



UHE CANA BRAVA
PROGRAMA MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO

FASE OPERAÇÃO

V RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL



JULHO DE 2004

EQUIPE RESPONSÁVEL

Equipe de campo

Acad. Biol. Itamar Júnior Tonial

Biol. Esp. Juliana Machado Couto

Biol. M.Sc. Priscilla de Carvalho

Equipe de laboratório

Biol. Esp. Juliana Machado do Couto

Biol. Larice de Fátima Machado do Couto

Biol. M.Sc. Priscilla de Carvalho

APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico da Usina Hidrelétrica Cana Brava, referente à coleta realizada entre os dias 27 e 28 de julho de 2004.

Foram coletadas amostras de água, destinadas à determinação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em 13 pontos de coleta ao longo do reservatório.

O conteúdo deste Relatório Técnico inclui:

i) a metodologia adotada durante a coleta das amostras de água e análises laboratoriais;

ii) os resultados obtidos em campo e das análises laboratoriais, com apresentação dos valores medidos em gráficos, bem como uma breve análise de cada parâmetro;

iii) considerações sobre esta quinta coleta e os resultados obtidos em relação aos limites preconizados na Resolução nº 20 de 1986 do CONAMA, para águas da classe 2.

METODOLOGIA

Coleta das amostras

Foram coletadas amostras de água em 13 pontos de coletas (Tabela 1). As coletas de água foram realizadas com barco. Nas estações localizadas no corpo central do reservatório (pontos 1, 6, 20 e 21) foram coletadas amostras de superfície, meio e fundo. Nos demais pontos, foram amostrados somente água na superfície. Os parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), coliformes totais e coliformes fecais foram determinados apenas para superfície em todos os pontos amostrados. As amostras de água foram coletadas com uma garrafa de Van Dorn horizontal com capacidade para 3 litros, a qual foi submersa até a profundidade desejada, presa num cabo de poliamida graduado.

Em campo foram obtidos os valores de pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD) (potenciômetro digital HANNA), oxigênio dissolvido (OD), porcentagem de saturação de oxigênio, temperatura da água (YSI 550A), temperatura do ar (termômetro de mercúrio) e transparência da água (disco de Secchi).

A profundidade do disco de Secchi também foi utilizada para estimar a extensão da zona eufótica (ver relatórios de dezembro de 2003 e abril de 2004). Desta maneira, assumiu-se como o meio da coluna da água (para as coletas nos pontos 1, 6, 20 e 21) o final da zona eufótica. A zona afótica (onde não ocorre penetração de luz), localizada nas maiores profundidades foi classificada como fundo nestes mesmos pontos.

Tabela 1. Pontos de coleta selecionados para o monitoramento limnológico.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	LONG.(W)	LAT.(S)	REFERENCIAL
1	Tocantins/Córrego Florêncio	48°09'09"	13° 46'23"	Montante
2	Rio Preto	48°03'36"	13°42'10"	Montante
5	Rio São Félix	48°06'27"	13°32'47"	Montante
6	Tocantins/ Foz São Félix	48°05'28"	13°32'47"	Montante
7	Rio Bonito	48°10'36"	13°29'09"	Montante
8	Córrego Varjão	48°12'05"	13°29'03"	Montante
10	Rio do Carmo	48° 02'46"	13°25'36"	Montante
15	Tocantins/Rio Cana Brava	48°09'56"	13°11'49"	Jusante
18	Praia de Minaçu - parte interna	48°12'37"	13°30'17"	Montante
19	Praia de Minaçu - parte externa	48°12'33"	13°29'53"	Montante
20	No meio do reservatório	48°09'33"	13°26'59"	Montante
21	Tocantins/Próximo à UHE Cana Brava	48°08'29"	13°24'24"	Montante
22	Rio Bonito (acima do ponto 7)	48°14'04"	13°33'03"	Montante

Análise das amostras

As amostras destinadas à análise laboratorial foram preservadas de acordo com a variável a ser analisada (Tabela 2), e encaminhadas para o laboratório de limnologia da Naturae, em Goiânia para realização das análises. A determinação dos parâmetros físico-químicos foi analisada segundo os métodos do manual de operação do laboratório portátil DR 2010 da HACH, conforme relacionados na Tabela 3.

Tabela 2. Métodos de acondicionamento, preservação e prazo para análise das amostras de água coletadas.

PARÂMETROS	ACONDICIONAMENTO	PRESERVAÇÃO	PRAZO
Alcalinidade total	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	14 dias
Cloretos	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	28 dias
CO ₂	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Coliformes totais	Frasco de vidro	Temperatura 4°C	48 horas
Condutividade elétrica	Medição <i>In situ</i>	-	imediate
DBO	Frasco de vidro	Temperatura 4°C	48 horas
Dureza	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	12 horas
Ferro solúvel	Frasco vidro	Temp. 4°C e 2ml de Ác. Nítrico/L de amostra	6 meses
Nitrato	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Nitrito	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
N - amoniacal	Frasco de PVC	Temp. 4°C e 2 ml de H ₂ SO ₄ /L de amostra	28 dias
Odor	<i>In situ</i>	-	imediate
Óleos e Graxas	Frasco de vidro	Temp. 4°C e 6 ml de HCl/L de amostra	28 dias

Tabela 2. Continuação.

PARÂMETROS	ACONDICIONAMENTO	PRESERVAÇÃO	PRAZO
Orto- fosfato	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	12 horas
Oxigênio dissolvido	Medição <i>In situ</i>	-	imediate
pH	Medição <i>In situ</i>	-	imediate
Sólidos totais dissolvidos (STD)	Medição <i>In situ</i>	-	imediate
Sulfato	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	28 dias
Sulfeto	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	
Temperatura	Medição <i>In situ</i>	-	imediate
Transparência	Medição <i>In situ</i>	-	imediate
Turbidez	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas

Tabela 3. Métodos de análise e faixa de detecção dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico.

PARÂMETRO	METODOLOGIA	FAIXA	REFERÊNCIAS	
			USEPA *	Standard Methods
Temperatura	termômetro	0 – 100°C		-
Transparência	disco de secchi	0 – Desaparecimento		-
pH	potenciométrico	0 -14		4500 - H ⁺ - B
Condutividade elétrica	potenciométrico	0 – 199,9µS/cm		2510 - B
Sólidos totais dissolvidos	potenciométrico	0 – 750 mg/l		-
Oxigênio dissolvido	potenciométrico	0 – 30 mg/L O ₂		4500 - O - G
Oxigênio dissolvido (Winkler)	iodométrico	0 – 30 mg/L O ₂		4500 - O - B
Turbidez	nefelométrico	0-1000 NTU		2130 - B
Alcalinidade	titulação com ácido sulfúrico	10 – 4000 mg/l CaCO ₃	X	2320B
Acidez	titulação com hidróxido de sódio	0 - 400 mg/L CaCO ₃	X	23/10B
CO ₂	titulação com hidróxido de sódio	0 - 125 mg/l CO ₂	X	4500 - CO ₂ - C
Cloreto	titulação com nitrato de mercúrio	0 – 40 mg/l Cl ⁻	X	4500 - Cl ⁻ - C
Dureza total	titulação usando método EDTA	10 – 4000 mg/l CaCO ₃	X	2340C
Ferro total	Espectrofotometria pelo método Ferro Ver	0 – 3,00 mg/L	X	3500B
Nitrato	Espectrofotometria pelo método Redução de Cádmio	0 – 4,5 mg/l NO ₃ ⁻		4500 - NO ₃ ⁻ - E
Nitrito	Espectrofotometria pelo método Diazotação	0 – 0,300 mg/l NO ₂ ⁻	X	4500 - NO ₂ ⁻ - B
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotometria pelo método do Salicilato	0 – 2,50 mg/L NH ₃		4500 - NH ₃
Orto-fosfato	Espectrofotometria pelo método do Ácido Ascórbico	0 – 2,50 mg/L PO ₄ ³⁻	X	4500 - P - E
Sulfato	Espectrofotometria pelo método do Sulfa Ver 4	0 – 70 mg/L SO ₄ ²⁻	X	4500 - SO ₄ ²⁻ - F
Sulfeto	Espectrofotometria pelo método do Azul de Metileno	0 – 0,600 mg/l S ⁻	X	4500 - S ²⁻ - D
Óleos e graxas	extração de hexano	15 – 3000mg/L HEM		5520 - B
DBO	diferença entre oxigênio final e inicial	-		5210 - B
Coliformes fecais	tubos múltiplos	-		9222 - D / 9221 - E
Coliformes totais	tubos múltiplos	-		9222 - B / 9221 - B

Metodologias adaptadas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

* Metodologia aprovada pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (USEPA – United States Environmental Protection Agency).

RESULTADOS

A. Parâmetros Físico-Químicos

Os valores de temperatura do ar variaram entre 21°C às 8:20 e 33°C às 14:00.

Em julho de 2004, as variações da temperatura do ar (21°C e 33°C) e da água (21,5°C e 28,7°C) foram fortemente correlacionadas ($r = 0,6$; $P = 0,03$) e, provavelmente, refletiram a influência dos horários de coleta (e.g. o maior valor de temperatura da água foi obtido no ponto de coleta 8, às 15:05) (Figura 1). Além disso, os resultados demonstram que as variações da temperatura em um mesmo dia podem ser tão elevadas quanto àquelas observadas entre os meses pertencentes a diferentes estações de ano – uma característica marcante de ecossistemas tropicais (Esteves, 1998).

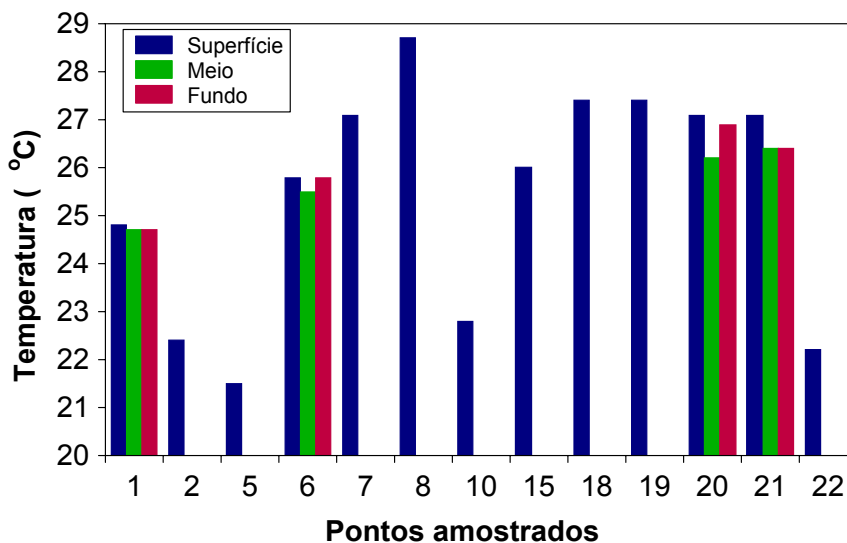


Figura 1. Valores da temperatura.

A transparência da água, medida pela profundidade de desaparecimento do disco de Secchi, apresentou um valor médio de 2,25 metros no reservatório, o maior valor registrado foi 3,9 metros no ponto 20 (meio do reservatório) e o menor valor (0,7 metros) foi registrado no ponto 8, Córrego Varjão (Figura 2). O ponto 10 e 22 são tributários rasos (em média 20 cm e 50 cm, respectivamente), onde a transparência da água foi total.

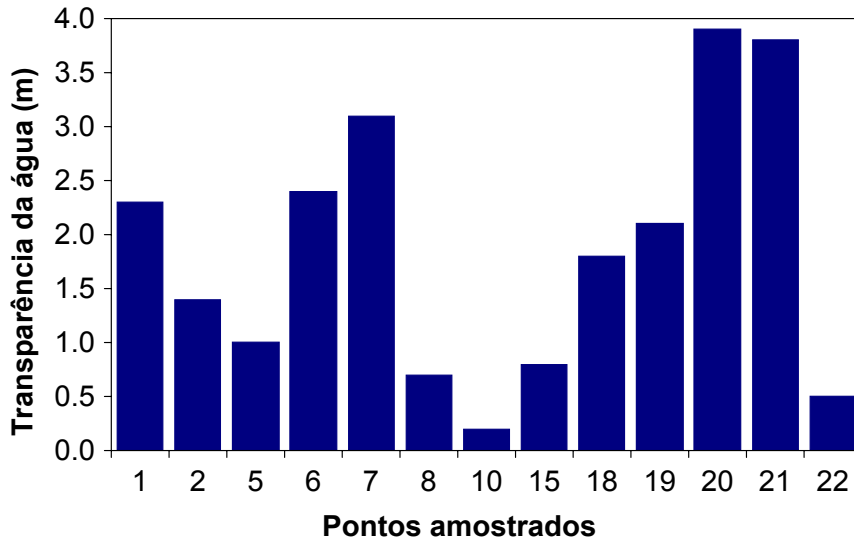


Figura 2. Valores da transparência.

De maneira geral, o reservatório apresenta águas transparentes. Os valores médios de turbidez da água foram de 1,72 NTU; 1,92 NTU e 3,08 NTU na superfície, meio e fundo, respectivamente (Figura 3). O maior valor de turbidez (5 NTU) foi obtido no fundo do ponto 6, enquanto que o menor valor (0,75 NTU) foi obtido na superfície do ponto 20. Um claro decréscimo temporal dos valores de turbidez, quando os meses de dezembro e julho são comparados, foi observado. As diferenças significativas entre estes 2 meses ($t = 2,21$; $P = 0,04$) pode ser explicado pela acentuada redução dos índices e precipitação pluviométrica que é característica do clima sazonal no Centro-Oeste brasileiro (Figura 4). A conseqüente redução das taxas de escoamentos e das cargas e materiais, derivados dos ambientes terrestres adjacentes, para os corpos hídricos, pode explicar a progressiva redução da turbidez nos meses de estiagem. Além disso, pode-se observar que os pontos mais afetados pelo escoamento de materiais terrestres, durante o período de chuvas (e.g. dezembro de 2003), são os pontos localizados nos tributários (ver relatórios anteriores).

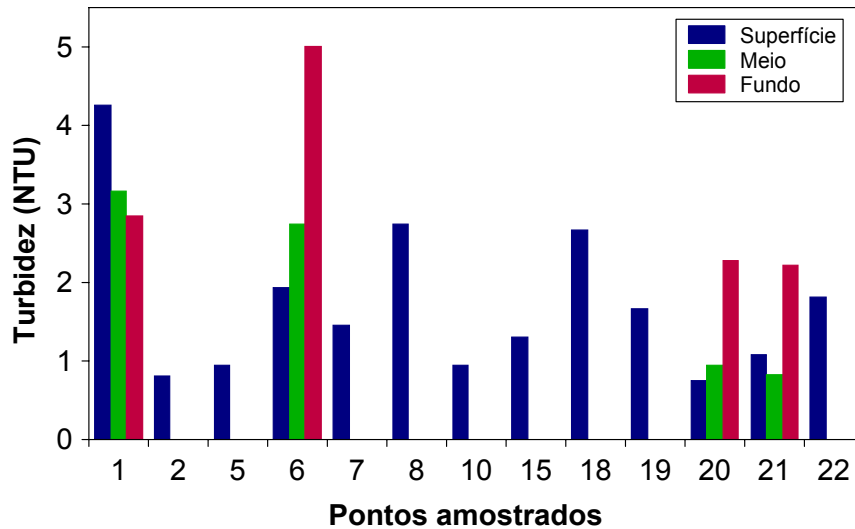


Figura 3. Valores de turbidez.

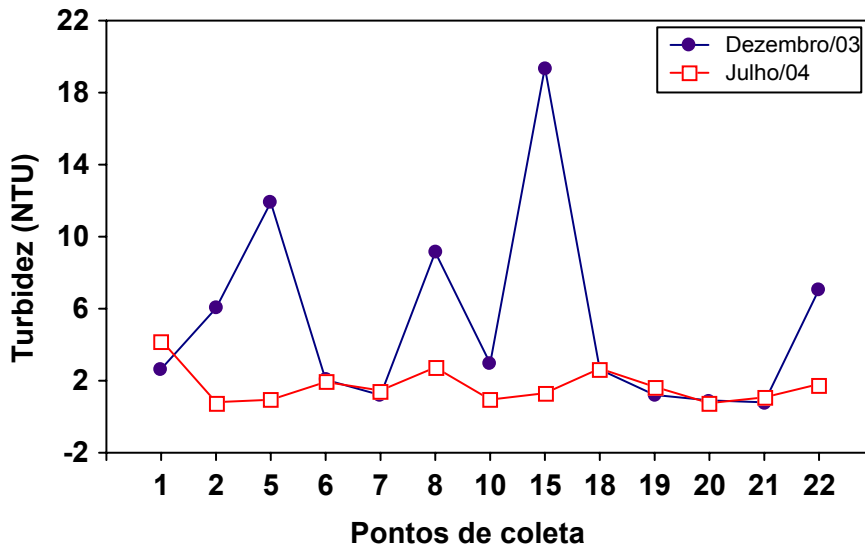


Figura 4. Valores de turbidez na superfície dos 13 pontos de monitoramento do reservatório de Cana Brava nos meses de dezembro de 2003 (período de chuva) e julho de 2004 (período de estiagem).

De maneira geral, as águas do reservatório, não apresentaram odor.

Os valores médios de oxigênio dissolvido para as águas do reservatório foram 6,4; 5,2 e 4,1 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração de oxigênio dissolvido (8,05 mg/l) foi obtida na superfície do ponto 5, enquanto que a menor concentração (2,9 mg/l) foi obtida no fundo do ponto 21 (40 metros) (Figura 5). Similarmente ao observado em abril de 2004, as concentrações deste gás obtidas nas maiores profundidades (meio e fundo) e na superfície do ponto 1 (4,72 mg/l) foram menores que o limite máximo

estabelecido pela Resolução CONAMA no 20 para águas de classe 2. O ponto 15 (jusante da barragem também apresentou concentração de oxigênio abaixo do estabelecido pela referida resolução (4,68 mg/l).

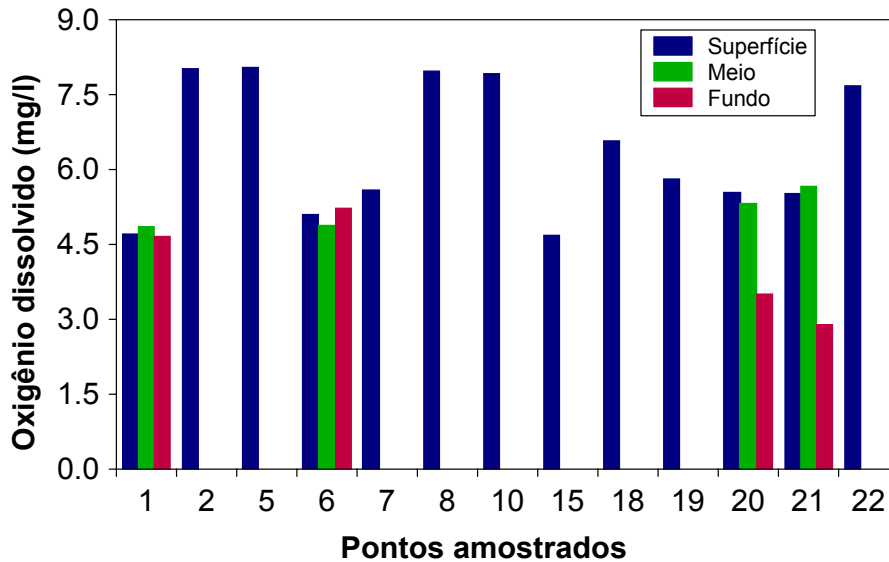


Figura 5. Concentração de oxigênio dissolvido.

A média dos valores da concentração de CO₂ encontrada nas águas do reservatório foram de 4,66; 4,46 e 4,7 mg/l na superfície meio e fundo respectivamente. O maior valor (7,05 mg/l) foi encontrado na superfície do ponto 22, rio Bonito, e a menor concentração (1,5 mg/l) foi obtida na superfície do ponto 20 (Figura 6).

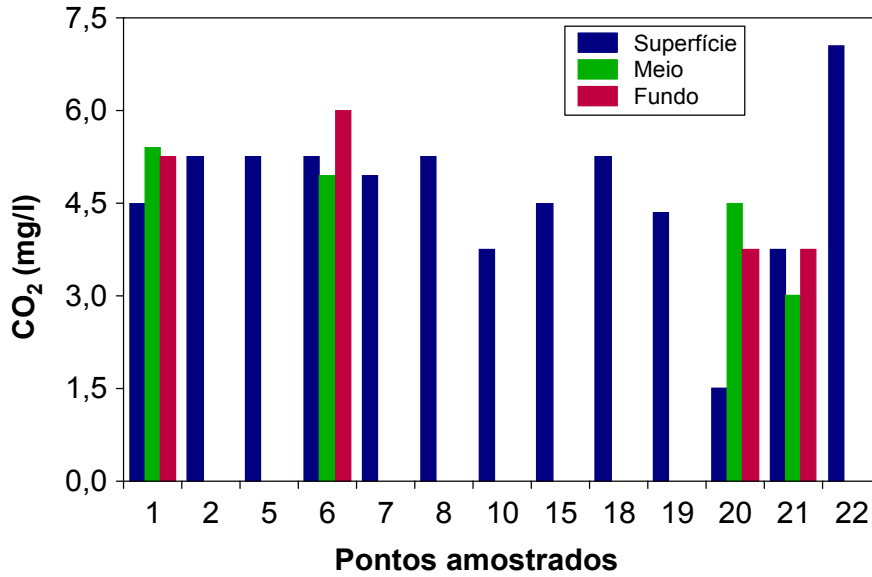


Figura 6. Concentração de dióxido de carbono.

Os valores médios foram 6,65; 6,06 e 6,12, na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (7,88) foi obtido na superfície do ponto 6, e o menor valor (3,15) foi obtido no meio do ponto 20. De modo geral as águas do reservatório são neutras, com exceção do ponto 20, que apresentou valores ácidos de pH a 12 metros de profundidade (meio) (3,15) e a 26 metros de profundidade (fundo) (3,38) (Figura 7).

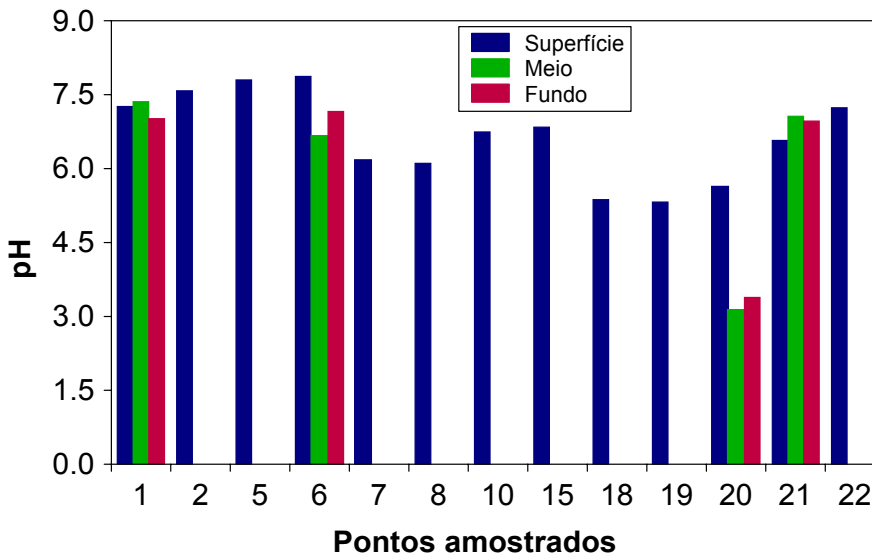


Figura 7. Valores de pH.

A condutividade elétrica indica a capacidade de condução da corrente elétrica de uma solução que é dependente da concentração de íons na água.

A média da condutividade elétrica nas águas do reservatório foi de 83,1; 77,8 e 78,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (172 $\mu\text{S}/\text{cm}$) foi encontrado no ponto 22 (rio Bonito), enquanto que o menor valor (43 $\mu\text{S}/\text{cm}$) foi encontrado no ponto 2 (rio Preto) (Figura 8). A diferença entre os meses de dezembro e julho foi altamente significativa de acordo com o teste t para amostras dependentes ($t = 2,36$; $P = 0,03$). Assim como para os valores de turbidez (ver neste relatório), provavelmente, a redução das taxas de escoamento superficial e das cargas de materiais dos ambientes terrestres, durante o período de estiagem, explique estes resultados (Figura 9).

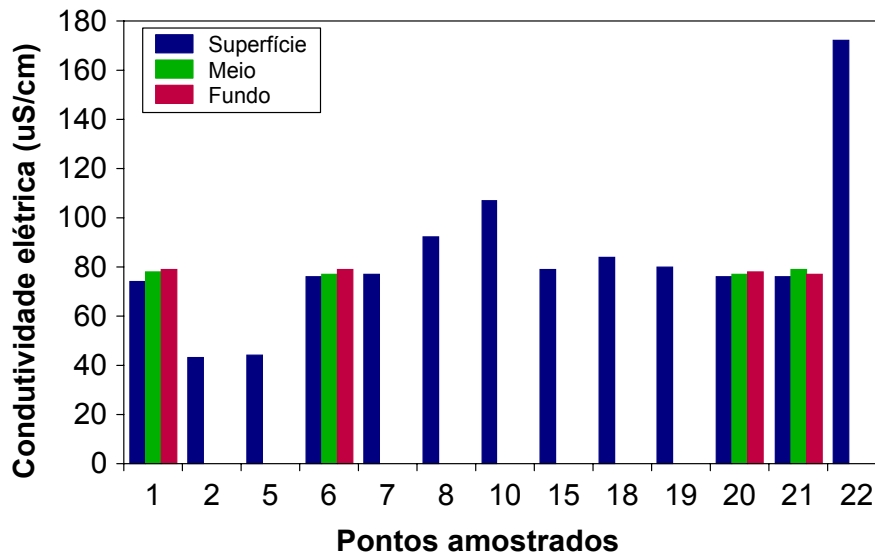


Figura 8. Valores de condutividade elétrica.

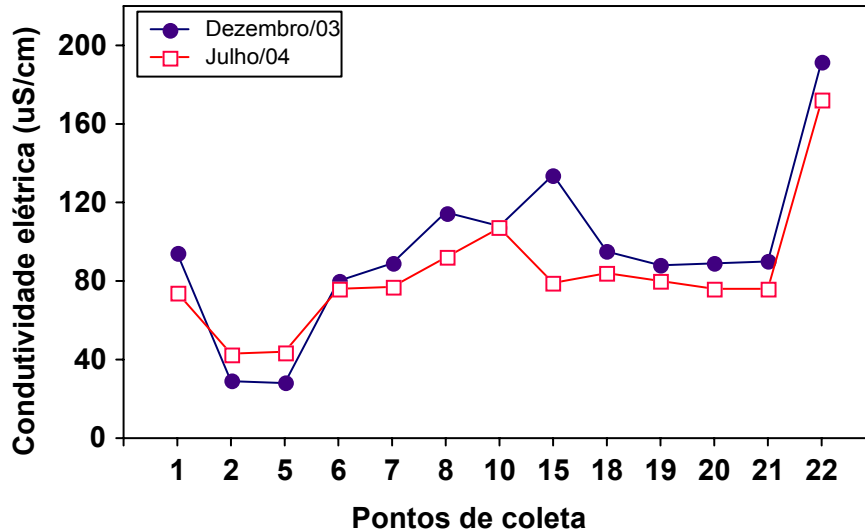


Figura 9. Valores de condutividade elétrica na superfície dos 13 pontos de monitoramento do reservatório de Cana Brava nos meses de dezembro de 2003 (período de chuva) e julho de 2004 (período de estiagem).

As variáveis condutividade elétrica e alcalinidade foram significativamente correlacionadas ($r = 0,98$; $P < 0,001$). Assim, os pontos de coleta com elevadas concentrações iônicas são também os que apresentam os maiores valores de alcalinidade, sugerindo que o bicarbonato de cálcio e de magnésio encontra-se entre os principais íons que determinam a condutividade. A alcalinidade reflete a capacidade que um ecossistema aquático apresenta em neutralizar (tamponar) ácidos a ele adicionados, dependendo de alguns compostos como bicarbonatos e carbonatos.

A média dos valores de alcalinidade total das águas do reservatório foi de 38,5; 35,6 e 35,5 mg/l CaCO_3 na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (82 mg/l) foi encontrado no ponto 22, e o menor (20 mg/l) foi encontrado no ponto 2, rio Preto (Figura 10).

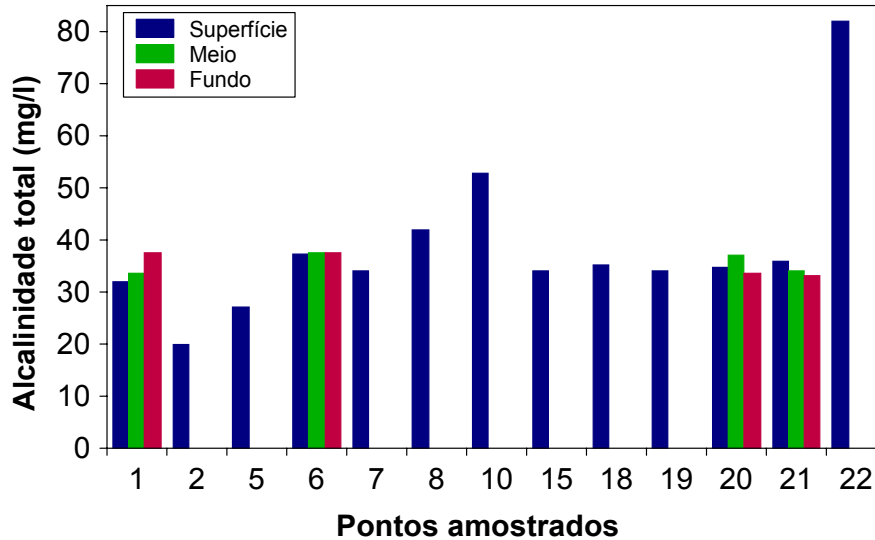


Figura 10. Valores de alcalinidade total.

Os valores de alcalinidade também foram altamente correlacionados com dureza ($r = 0,98$; $P < 0,001$). A média dos valores da dureza da água no reservatório foi de 33,7; 31,2 e 29,3 mg/l CaCO_3 , na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (74,8 mg/l) foi encontrado no ponto 22, rio Bonito, enquanto que o menor valor (17,6 mg/l) foi encontrado no ponto 2 (Figura 11).

A estrutura de correlação entre as variáveis alcalinidade, condutividade elétrica e dureza foi similar àquela observada em dezembro de 2003 e abril de 2004 e, portanto, indicam que estas variáveis podem ser consideradas redundantes.

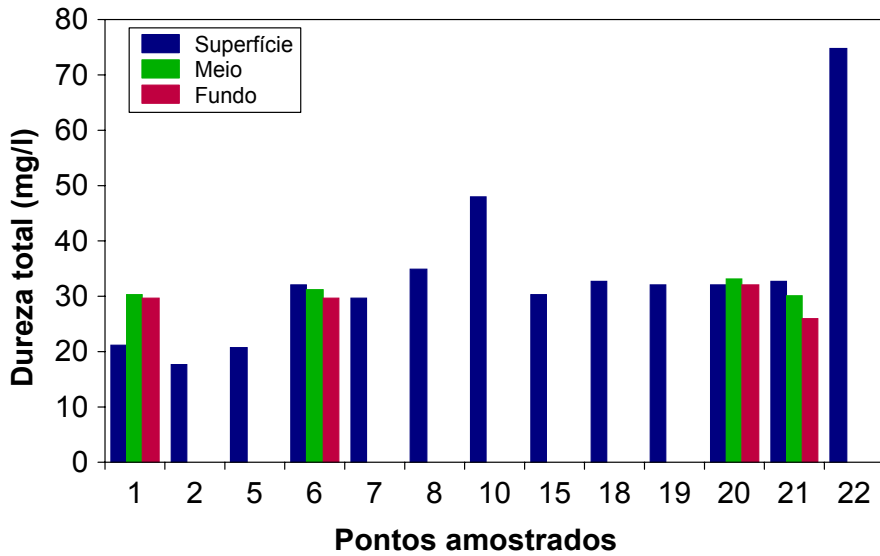


Figura 11. Valores de dureza total.

Os valores de alcalinidade e dureza foram significativamente maiores em dezembro de 2003 (período de chuvas), comparando com julho de 2004 ($t = 3,75$; $P = 0,002$ e $t = 3,79$; $P = 0,002$, respectivamente) (Figura 12A e B).

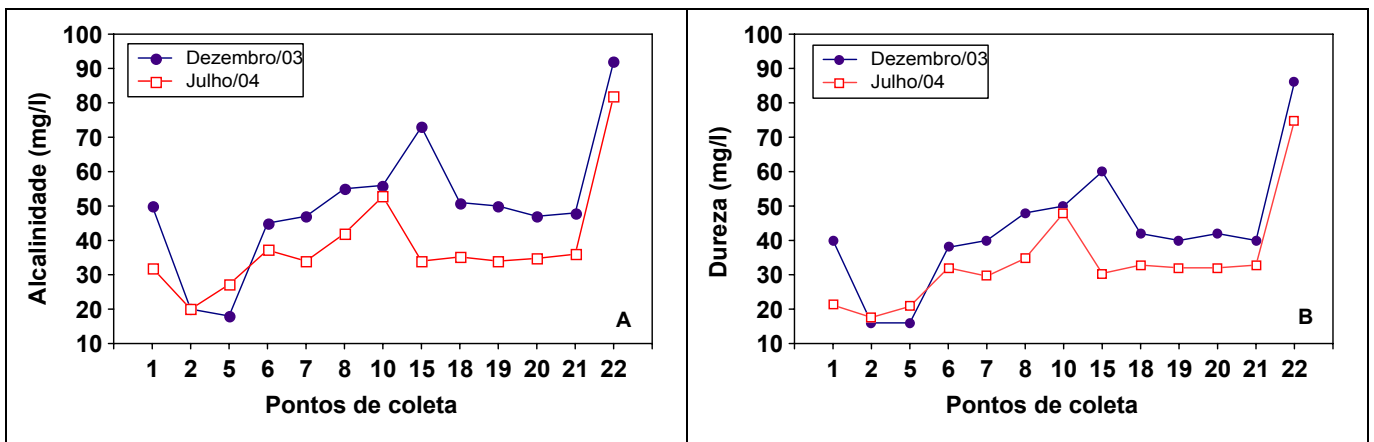


Figura 12. Valores de alcalinidade (A) e dureza (B) na superfície dos 13 pontos de monitoramento do reservatório de Cana Brava nos meses de dezembro de 2003 (período de chuva) e julho de 2004 (período de estiagem).

A variável STD (sólidos totais dissolvidos) pode estar fortemente relacionada com as concentrações de íons (Ca, Mg, Na, K e os ânions: HCO_3 , CO_3 , SO_4 e Cl) e, deste como, com a condutividade elétrica da água. A concentração média dos sólidos totais dissolvidos nas águas do reservatório foi

de 41,2; 38,5 e 38,75 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração foi de 86 mg/l no ponto 22, rio Bonito, enquanto que a menor concentração (21 mg/l) foi obtida no ponto 2 (Figura 13).

O alto coeficiente de correlação entre os valores de condutividade elétrica e STD ($r = 0,99$; $P < 0,001$), indicam que estas variáveis podem ser consideradas redundantes.

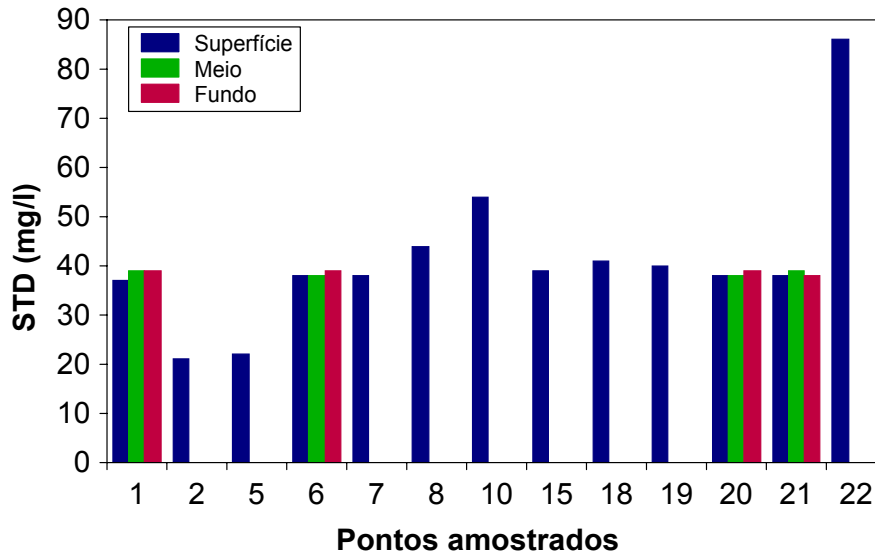


Figura 13. Valores de sólidos totais dissolvidos (STD).

Em média os valores de acidez total nas águas do reservatório foram 4,43; 4 e 4 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (8 mg/l) foi obtido na superfície do ponto 1, e o menor valor (3,2 mg/l) foi obtido na superfície do ponto 10 e 15, no meio do ponto 6 e 21 e, no fundo do ponto 21 (Figura 14).

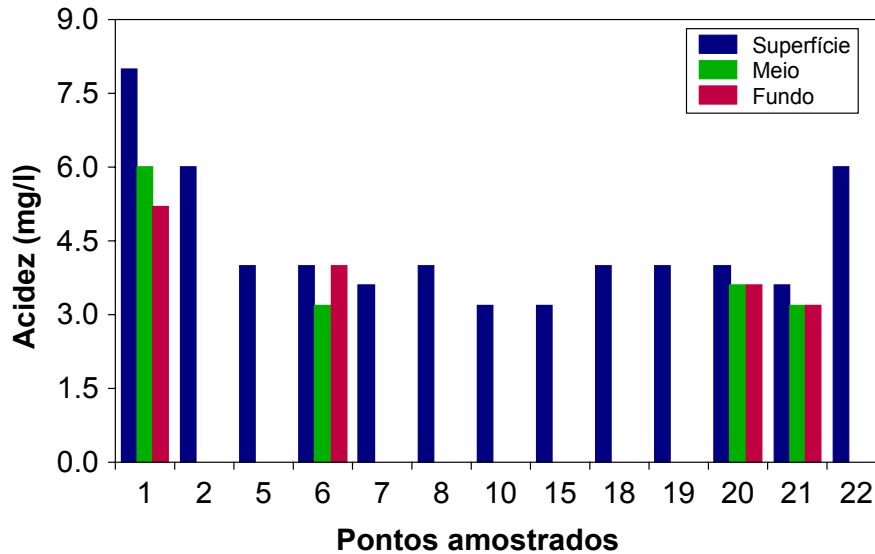


Figura 14. Valores de acidez total.

Os valores médios de cloretos para as águas do reservatório foram de 3,96; 4,3 e 4,5 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (8 mg/l) foi encontrado no ponto 22, rio Bonito, e o menor valor (1,6 mg/l) no ponto 2, rio Preto (Figura 15). A análise das concentrações de cloretos sugere que dificilmente o limite máximo de 250 mg/l, preconizado pela resolução CONAMA nº 20, será ultrapassado, mesmo nos pontos de coleta que apresentam evidentes problemas de qualidade da água (e.g. ponto 22 de coleta, situado no Rio Bonito). Resultados semelhantes foram encontrados nos demais meses de coleta (ver relatórios anteriores).

A concentração média de sulfato nas águas do reservatório foi de 1,07; 1,25 e 1,25 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (2 mg/l) foi obtido em todas as profundidades do ponto 1. Já os demais pontos apresentaram concentrações similares (1 mg/l).

Os valores médios de sulfeto encontrados nas águas do reservatório foram de 0,0016; 0,0015 e 0,0015 na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração de sulfeto (0,003 mg/l) foi obtida em todas as profundidades do ponto 1, e a menor concentração foi de 0,001 mg/l (Figura 16).

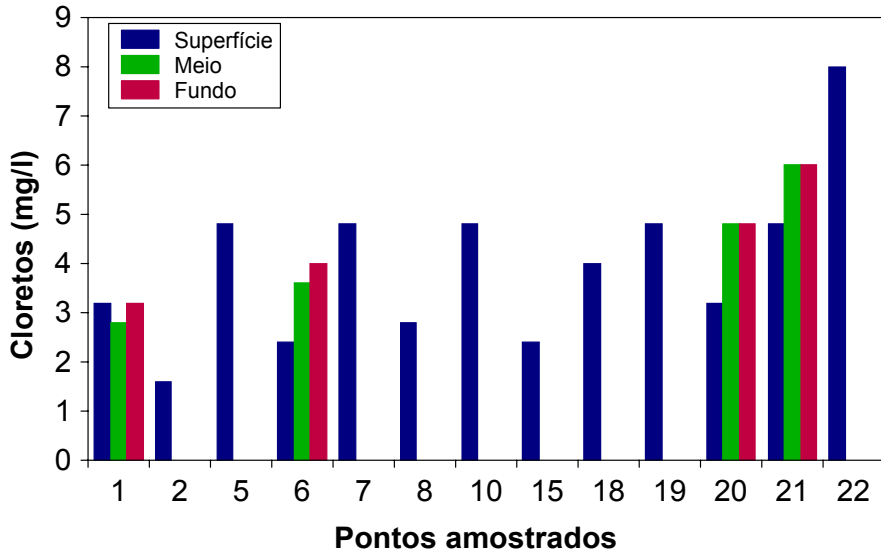


Figura 15. Valores de cloretos.

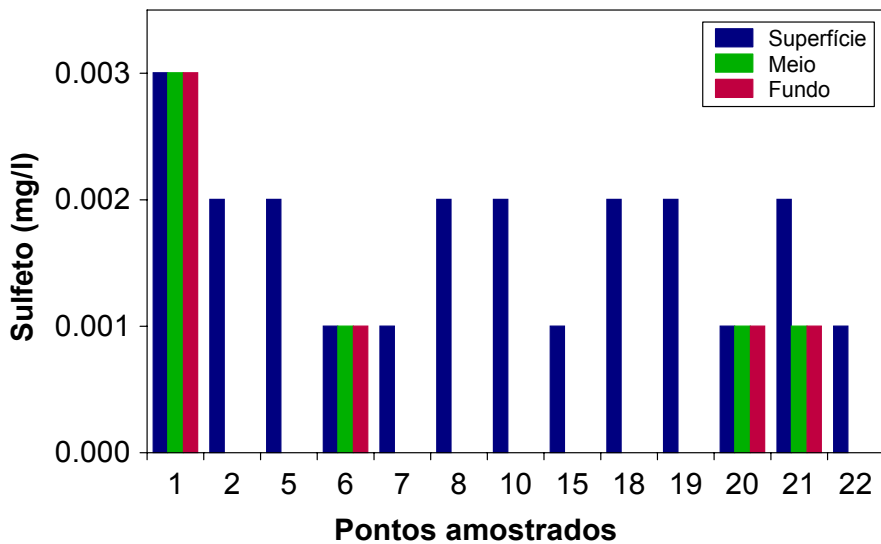


Figura 16. Valores de sulfeto.

A concentração média de ferro total nas águas do reservatório foi de 0,12; 0,08 e 0,14 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (0,37 mg/l) foi obtido no ponto 10, e o menor valor (0,01 mg/l) foi encontrado no meio do ponto 21 (11,5 metros de profundidade) (Figura 17).

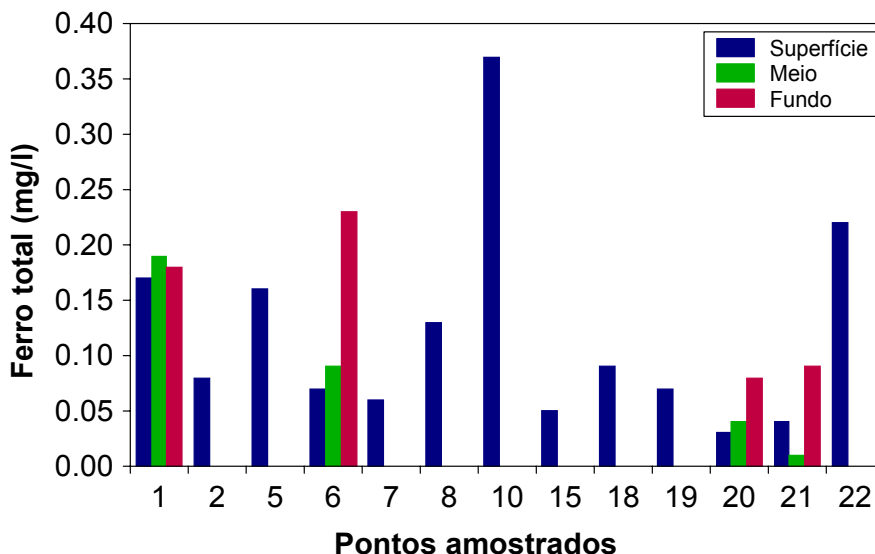


Figura 17. Valores de ferro total.

Juntamente com o nitrogênio, o fósforo é o principal nutriente responsável pelo processo de eutrofização dos ecossistemas aquáticos (Kalff, 2002). A concentração média de orto-fosfato nas águas do reservatório foi de 0,17; 0,21 e 0,13 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (0,52 mg/l) foi encontrado no ponto 22, rio Bonito. O menor valor (0,01 mg/l) foi obtido na superfície do ponto 8 e no fundo do ponto 6 (30 metros) (Figura 18).

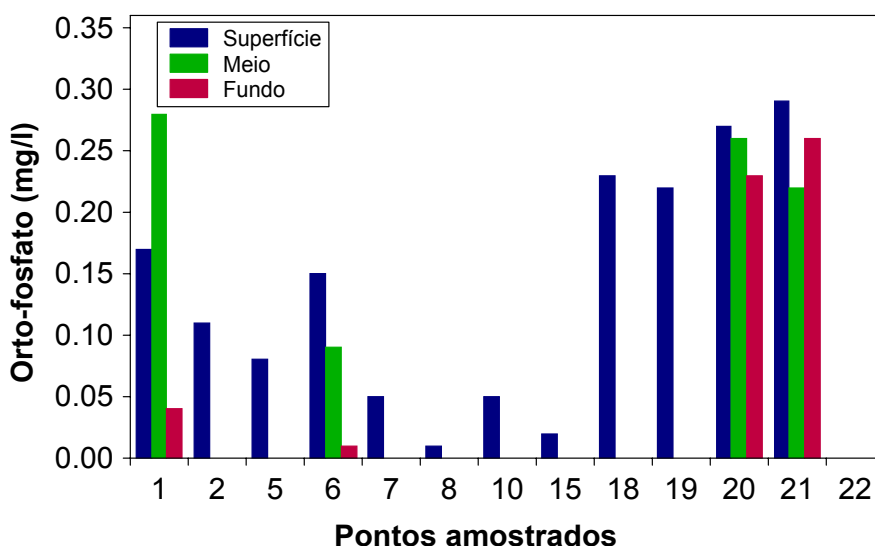


Figura 18. Concentração de orto-fosfato.

Não foi observada diferença significativa entre os meses de abril e julho de 2004 (período de estiagem) ($t = -1,62$; $P = 0,13$). No entanto, em relação a

dezembro de 2003 (período de chuvas), a concentração média de orto-fosfato aumentou significativamente em abril ($t = -3,16$; $P = 0,008$) e julho de 2004 ($t = -3,9$; $P = 0,002$) (Figura 18). Assim, para a maior parte dos pontos de coleta, os resultados indicaram um aumento temporal significativo das concentrações. A continuidade do monitoramento será suficiente para determinar se este reservatório está submetido a cargas extremas e periódicas de fósforo.

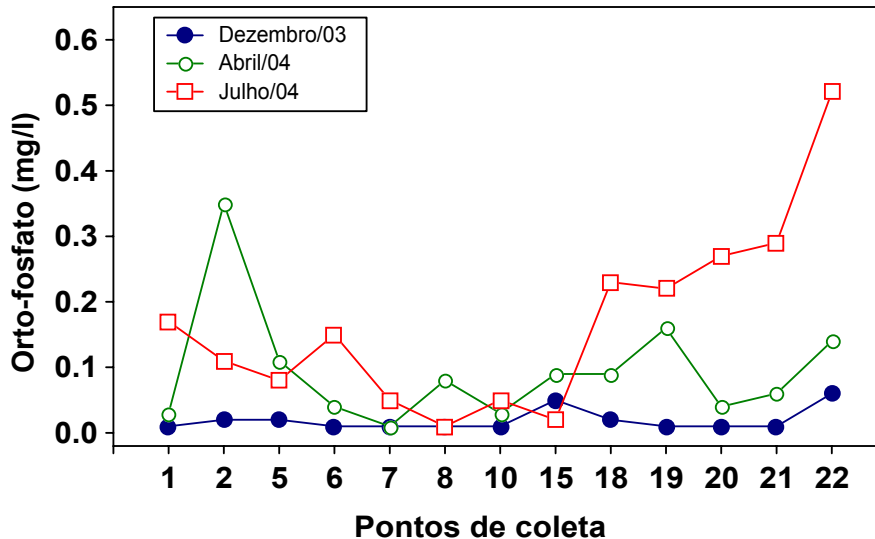


Figura 18. Concentração de orto-fosfato na superfície dos 13 pontos de monitoramento do reservatório de Cana Brava nos meses de dezembro de 2003 (período de chuva), abril e julho de 2004 (período de estiagem).

A concentração média de nitrato nas águas do reservatório de Cana Brava foi de 0,27; 0,3 e 0,22 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração de nitrato foi de 0,4 mg/l no ponto 10 (rio do Carmo), e a menor concentração foi de 0,2 mg/l (Figura 19).

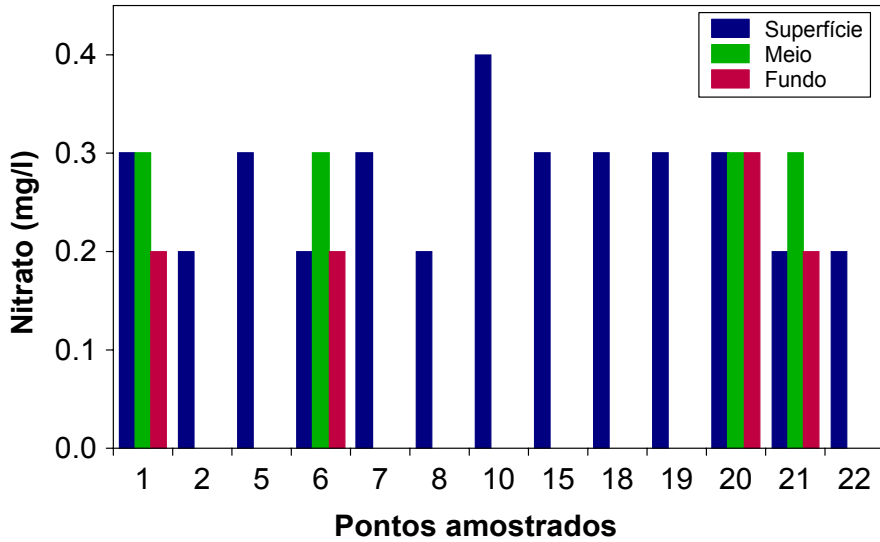


Figura 19. Concentração de nitrato.

O mesmo padrão encontrado para o aumento temporal nas concentrações de orto-fosfato, também foi encontrado quando se comparou a concentração de nitrato nos meses de dezembro de 2003, abril e julho de 2004 (Figura 20). A concentração de nitrato em abril de 2004, foi significativamente maior comparada com dezembro de 2003 ($t = -3,11; P = 0,008$). Em julho de 2004, a concentração média também foi maior do que em dezembro de 2003 ($t = -4,17; P = 0,0012$).

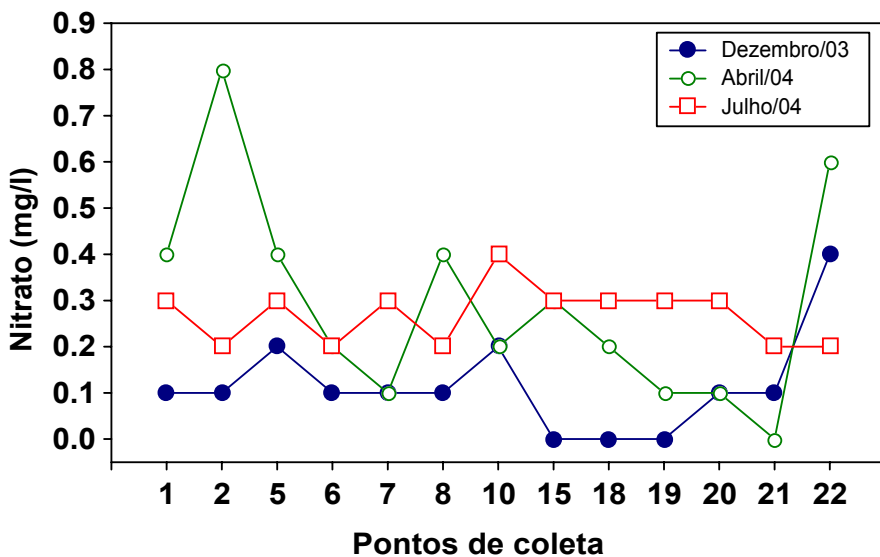


Figura 20. Concentração de nitrato na superfície dos 13 pontos de monitoramento do reservatório de Cana Brava nos meses de dezembro de 2003 (período de chuva), abril e julho de 2004 (período de estiagem).

Mesmo considerando este aumento temporal, a concentração de nitrato sempre é menor do que o limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA no 20 (10 mg/l).

A concentração média de nitrito nas águas do reservatório foi de 0,0055; 0,0055 e 0,0057 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração (0,010 mg/l) foi obtida no ponto 22, rio Bonito (Figura 21). A diferença entre as médias das concentrações de nitrito estimada para dezembro de 2003 (período de chuvas) e julho de 2004 (estiagem), não foi estatisticamente significativa de acordo com o teste *t* para amostras pareadas ($t = 0,44$; $P = 0,65$) (Figura 22).

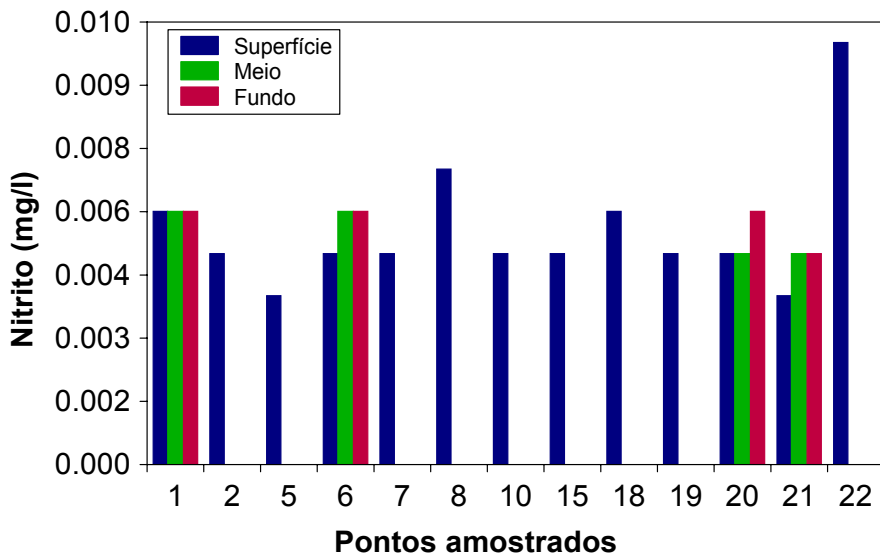


Figura 21. Concentração de nitrito.

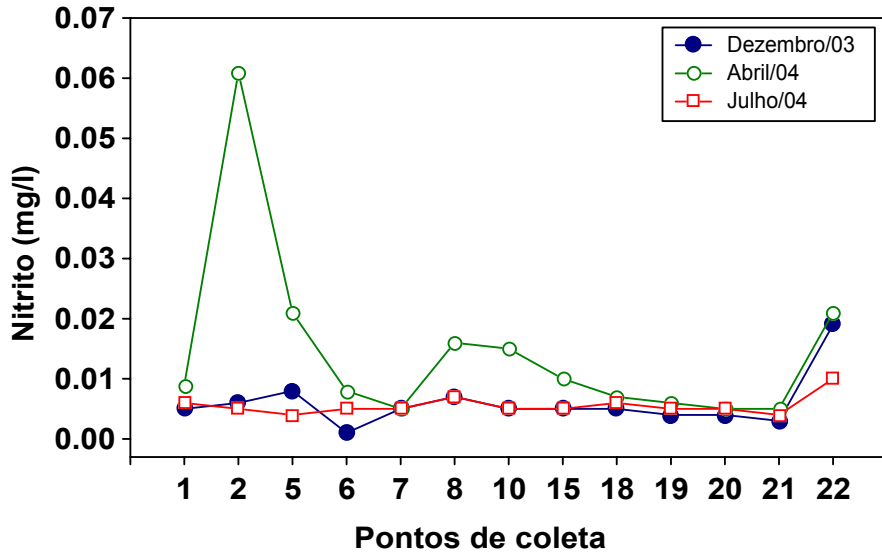


Figura 22. Concentração de nitrito na superfície dos 13 pontos de monitoramento do reservatório de Cana Brava nos meses de dezembro de 2003 (período de chuva), abril e julho de 2004 (período de estiagem).

A concentração média de nitrogênio amoniacal foi de 0,010; 0,012 e 0,017 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração (0,04 mg/l) foi obtida na superfície e meio (7 metros) do ponto 1. Valores não detectáveis foram obtidos na superfície do ponto 2, 6, 10, 15, 20 e 21; e no meio do ponto 20 (12 metros) e 21 (11,5 metros) (Figura 23).

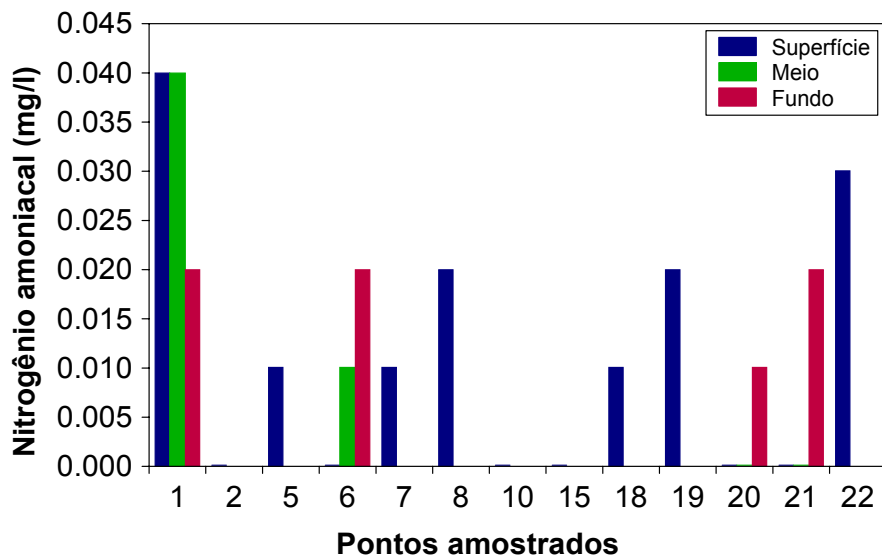


Figura 23. Concentração de nitrogênio amoniacal.

A DBO₅ é definida como a quantidade de oxigênio que será utilizada, pelos microorganismos presentes em uma amostra, na oxidação da matéria

orgânica para uma forma inorgânica estável (Kalf, 2002). Ecossistemas lóticos, especialmente aqueles com baixa velocidade da água, que recebem grandes quantidades de efluentes orgânicos, através de fontes pontuais, e/ou de matéria orgânica decorrente de fontes difusas, podem apresentar elevadas taxas de respiração que promovem a demanda biológica/bioquímica de oxigênio (DBO₅).

Nas águas do reservatório foi obtido um valor médio de 2,6 mg/l de DBO₅. O maior valor obtido foi de 6,8 mg/l no ponto 22, rio Bonito, e menor valor (1,2 mg/l) foi encontrado no ponto 21, próximo à barragem (Figura 24).

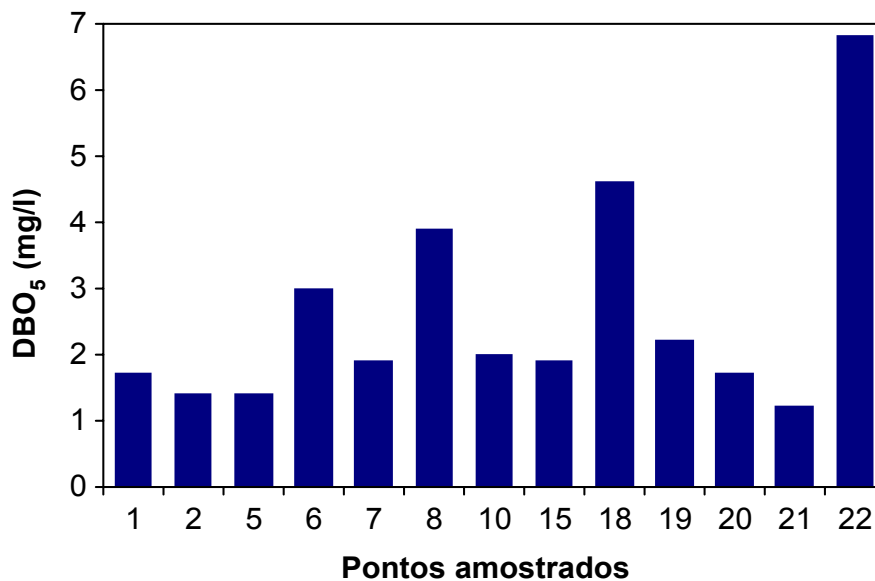


Figura 24. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅).

A concentração de óleos e graxas, nas águas do reservatório, foi considerada virtualmente ausente.

Perfil vertical do ponto 21, próximo à barragem

O perfil vertical do ponto 21 foi realizado a cada 5 metros de profundidade, da superfície ao hipolímnio (30 metros), e tem como objetivo verificar a existência de estratificação térmica. Foi obtida a temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido e porcentagem de saturação de oxigênio (quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura).

Em julho de 2004, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura de aproximadamente $0,7^{\circ}\text{C}$, ou seja, uma diferença muito menor do que a encontrada em meses anteriores (aproximadamente 5°C) (Figura 25). Provavelmente, o reservatório de Cana Brava apresente um padrão de circulação da coluna de água durante o inverno (período de estiagem), o que é característico de ecossistemas monomíticos quentes (circulação da coluna de água durante o inverno e estratificação durante os demais meses do ano). Os lagos profundos (acima de 20 m) de regiões tropicais quando relativamente protegidos da ação do vento, permanecem estratificados na maior parte do ano, desestratificando-se somente no inverno, por curtos períodos. Nestes lagos, durante o período de estratificação térmica, o oxigênio produzido no epilímnio (correspondendo à zona eufótica) não atinge o hipolímnio (Esteves, 1998).

A concentração de oxigênio dissolvido apresentou uma diferença entre a camada superficial e profunda de apenas 2,48 mg/l. Apesar de apresentar condições de hipoxia (baixa concentração de oxigênio dissolvido) (3,81 mg/l), o fundo do ponto 21 (40 metros de profundidade) não foi considerado anóxico, como nos meses anteriores, principalmente, dezembro de 2003 (período de chuvas e verão no Centro-Oeste brasileiro). Em dezembro de 2003, o fundo deste mesmo ponto apresentou concentração de 0,96 mg/l de oxigênio dissolvido.

Além disso, em julho de 2004, este ponto apresentou condições de hipoxia a partir de 25 metros de profundidade, o contrário dos demais meses, onde baixas concentrações de oxigênio dissolvido foram evidenciadas a partir de 10 metros de profundidade. O mesmo padrão foi observado através da porcentagem de saturação de oxigênio.

Assim, destaca-se a importância de um monitoramento contínuo do gradiente vertical de temperatura e oxigênio dissolvido do ponto 21, com o objetivo de verificar se, realmente, o reservatório de Cana Brava apresenta uma tendência à monomixia.

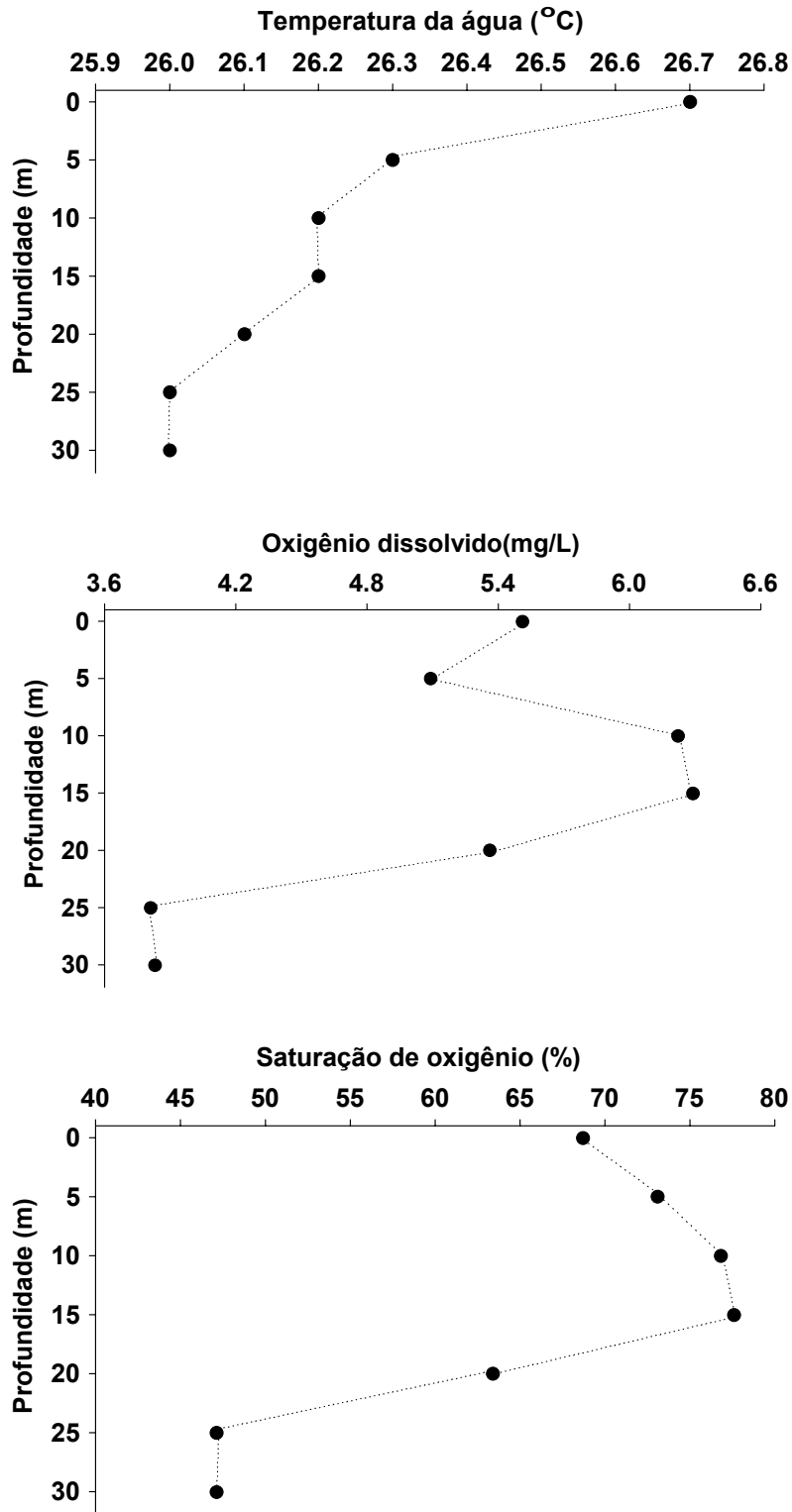


Figura 25. Gradientes de temperatura e oxigênio obtidos no ponto 21 em julho de 2004.

B. Parâmetros Bacteriológicos

A maior concentração de coliformes totais nas águas do reservatório (>24000 NMP/100ml) foi encontrada nos pontos 8, 10 e 22, e a menor concentração (Valor Ausente) foi encontrada no ponto 6 e 20 (Tabela 4). Em relação à concentração de coliformes fecais, o maior valor também foi encontrado nos pontos 8, 10 (>24000 NMP/100ml) e 22 (11000), enquanto que a menor concentração foi encontrada nos pontos 6, 7, 20 e 21 (Valores Ausentes).

Tabela 4: Abundância de coliformes totais e fecais nos pontos amostrados no reservatório da UHE Cana Brava em julho de 2004.

Pontos de Coleta	Coliformes totais NMP/100ml	Coliformes fecais NMP/100ml
1	15	9
2	1100	83
5	9	7
6	0	0
7	3	0
8	>24000	>24000
10	>24000	>24000
15	43	9
18	430	83
19	9	7
20	0	0
21	3	0
22	>24000	11000

CONCLUSÃO

Considerando que as águas do sistema monitorado enquadram-se na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 20/86, os resultados obtidos no programa de monitoramento da qualidade da água do reservatório da UHE de Cana Brava foram contrastados com as condições limnológicas preconizadas pela referida resolução:

- Com relação às variáveis turbidez, Cloretos, STD, nitrato e nitrito, todos os pontos apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA, como observado nos demais meses monitorados (ver relatórios anteriores). Dessa forma, a utilidade dessas variáveis para fins de monitoramento pode ser questionada, tendo em vista que locais claramente poluídos, como o ponto 22 no rio Bonito nunca apresentaram valores próximos ao limite estabelecido pela resolução. Tais limites deveriam, assim, ser repensados.

- A concentração de oxigênio dissolvido apresentou valores abaixo do limite preconizado pelo CONAMA apenas nas maiores profundidades, e na superfície do ponto 1 e 15. A demanda bioquímica de oxigênio apresentou valores acima do limite estabelecido pela resolução apenas no ponto 22, rio Bonito.

- As águas dos pontos 18, 19 e 20 apresentaram valores mais ácidos de pH (média de 5,45 na superfície destes pontos), menores do que o preconizado pela resolução (entre 6 e 9).

- Com relação às concentrações de alguns íons e nutrientes, a concentração de ferro total ultrapassou o limite estabelecido pela resolução (0,3 mg/l) apenas no ponto 10. A concentração de sulfeto ultrapassou o limite (0,002 mg/l) apenas no ponto 1, em todas as profundidades. O nitrogênio amoniacal apresentou concentrações acima do limite estabelecido pela resolução (0,02 mg/l) apenas na superfície e meio do ponto 1 e no ponto 22.

- Em geral, a concentração de orto-fosfato aumentou no mês de julho de 2004, como discutido anteriormente neste relatório. Somente os pontos 8, 15 e

o fundo do ponto 6, apresentaram concentrações inferiores ao limite do CONAMA (0,025 mg/l).

- A abundância de coliformes totais e fecais foi superior ao limite preconizado pelo CONAMA nos pontos 8, 10 e 22. Como demonstrado em relatórios anteriores, o Córrego Varjão (ponto 8), o rio do Carmo (ponto 10) e o rio Bonito (ponto 22), são os locais que apresentam os maiores valores de abundância de coliformes totais e fecais, provavelmente devido a proximidade de residências nestes locais.

De maneira geral, as concentrações de íons e alguns nutrientes diminuíram em julho de 2004 (período de estiagem), quando comparadas com o período de chuvas (dezembro de 2003). Provavelmente, a redução das taxas de escoamento superficial e das cargas de materiais provenientes dos ambientes terrestres, durante o período de estiagem, explique estes resultados. Somente as concentrações de orto-fosfato merecem atenção especial. O monitoramento contínuo indicará possíveis fontes de poluição.

Além disso, as diferentes profundidades amostradas no corpo central do reservatório demonstraram similaridade nos valores dos diferentes parâmetros. Desta maneira, provavelmente durante o período de estiagem ocorra mistura da coluna da água, o que também pode ser evidenciado pelo perfil vertical da coluna da água do ponto 21. A permanência de estratificação térmica no reservatório de Cana Brava no verão (período de chuvas) e mistura da coluna da água no inverno (período de estiagem), só será evidenciada com a continuidade do monitoramento limnológico. Ainda é cedo (poucos dados de perfis sazonais) para afirmar que o reservatório apresenta um padrão monomítico quente.

Tabela 5. Resultados da campanha julho /2004 na UHE de Cana Brava. DP = desvio padrão.

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22	Média	DP
Acidez (mg/l)	S	8	6	4	4	3,6	4	3,2	3,2	4	4	4	3,6	6	4,43	1,39
	M	6			3,2							3,6	3,2		4	1,35
	F	5,2			4							3,6	3,2		4	0,86
Alcalinidade (mg/l)	S	32	20	27,2	37,2	34	42	52,8	34	35,2	34	34,8	36	82	38,6	15
	M	33,6			37,6							37	34		35,6	2,04
	F	37,6			37,6							33,6	33,2		35,5	2,43
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	3,97	1,65
	M	2,8			3,6							4,8	6		4,3	1,4
	F	3,2			4							4,8	6		4,5	1,19
Condutividade elétrica (µS/cm)	S	74	43	44	76	77	92	107	79	84	80	76	76	172	83,1	31,6
	M	78			77							77	79		77,8	0,96
	F	79			79							78	77		78,3	0,96
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	4,66	1,27
	M	5,4			4,95							4,5	3		4,46	1,04
	F	5,25			6							3,75	3,75		4,69	1,13
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	33,8	14,5
	M	30,4			31,2							33,2	30		31,2	1,42
	F	29,6			29,6							32	26		29,3	2,47
DBO (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	2,6	1,6
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	0,12	0,09
	M	0,19			0,09							0,04	0,01		0,08	0,08
	F	0,18			0,23							0,08	0,09		0,15	0,07
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	0,27	0,06
	M	0,3			0,3							0,3	0,3		0,3	0
	F	0,2			0,2							0,3	0,2		0,23	0,05
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	0,01	0
	M	0,01			0,01							0,01	0,01		0,01	0
	F	0,01			0,01							0,01	0,01		0,01	0

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22	Média	DP
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	0,01	0,01
	M	0,04			0,01							0	0		0,01	0,02
	F	0,02			0,02							0,01	0,02		0,02	0,01
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	0,17	0,14
	M	0,28			0,09							0,26	0,22		0,21	0,09
	F	0,04			0,01							0,23	0,26		0,14	0,13
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	6,4	1,35
	M	4,85			4,88							5,33	5,66		5,18	0,39
	F	4,65			5,23							3,51	2,9		4,07	1,06
% 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	77,5	14,9
	M	58,6			59,6							65,7	70,2		63,5	5,45
	F	56			64,2							44,1	36,7		50,3	12,2
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	6,66	0,89
	M	7,36			6,68							3,15	7,06		6,06	1,96
	F	7,01			7,16							3,38	6,96		6,13	1,83
STD (mg/l)	S	37	21	22	38	38	44	54	39	41	40	38	38	86	41,2	15,9
	M	39			38							38	39		38,5	0,58
	F	39			39							39	38		38,8	0,5
Sulfato (mg/l)	S	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,08	0,28
	M	2			1							1	1		1,25	0,5
	F	2			1							1	1		1,25	0,5
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	0,002	0,001
	M	0,003			0,001							0,001	0,001		0,002	0,001
	F	0,003			0,001							0,001	0,001		0,002	0,001
Temp do ar (°C)		21	26	29	32	30	30	25	25	30	30	33	30	22	27,9	3,75
Temp da água (°C)	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	25,4	2,41
	M	24,7			25,5							26,2	26,4		25,7	0,77
	F	24,7			25,8							26,9	26,4		26	0,95

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22	Média	DP
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	1,85	1,23
	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	1,72	1
Turbidez (NTU)	M	3,16			2,75							0,95	0,83		1,92	1,2
	F	2,85			5							2,28	2,22		3,09	1,31

REFERÊNCIA

ESTEVEES, F.A. 1998. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência.

KALFF, J. 2002. Limnology. New Jersey: Prentice Hall.

WETZEL, R.G. 1983. Limnology. Phyladelphia: W.B. Saunders. 743p.