	M	3	2			1	1			1	2							1	1				
	F	1	1			1	1			1	1							1	1				
Ortofosfato (mg/l PO ₄ ³⁻)	S	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,03	0,02	0,06	0,05	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,09	0,07
	M	0,04	0,03			0,03	0,04			0,16	0,08							0,01	0,01				
	F	0,03	0,02			0,01	0,02			0,08	0,06							0,01	0,01				
Colif. Totais (NMP/100ml)	S	20	18	21	20	24	18	22	20	20	18	410	380	340	320	440	360	260	190	38	34	24	22

OBS.: Valores em AZUL reservatório, em PRETO tributários e em VERDE a jusante da barragem. S = superfície; M = Meia água e F = fundo.

ANEXO III

RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÀGUA DO PMLQA DA UHE CANA BRAVA

FASE RESERVATÓRIO – ACRÉSCIMO DE NOVOS PONTOS JULHO DE 2003 E DEZEMBRO DE 2004

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água no reservatório da UHE Cana Brava, julho de 2003 (1ª campanha).

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21
Temperatura da água (°C)	s	27	25,8	25,4	28,8	27,8	28,8	23,7	27,4	28,9	28,9	28	26,7
	m	28,4			28,5							28,3	26,5
	f	26,2			27,2							28,2	27,6
Transparência da água (m)	s	3,08	2,15	2,36	3,52	3,7	5,57		3	2,40	2,53	5,60	5,0
	s	3,11	3,72	2,34	1,94	1,33	0,92	1,64	3,03	4,33	2,99	1,11	2,14
	m	5,11			3,92							2,1	1,17
Turbidez (NTU)	f	14,2			7,62							8,76	387
	s	7,51	7,51	6,9	6,97	6,97	6,97	7,5	7,51	6,97	6,97	6,97	7,52
	m	7,5			6,97							6,97	7,51
pH	f	7,51			6,97							6,97	7,51
	s	91	42	45	86	83	85	112	85	88	88	85	88
	m	92			92							86	87
Condutividade elétrica (µS/cm)	f	89			70							86	85
	s	4,3	7,1	9,7	5,1	6,4	6,4	7,9	6,1	6,0	6,5	5,7	4,6
	m	3,4			3,8							3,6	3,2
Oxigênio dissolvido (mg/l)	f	3,1			2,9							3,5	4,5
	s	7,8	3,6	4,8	7,4	5,8	7,2	6,6	7,4	6,4	5,8	7	6,9
	m	8,6			8,8							7,7	7,5
CO ₂	f	8,8			9,6							8,2	7,9
	s	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
	m	VA			VA							VA	VA
Odor	f	Pouco			VA							VA	Pouco
	s	34,4	17,2	16,8	35,6	37,6	34,8	49,6	31,6	34,8	35,6	32,4	33,2
	m	35,2			36							33,6	31,2
Alcalinidade total (mg/l)	f	36			29,2							29,2	32,4

Continuação		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21
Variáveis / Pontos													
STD (mg/l)	s	88	43	45	85	86	86	109	102	89	89	86	86
	m	89			88							87	85
	f	88			68							86	84
Dureza total (mg/l)	s	26	10	12	22	20	18	40	18	22	18	16	20
	m	24			24							28	20
	f	20			28							20	22
Acidez total (mg/l)	s	24	16	18	22	24	16	16	18	16	18	16	14
	m	14			20							16	14
	f	16			18							16	20
Cloreto (mg/l)	s	0,08	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,03
	m	0,05			0,06							0,04	0,03
	f	0,07			0,07							0,07	0,08
Sulfeto (mg/l)	s	0,002	0	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003
	m	0,001			0,002							0,002	0,002
	f	0,001			0,002							0,001	0,002
Sulfato (mg/l)	s	3	2	2	1	1	1	3	2	2	2	2	2
	m	2			2							2	2
	f	3			1							2	8
Ferro total (mg/l)	s	0,48	0,25	0,31	0,29	0,14	0,13	1,22	0,19	0,30	0,15	0,16	0,15
	m	0,53			0,40							0,18	0,13
	f	0,55			0,47							0,71	2,67
Orto-fosfato (mg/l)	s	0,01	0,03	0,04	0,07	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
	m	0,06			0,04							0,01	0,01
	f	0,03			0,01							0,03	0,03
Nitrito (mg/l)	s	0,006	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004
	m	0,004			0,004							0,004	0,005
	f	0,004			0,005							0,004	0,011

Continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21
N-amoniaco (mg/l)	s	0,04	0,11	0,09	0,13	0,08	0,09	0	0,01	0,01	0,09	0,14	0,17
	m	0,01			0,13							0,10	0,01
	f	0,08			0,11							0,06	0,32
Nitrato (mg/l)	s	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0,1
	m	0,1			0,2							0,2	0
	f	0,1			0,2							0,1	0,4
DBO ₅ (mg/l)	s	4,1	1,8	1,4	3,2	2,2	2	1,7	2,4	3,4	3,8	3,2	3,5
Óleos e graxas (mg/l)	s	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2
Coliformes totais	s	12	8	13	10	425	366	220	20	380	440	24	21

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água no reservatório da UHE Cana Brava, outubro de 2003 (2ª campanha).

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura (°C)	s	27.1	28.6	25	28.5	29.9	29.7	26.1	27.4	30	30.2	29.6	29.4	26
	m	27			27.6							27.9	27.1	
	f	26.6			27.5							27.4	26.7	
Transparência da água (m)		2	2.2	0.1	0.35	2.9	2.8	total	total	2.2	1.8	3.1	3	total
Turbidez (NTU)	s	2.72	4.68	411	1.17	1.34	1.54	229	6.62	2.94	2.92	1.14	1.17	13.97
	m	2.36			2.6							1.13	1.32	
	f	3.13			2.42							1.21	2.82	
pH	s	6.98	6.98	6.97	6.98	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	7.7	6.97
	m	6.54			6.56							6.48	6.44	
	f	6.6			6.52							6.36	6.42	
Condutividade (uS/cm)	s	93	47	24	90	96	93	46	171	96	94	94	95	131
	m	95			96							96	96	
	f	95			96							97	107	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	s	7.6	12.7	14.7	11.2	15.1	15.2	12.8	13	15.1	14.8	15.4	14.4	15.2
	m	7.8			3.4							6.4	1.7	
	f	7.7			3.1							2.2	1.9	
CO ₂	s	2.65	2.75	2.58	6.28	2.55	3.08	2.24	4.79	2.55	2.6	1.98	2.07	3.47
	m	2.88			7.4							2.31	2.1	
	f	3.1			8.15							2.48	2.8	
Odor		VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
Alcalinidade (mg/l)	s	35.2	16.8	5.6	35.2	36.8	36.4	16	68.4	37.6	36	34	32	46
	m	39.6			36							33.6	32.4	
	f	38.4			34.4							33.6	36	
STD (mg/l)	s	94	47	24	90	96	93	46	171	96	94	94	95	132
	m	94			96							96	96	
	f	96			96							97	107	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Dureza total (mg/l)	s	22.4	14	9.6	22	25.2	23.2	10.4	51.2	23.2	25.6	26	23.2	34
	m	25.2			24							22.8	20.4	
	f	24.8			25.2							24	24	
Acidez (mg/l)	s	4.8	4.4	5.2	7.2	4	4	7.2	7.6	4.8	5.2	4.8	4	6
	m	6.8			4.8							5.6	3.6	
	f	4.8			7.6							12	9.2	
Cloreto (mg/l)	s	0.22	0.02	0.38	0.03	0.04	0.02	0.7	0.05	0.06	0.06	0.03	0.03	0.09
	m	0.05			0.06							0.04	0.05	
	f	0.05			0.06							0.07	0.07	
Sulfeto (mg/l)	s	0.01	0.01	0.45	0.02	0	0	0.32	0.01	0.01	0.02	0	0.01	0.02
	m	0.01			0.02							0.01	0.01	
	f	0.01			0.01							0.01	0	
Sulfato (mg/l)	s	5	2	20	2	1	2	37	3	2	1	2	1	7
	m	3			2							1	1	
	f	3			2							2	7	
Ferro (mg/l)	s	1.13	2.15	3.7	5.8	0.85	0.1	1.09	0.11	0.37	0.1	0.08	0.08	2.25
	m	2.04			1.36							0.42	2.22	
	f	1.52			1.22							1.07	4.04	
P-orto (mg/l)	s	0	0.02	0.23	0.04	0.05	0.05	0.41	0.25	0.08	0.06	0.05	0.09	0.29
	m	0.01			0.09							0.05	0.16	
	f	0.01			0.1							0.11	0.24	
Nitrito (mg/l)	s	0.005	0.008	0.042	0.006	0.007	0.006	0.088	0.007	0.007	0.008	0.006	0.006	0.012
	m	0.006			0.007							0.006	0.006	
	f	0.006			0.007							0.009	0.009	
N-amoniaco (mg/l)	s	0.2	0.13	0.43	0.16	0.17	0.13	0.98	0.12	0.19	0.25	0.5	0.13	0.29
	m	0.31			0.38							0.18	0.32	
	f	0.19			0.31							0.35	0.59	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Nitrato (mg/l)	s	0.3	0.1	1.5	0.1	0.1	0.1	2.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.6
	m	0.2			0.1							0.2	0.3	
	f	0.2			0							0.1	0.9	
DBO ₅	s	1.5	5.4	12	3.5	6.7	7.1	7.7	4.5	6.7	7.1	6.4	4.8	8.2
Óleos e graxas	s	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
Coliformes totais	s	43	1100	>24000	9	0	7	>24000	1100	23	43	4	3	2400
Coliformes fecais	s	15	460	>24000	9	0	7	>24000	75	9	43	0	3	1100

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água no reservatório da UHE Cana Brava, dezembro de 2003 (3ª campanha).

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Acidez total (mg/l)	S	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3
	M	2			3							3	2	
	F	2			2							2	4	
Alcalinidade total (mg/l)	S	50	20	18	45	47	55	56	73	51	50	47	48	92
	M	49			48							48	48	
	F	50			42							48	53	
Cloretos (mg/l)	S	3	3	0,5	4	0,5	3	2	2	3	3	2,5	3	5,5
	M	3			2,5							3	3	
	F	3			3							3	3	
Condutividade elétrica (µS/cm)	S	94	29	28	80	89	115	108	134	95	88	89	90	192
	M	93			92							97	95	
	F	93			89							98	115	
CO ₂ (mg/l)	S	4	2,28	2,58	8,33	2,39	9,95	2,99	5,63	3,75	3,85	3,08	3,45	8,15
	M	2,17			1,81							2,68	3,3	
	F	2,43			1,86							1,09	4,48	
Dureza total (mg/l)	S	40	16	16	38	40	48	50	60	42	40	42	40	86
	M	40			40							40	40	
	F	40			36							40	44	
DBO ₅ (mg/l)	S	2,8	<1	1,2	<1	1,3	2,3	<1	1,1	<1	3	<1	<1	<1
Ferro (mg/l)	S	0,5	0,24	0,38	0,34	0,07	0,15	0,9	0,15	0,06	0,04	0,05	0,06	0,17
	M	0,52			0,68							0,18	0,08	
	F	0,53			1,46							1,05	1,99	
Nitrato (mg/l)	S	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0,1	0,1	0,4
	M	0,1			0,1							0	0,1	
	F	0,2			0,3							0	0,4	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Nitrito (mg/l)	S	0,005	0,006	0,008	0,001	0,005	0,007	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,003	0,019
	M	0,005			0,004							0,004	0,004	
	F	0,004			0,005							0,005	0,006	
N-Amoniacal (mg/l)	S	0,18	0,04	0,05	0,1	0,08	0,12	0,1	0,09	0,05	0,03	0,07	0,03	0,4
	M	0,13			0,18							0,19	0,16	
	F	0,19			0,35							0,26	0,56	
Orto-fosfato (mg/l)	S	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,06
	M	0,03			0,01							0,01	0,01	
	F	0,03			0,02							0,02	0,07	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	S	3,15	6,5	6,5	4,74	6,31	6,9	6,08	6,02	6,9	6,9	6,8	7,04	7,33
	M	3,15			1,3							3,15	2,81	
	F	3,03			1,35							1,01	0,87	
% de oxigênio	S	40,8	88,7	86	65	89	101	76,4	79,1	97	97	95,3	96,7	100,8
	M	40,3			19,3							40,9	37,3	
	F	39,8			19							13,1	11,8	
pH	S	7,12	7,8	7,8	7,79	7,79	7,78	6,98	6,97	7,79	7,79	7,79	6,97	6,97
	M	7,26			7,17							6,42	5,79	
	F	7,39			7,11							6,35	5,4	
STD (mg/l)	S	46	14	13	40	84	57	54	67	47	47	44	45	96
	M	46			46							46	47	
	F	46			44							48	56	
Sulfato (mg/l)	S	2	3	4	2	0	1	3	4	0	0	1	0	8
	M	2			3							1	1	
	F	2			5							3	6	
Sulfeto (mg/l)	S	0,002	0,006	0,008	0,003	0,003	0,009	0,004	0,012	0,004	0,004	0,003	0,005	0,008
	M	0,002			0,005							0,004	0,003	
	F	0,002			0,005							0,004	0,005	
Temp do ar (°C)		26	35	38	38	39	39	31	30	39	39	39	34	31

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temp da água (°C)	S	28,5	31,6	30,2	32,1	34	36,1	27,9	29,1	34	33,5	33,9	32,3	32,4
	M	28,7			30,8							29,9	30,3	
	F	28,5			28,9							29,2	28,2	
Transparência da água (m)		1,9	1,1	0,6	2,2	2,9	0,45			1,8	2,1	2,8	2,5	
Turbidez (NTU)	S	2,65	6,03	11,9	2,05	1,2	9,14	2,96	19,4	2,62	1,21	0,91	0,8	7,08
	M	2,79			3,12							1,96	1,12	
	F	3,03			8,84							1,92	5,43	
Coliformes totais	S	18	460	110000	15	0	2100	110000	460	9	7	3	0	110000
Coliformes fecais	S	11	120	230	7	0	750	11000	23	0	0	3	0	110000

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água no reservatório da UHE Cana Brava, abril de 2004 (4ª campanha).

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Acidez total (mg/l)	S	2.4	0.8	1.2	4.8	2.4	6.4	1.6	1.2	3.6	3.6	2.8	4.8	7.6
	M	2			2							2.4	3.2	
	F	2.4			2							2.8	2	
Alcalinidade total (mg/l)	S	24	3.6	2	22.4	24	44.4	17.2	20.8	30	24.4	26	31.6	50.8
	M	23.2			23.6							28.8	30.4	
	F	23.6			22							20	22	
Cloretos (mg/l)	S	1.6	2	2	1.6	0.8	5.2	2	2	2	2.8	2	2	2
	M	2			1.2							2.4	2.8	
	F	1.2			2.4							2	2	
Condutividade elétrica (µS/cm)	S	87	23	17	80	85	176	50	80	99	93	85	82	126
	M	87			82							83	84	
	F	86			65							61	58	
CO ₂ (mg/l)	S	6	3.8	2.8	6.4	4.4	9.2	4.6	6.8	4.8	6.2	5	3.6	8.6
	M	7.2			7.2							5.8	6.4	
	F	7.8			8.4							7	7.6	
Dureza total (mg/l)	S	34	20	10.8	34.8	32.8	58	50	41.2	38.8	33.6	33.2	35.2	51.2
	M	38			31.2							28.4	31.2	
	F	32			26							24	20.8	
DBO ₅ (mg/l)	S	1,6	0,4	0,2	2,1	1	3,9	1,5	1,4	1,6	0,8	1,3	2,6	1
Ferro (mg/l)	S	0.47	2.07	0.73	0.37	0.06	0.32	1.03	0.61	0.1	0.07	0.06	0.05	1.28
	M	0.47			0.43							0.15	0.08	
	F	0.52			0.42							0.52	0.73	
Nitrato (mg/l)	S	0.4	0.8	0.4	0.2	0.1	0.4	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0.6
	M	0.3			0.2							0.1	0.1	
	F	0.3			0.3							0.4	0.3	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Nitrito (mg/l)	S	0.009	0.061	0.021	0.008	0.005	0.016	0.015	0.01	0.007	0.006	0.005	0.005	0.021
	M	0.011			0.01							0.005	0.004	
	F	0.011			0.008							0.013	0.008	
N-Amoniacal (mg/l)	S	0.11	0.14	0.15	0.1	0.08	0.12	0.1	0.1	0.08	0.11	0.08	0.03	0.08
	M	0.15			0.16							0.1	0.03	
	F	0.14			0.17							0.11	0.05	
Orto-fosfato (mg/l)	S	0.03	0.35	0.11	0.04	0.01	0.08	0.03	0.09	0.09	0.16	0.04	0.06	0.14
	M	0.05			0.02							0.04	0.07	
	F	0.05			0.01							0.12	0.07	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	S	3.03	7.22	7.2	5.06	6.86	6.12	7.02	5.73	7.28	7.47	7.23	7.96	7.2
	M	2.95			4.23							4.38	4.94	
	F	3.62			2.02							2.18	1.28	
% de oxigênio	S	38.5	94	89.8	64.2	95	87.4	85.7	74	100.8	101.4	97.1	105	92.6
	M	33.9			55.3							57.9	65	
	F	46			29.5							27.3	16.5	
pH	S	6.83	8	8.01	7.98	7.98	7.9	5.83	7.53	7.24	7.96	7.87	8	8
	M	6.69			7.52							6.51	6.79	
	F	6.31			6.93							6.01	6.96	
STD (mg/l)	S	43	11	7	40	42	84	25	38	47	45	41	40	63
	M	44			41							41	42	
	F	43			32							30	29	
Sulfato (mg/l)	S	3	2	1	0	0	7	1	0	0	0	1	0	2
	M	0			0							0	0	
	F	0			0							1	0	
Sulfeto (mg/l)	S	0.003	0.069	0.018	0.003	0	0.006	0.026	0.005	0.003	0	0.002	0.001	0.013
	M	0.003			0.006							0.002	0.001	
	F	0.006			0.005							0.019	0.008	
Temperatura da água (°C)	S	27.7	26.8	26.5	29.6	32.5	33.8	27.3	28.7	32.8	31.6	30.8	30.4	28.2
	M	28.1			28.8							28.8	29.2	
	F	28.4			27.9							27.2	27	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Transparência da água (m)		0.9	0.15	0.3	1.1	3	0.7	0.5	0.2	2.5	3.3	3.3	3.4	0.5
Turbidez (NTU)	S	14.3	160	49.7	8.24	2.38	13.6	32.6	19.1	4.29	2.21	2.47	1.82	45.6
	M	15.4			11.8							3.16	1.8	
	F	15.5			8.47							22	11.7	
Coliformes totais	S	23	>24000	11000	7	0	>24000	>24000	11000	83	150	9	9	>24000
Coliformes fecais	S	9	>24000	1500	0	0	>24000	>24000	430	83	150	7	0	>24000

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água no reservatório da UHE Cana Brava, julho de 2004 (5ª campanha).

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Acidez (mg/l)	S	8	6	4	4	3,6	4	3,2	3,2	4	4	4	3,6	6
	M	6			3,2							3,6	3,2	
	F	5,2			4							3,6	3,2	
Alcalinidade (mg/l)	S	32	20	27,2	37,2	34	42	52,8	34	35,2	34	34,8	36	82
	M	33,6			37,6							37	34	
	F	37,6			37,6							33,6	33,2	
Cloretos (mg/l)	S	3,2	1,6	4,8	2,4	4,8	2,8	4,8	2,4	4	4,8	3,2	4,8	8
	M	2,8			3,6							4,8	6	
	F	3,2			4							4,8	6	
Condutividade elétrica (µS/cm)	S	74	43	44	76	77	92	107	79	84	80	76	76	172
	M	78			77							77	79	
	F	79			79							78	77	
CO ₂ (mg/l)	S	4,5	5,25	5,25	5,25	4,95	5,25	3,75	4,5	5,25	4,35	1,5	3,75	7,05
	M	5,4			4,95							4,5	3	
	F	5,25			6							3,75	3,75	
Dureza total (mg/l)	S	21,2	17,6	20,8	32	29,6	34,8	48	30,4	32,8	32	32	32,8	74,8
	M	30,4			31,2							33,2	30	
	F	29,6			29,6							32	26	
DBO ₅ (mg/l)	S	1,7	1,4	1,4	3	1,9	3,9	2	1,9	4,6	2,2	1,7	1,2	6,8
Ferro (mg/l)	S	0,17	0,08	0,16	0,07	0,06	0,13	0,37	0,05	0,09	0,07	0,03	0,04	0,22
	M	0,19			0,09							0,04	0,01	
	F	0,18			0,23							0,08	0,09	
Nitrato (mg/l)	S	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
	M	0,3			0,3							0,3	0,3	
	F	0,2			0,2							0,3	0,2	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Nitrito (mg/l)	S	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01
	M	0,01			0,01							0,01	0,01	
	F	0,01			0,01							0,01	0,01	
N-Amoniacal (mg/l)	S	0,04	0	0,01	0	0,01	0,02	0	0	0,01	0,02	0	0	0,03
	M	0,04			0,01							0	0	
	F	0,02			0,02							0,01	0,02	
Orto-fosfato (mg/l)	S	0,17	0,11	0,08	0,15	0,05	0,01	0,05	0,02	0,23	0,22	0,27	0,29	0,52
	M	0,28			0,09							0,26	0,22	
	F	0,04			0,01							0,23	0,26	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	S	4,72	8,01	8,05	5,11	5,6	7,96	7,93	4,68	6,57	5,82	5,54	5,51	7,68
	M	4,85			4,88							5,33	5,66	
	F	4,65			5,23							3,51	2,9	
% de oxigênio	S	56,8	91,6	91,1	62,4	69,9	103	90,1	57,1	85,6	73,2	69,6	68,7	88,6
	M	58,6			59,6							65,7	70,2	
	F	56			64,2							44,1	36,7	
pH	S	7,27	7,59	7,81	7,88	6,17	6,11	6,74	6,85	5,37	5,32	5,64	6,57	7,23
	M	7,36			6,68							3,15	7,06	
	F	7,01			7,16							3,38	6,96	
STD (mg/l)	S	37	21	22	38	38	44	54	39	41	40	38	38	86
	M	39			38							38	39	
	F	39			39							39	38	
Sulfato (mg/l)	S	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M	2			1							1	1	
	F	2			1							1	1	
Sulfeto (mg/l)	S	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001
	M	0,003			0,001							0,001	0,001	
	F	0,003			0,001							0,001	0,001	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura do ar (°C)		21	26	29	32	30	30	25	25	30	30	33	30	22
	S	24,8	22,4	21,5	25,8	27,1	28,7	22,8	26	27,4	27,4	27,1	27,1	22,2
Temp. da água (°C)	M	24,7			25,5							26,2	26,4	
	F	24,7			25,8							26,9	26,4	
Transparência da água (m)		2,3	1,4	1	2,4	3,1	0,7	0,2	0,8	1,8	2,1	3,9	3,8	0,5
	S	4,25	0,81	0,94	1,93	1,46	2,74	0,95	1,31	2,67	1,66	0,75	1,08	1,81
Turbidez (NTU)	M	3,16			2,75							0,95	0,83	
	F	2,85			5							2,28	2,22	
Coliformes totais	S	15	1100	9	0	3	>24000	>24000	43	430	9	0	3	>24000
Coliformes fecais	S	9	83	7	0	0	>24000	>24000	9	83	7	0	0	11000

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água no reservatório da UHE Cana Brava, setembro de 2004 (6ª campanha).

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Acidez (mg/l)	S	10,4	8	10	11,6	10	12	10,4	10,8	9,6	10,8	10	9,2	16
	M	9,6			10,8							9,2	10	
	F	8			10,8							10	10	
Alcalinidade (mg/l)	S	37,2	22	22,4	37,2	37,6	46,4	54	35,6	34,8	39,6	33,6	33,6	46
	M	36,8			36,8							32,8	33,6	
	F	36,4			36							32,4	32	
Cloreto (mg/l)	S	1,2	3,2	4	4	4	6,4	2,8	2	3,2	3,6	2,8	3,6	5,6
	M	2,8			2							2	3,6	
	F	1,2			3,2							2,8	3,2	
Condutividade elétrica (µS/cm)	S	87	51	46	81	80	113	121	85	78	81	81	80	190
	M	87			84							86	81	
	F	86			83							83	83	
Dureza (mg/l)	S	22	14	14	27,2	23,6	36	44	18	30	24,8	22,8	27,6	76,8
	M	26			25,2							24	28	
	F	26			24,8							31,2	26	
DBO ₅		2,3	1	1,5	1,5	2,3	5,2	3,5	3,4	1,2	1,5	1,5	0,8	6,3
Ferro total (mg/l)	S	0,35	0,03	0,08	0,17	0,05	0,38	0,17		0,06	0,07	0	0	0,18
	M	0,48			0,07							0,18	0,01	
	F	0,39			0,14							0,17	0,02	
Nitrato (mg/l)	S	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
	M	0,2			0,2							0,1	0,2	
	F	0,1			0,2							0,1	0,1	
Nitrito (mg/l)	S	0,003	0,005	0,003	0,004	0,005	0,006	0,003	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,018
	M	0,004			0,004							0,004	0,004	
	F	0			0,004							0,001	0,005	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
N-amoniaco (mg/l)	S	0,09	0,01	0,01	0,04	0	0,02	0,04	0	0	0	0	0,02	0
	M	0,01			0,14							0,15	0,05	
	F	0,17			0,14							0,12	0,05	
Orto-fosfato (mg/l)	S	0,01	0,15	0,23	0,25	0,22	0,15	0,16	0,13	0,18	0,13	0,15	0,1	0,1
	M	0,02			0,23							0,21	0,04	
	F	0,24			0,1							0,12	0,05	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	S	2,99	8,14	8,34	7,13	8,67	6,51	8,61	2,74	8,54	8,45	8,98	9,01	8,77
	M	2,63			1,53							1,08	1,35	
	F	2,39			2,53							2,98	2,13	
Saturação de oxigênio (%)	S	35,3	101,2	104,2	93,1	109,1	81,3	103,4	35,3	107,7	105,5	116,2	116,4	100,8
	M	31,2			19,6							13,2	17,1	
	F	29,5			31,5							36,7	25,8	
pH	S	6,47	7,33	7,31	7,5	8,56	7,9	5,67	6,38	8,33	8,39	8,24	8,53	8,07
	M	6,96			6,64							6,77	6,93	
	F	6,84			6,67							6,74	7,03	
STD (mg/l)	S	43	25	23	40	40	56	59	42	39	40	40	40	95
	M	43			42							42	40	
	F	43			41							41	41	
Sulfato (mg/l)	S	3	2	2	2	2	3	3	2	1	1	1	1	2
	M	3			3								1	
	F	2			2							1	2	
Temperatura da água (°C)	S	25,8	27,3	27,3	29,5	27,2	26,8	24,7	26,8	27,5	27,2	28,8	29	22
	M	25,2			27,1							26,7	26,9	
	F	25,6			26,8							26,1	26,2	
Transparência da água (m)		1,8	2,8	total	1,9	3,4	0,8	total	0,8	2,4	2,5	4,1	4,05	total
Turbidez (NTU)	S	2,82	0,53	1,29	1,14	1,3	5,48	1,04	1,87	1,41	2,32	0,63	1,11	1,98
	M	2,11			0,77							0,61	0,65	
	F	1,83			0,87							2,07	0,98	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Coliformes totais	S	0	90	230	0	430	2300	1500	0	0	90	0	0	4600
Coliformes fecais	S	0	40	0	0	230	2300	430	0	0	40	0	0	4600

Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico da água no reservatório da UHE Cana Brava, dezembro de 2004 (7ª campanha).

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Acidez (mg/l)	s	2	2,8	2,4	2	1,6	2	2	2,8	3,2	2	4	2,4	9,6
	m												2	
	f	3,2			2,4								3,2	2,8
Alcalinidade (mg/l)	s	37,6	12,8	10,8	28,8	34,4	47,2	46,4	38	36,4	36	35,2	36	79,2
	m	38,4			35,2							37,2	37,2	
	f	36,8			34,8							36,8	41,2	
Cloreto (mg/l)	s	0,8	2	3,2	4	3,2	4,8	2,4	2,4	2,8	2,8	2	2	4,8
	m	6			2							2,8	2,4	
	f	3,6			3,2							3,2	3,2	
Condutividade elétrica (µS/cm)	s	83	28	32	70	81	128	108	90	84	82	81	82	179
	m	84			87							88	88	
	f	83			91							93	106	
CO ₂ (mg/l)	s	17,6	5	3,6	6	5	7	7	9	5	4	3	3	7
	m	9			8							7,4	8	
	f	11			10							6	8	
DBO ₅ (mg/l)	s	3,9	4,2	3,9	5,5	2,2	4,3	2,6	2,2	1,2	2,4	2,1	1,5	7,2
Ferro (mg/l)	s	0,47	0,06	0,38	0,06	0,03	0,27	0,68	1,29	0,1	0,04	0,05	0,14	0,4
	m	0,46			0,52							0,73	0,71	
	f	0,44			3,27							1,71	3,34	
Nitrato (mg/l)	s	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4	0,2	0,4	0,6	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5
	m	0,3			0,4							0,5	0,2	
	f	0,4			0,9							0,6	0,6	
Nitrito (mg/l)	s	0,007	0,008	0,008	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,008	0,006	0,007	0,007	0,009
	m	0,006			0,008							0,009	0,008	
	f	0,008			0,008							0,008	0,008	

continuação

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
N-amoniaco (mg/l)	s	0,13	0,07	0,01	0	0	0,1	0,01	0,19	0,02	0,02	0	0,01	0,11
	m	11			0,02							0,08	0,06	
	f	0,12			0,46							0,25	0,47	
Orto-fosfato (mg/l)	s	0,01	0,02	0,03	0,14	0,14	0,19	0,2	0,11	0,01	0,29	0,24	0,37	0,28
	m	0,01			0,24							0,28	0,18	
	f	0,01			0,03							0,25	0,29	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	s	3,48	7,68	7,46	7,72	7,74	5,85	7,4	1,89	7,74	7,82	7,68	7,55	8,05
	m	4,45			1,01							0,64	0,31	
	f	3,82			0,93							0,53	0,6	
Saturação de oxigênio (%)	s	46,4	104,1	100,4	105,4	105,6	77,3	97,6	24,5	104,6	104,4	102,8	100,9	106,3
	m	42,7			12,9							8,5	3,8	
	f	49,8			11,8							7,2	7,6	
pH	s	6,82	6,58	6,56	6,88	7,07	6,28	5,79	5,65	5,7	6,72	6,85	6,92	6,09
	m	6,08			6,63							6,5	6,65	
	f	5,94			6,63							6,6	6,55	
STD (mg/l)	s	42	14	16	35	40	64	55	45	42	41	40	41	89
	m	42			43							44	44	
	f	42			45							46	52	
Sulfeto (mg/l)	s	0,001	0,008	0,006	0,001	0,001	0,008	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,005
	m	0,002			0,001							0,003	0,003	
	f	0,001			0,004							0,001	0,003	
Temperatura do ar (°C)		34	36	33	33	30	33	33	35	34	32	30	31	31
Temperatura da água (°C)	s	31,2	31,4	30,8	32	32	30,7	29,9	28,1	31,3	30,7	30,8	30,7	30,1
	m	28,1			28,1							27,7	26,8	
	f	29,5			26,7							26,8	26,1	
Turbidez (NTU)	s	1,77	17,5	11,9	0,87	1,17	14,9	3,8	2,73	2,47	1,38	0,8	0,68	17,7
	m	2,37			1,77							6,34	5,37	
	f	1,66			8,43							1,87	4,74	

ANEXO IV

LAUDO TÉCNICO DO CEATOX – CENTRO DE ASSISTÊNCIA TOXICOLÓGICA – REFERENTE AO MÊS DE DEZEMBRO DE 2004



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
Centro de Assistência Toxicológica - CEATOX

Resultado nº: 01/2005

ANÁLISE: Determinação quali-quantitativa de Mercúrio, Ferro e Potássio.

SOLICITANTE: M.Sc. Juliana Machado do Couto **INTERESSADO(a):** Empresa Nature Ltda.

AMOSTRA(s) ANALISADA(S): Água (P1 CB a P5 CB), Sedimento (P1 CB a P5 CB) e Peixes (*Prochilodus sp.*; *Geophagus sp.*; *Serrasalmus shobeu*, *Boulengerella curveri* *Hypostomas sp.*).

RECEBIDA EM: 13/01/05

REALIZADA EM: 13/01/05

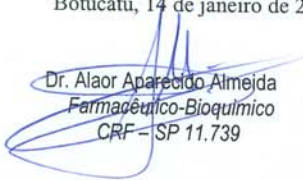
TÉCNICA DE IDENTIFICAÇÃO: Espectrofotometria de absorção atômica - atomização por chama para Ferro e Potássio, e Gerador de Hidretos a quente para Mercúrio.

RESULTADOS:

Amostras	Metais	Mercúrio	Ferro	Potássio
Água P1		< 0,0001	0,63	1,51
Água P2		< 0,0001	0,49	1,24
Água P3		< 0,0001	0,30	1,73
Água P4		< 0,0001	0,56	1,88
Água P5		< 0,0001	0,39	1,80
Sedimento P1 CB		0,034	-----	-----
Sedimento P2 CB		0,052	-----	-----
Sedimento P3 CB		0,022	-----	-----
Sedimento P4 CB		< 0,0001	-----	-----
Sedimento P5 CB		0,045	-----	-----
<i>Prochilodus sp</i>		0,041	-----	-----
<i>Geophagus sp</i>		0,103	-----	-----
<i>Serrasalmus shobeu</i>		0,677	-----	-----
<i>Boulengerella curveri</i>		< 0,0001	-----	-----
<i>Hypostomas sp</i>		0,003	-----	-----

OBS: unidades = µg/mL (água) ou µ/g (sedimento e/ou peixe).

Botucatu, 14 de janeiro de 2005.


 Dr. Alaor Aparecido Almeida
 Farmacêutico-Bioquímico
 CRF - SP 11.739

Distrito Rubião Junior, s/nº, Botucatu, SP, Cep 18618-000 – Fone/fax (14) 3882-3048, 3811-6017 e 3811-6034
 E-mail ceatox@ibb.unesp.br – www.ibb.unesp.br/ceatox