



**UHE CANA BRAVA
PROGRAMA MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO**

FASE OPERAÇÃO

**XXIII RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL REFERENTE À
CAMPANHA DE NOVEMBRO DE 2008**

JANEIRO DE 2009

EQUIPE RESPONSÁVEL

Coordenadora do laboratório

Bióloga M.Sc. Juliana Machado do Couto

Trabalhos de campo e laboratório

Bióloga M.Sc. Carolina Bussadori Piva

Bióloga Kátia Bittar Haddad

Bióloga Lívia Naves de Moraes

Téc. Wagner Batista Xavier

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	01
2. METODOLOGIA	02
3. RESULTADOS	05
3.1. Parâmetros físicos e químicos	05
3.2. Perfil vertical do ponto 21	17
3.3. Parâmetros bacteriológicos	19
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
5. BIBLIOGRAFIA	21
ANEXO I	22

1. APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico da Usina Hidrelétrica Cana Brava, referente à coleta realizada em novembro de 2008.

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

O conteúdo deste Relatório Técnico inclui:

- (i) descrever os métodos analíticos que foram utilizados para determinação das variáveis físicas, químicas e bacteriológicas;
- (ii) apresentar os resultados obtidos em novembro de 2008, em 13 pontos de monitoramento localizados no reservatório da UHE Cana Brava e, assim, contribuir com a caracterização limnológica deste trecho;
- (iii) comparar os resultados obtidos com os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, para águas da Classe 2;

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. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) foi determinada apenas na 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, (potenciômetro digital), oxigênio dissolvido, 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. A porção iluminada da coluna da água é denominada zona eufótica, e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. O limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação correspondente a 1% da que atinge a superfície. Esta profundidade da coluna da água é também chamada de “ponto de compensação”, uma vez que a produção primária líquida é aproximadamente igual à respiração das comunidades (Esteves, 1998; Kalff, 2002). 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.

Análise das amostras

As amostras destinadas à análise laboratorial foram preservadas, e encaminhadas para o laboratório de limnologia em Goiânia para realização das análises. A determinação dos parâmetros físicos e químicos foi analisada segundo os métodos do manual de operação do laboratório portátil DR 2010 da HACH, conforme relacionados na Tabela 2.

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

Tabela 2. 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
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
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
Fósforo total	Espectrofotometria pelo método do Ácido Ascórbico	0 – 2,50 mg/L PO ₄ ³		4500 - P
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 ²⁻	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).

3. RESULTADOS

Os resultados das análises dos parâmetros físicos e químicos se encontram no Anexo I.

3.1. Parâmetros Físicos e Químicos

Temperatura e oxigênio

Em novembro de 2008, a temperatura média do ar foi igual a 26,5°C (Figura 1A). Os valores da temperatura da água variaram entre 25,0°C e 30,97°C, na superfície da coluna da água. Em média, as maiores profundidades apresentaram os menores valores da temperatura da água (média = 28,43°C na superfície; 28,27°C no meio e 28,1°C no fundo da coluna da água), no entanto, tal diferença não foi significativa (Figura 1B). A maior diferença nos valores de temperatura mensurados na superfície e fundo dos pontos monitorados (1,56°C) foi obtida no ponto 20 (meio do reservatório). Tal diferença foi inferior àquela obtida em maio e agosto de 2008 (maior diferença igual a 2,52°C em maio e 2,02°C em agosto). Nos demais locais, as diferenças nos valores de temperatura obtidas entre a superfície e fundo dos pontos de coleta foi menor (0,06°C no ponto 1; 1,05°C no ponto 6 e 0,19°C no ponto 21). Dessa maneira, assim como observado em maio e agosto de 2008, em novembro, provavelmente, não houve estratificação térmica no trecho monitorado.

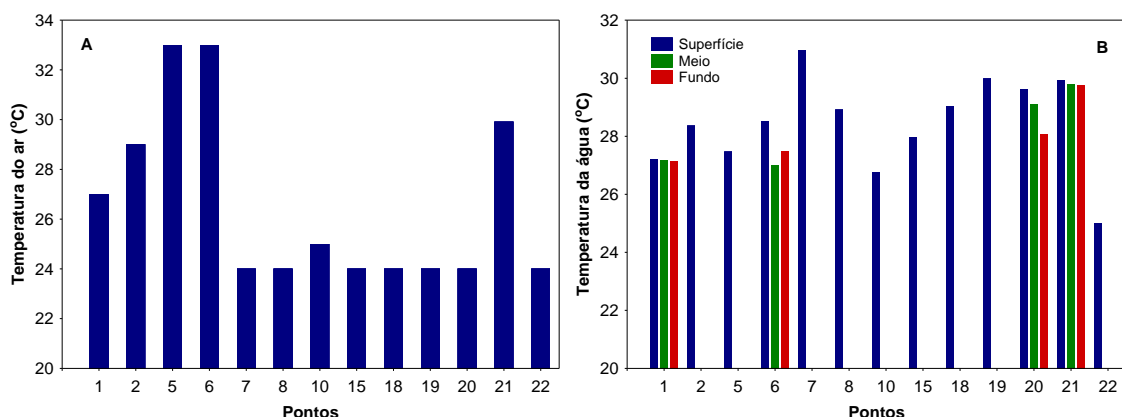
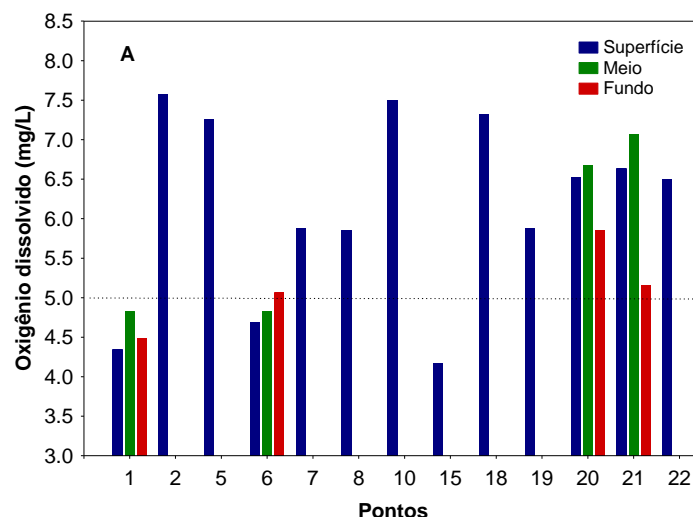


Figura 1. Valores da temperatura do ar (A) e da água (B).

As concentrações de oxigênio dissolvido foram, em média, iguais a 6,16 mg/l; 5,85 mg/l e 5,14 mg/l, na superfície, meio e fundo, respectivamente. Na superfície da coluna da água, as concentrações variaram entre 4,17 mg/l (ponto 15 – jusante da barragem) e 7,57 mg/l (ponto 2 – rio Preto) (Figura 2A). Considerando o limite mínimo preconizado pela resolução CONAMA n° 357/2005 para água da classe 2 (5,0 mg/L), a superfície dos pontos 1 (foz do córrego Florêncio), 6 (foz do rio São Félix) e 15 (jusante da barragem), meio dos pontos 1 e 6, e fundo do ponto 1, apresentaram concentrações inferiores ao referido limite.

Assim como observado em maio e agosto de 2008, o ponto 1 (foz do córrego Florêncio) apresentou baixas concentrações desse gás ao longo de toda a coluna d'água. De maneira geral, baixas concentrações de oxigênio são freqüentemente mensuradas nos pontos 1 e 15 (ver relatório referente à agosto de 2008).

O mesmo padrão foi observado considerando a porcentagem de saturação de oxigênio, que foi, em média, igual a 76,6% na superfície, 71,9% no meio e 59,8% no fundo dos pontos amostrados. A menor porcentagem (40,4%) foi mensurada no meio do ponto 1 (foz do córrego Florêncio; Figura 2B).



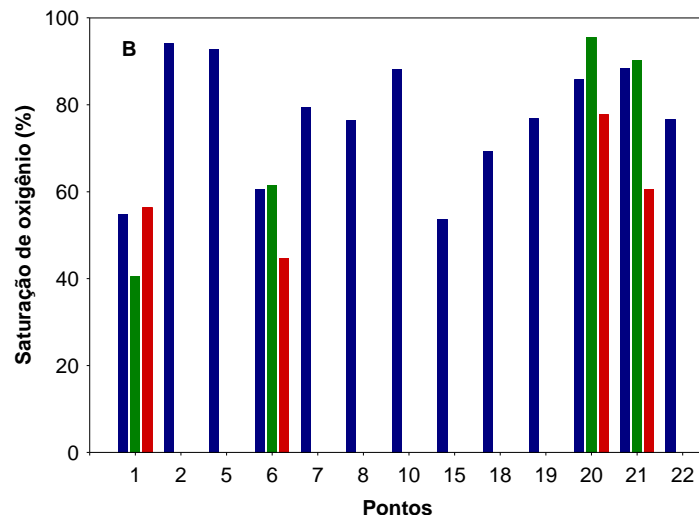


Figura 2. Concentração de oxigênio dissolvido (A) e porcentagem de saturação de oxigênio (B) em novembro de 2008.

Variáveis indicadoras de luminosidade subaquática

Considerando as variáveis indicadoras de luminosidade subaquática, pode-se afirmar que o reservatório da UHE Cana Brava apresenta elevada transparência da água. Em novembro, a maior transparência (profundidade do disco de Secchi) foi mensurada no ponto 20 (meio do reservatório; 3,4 metros) (Figura 3). Em média, os valores de transparência obtidos em novembro (média = 2,3 metros) foram inferiores àqueles obtidos em maio (média = 3,8 metros) e agosto de 2008 (2,9 metros), ou seja, no período de estiagem. Os pontos 10 (rio do Carmo) e 22 (rio Bonito), apresentaram valor de transparência total, tendo em vista que são tributários com menor profundidade.

Os valores de turbidez da água foram, em média, iguais a 82,8 NTU; 5,27 NTU e 31,9 NTU, na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (>1000 NTU) foi mensurado no ponto 22 (rio Bonito) (Figura 4). Assim, somente o ponto 22 apresentou valor de turbidez superior ao limite preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU).

De maneira geral, tais valores foram superiores àqueles obtidos em maio e agosto de 2008, período de estiagem (média na superfície da coluna da água igual a 2,56 NTU em maio e 1,98 NTU em agosto) e similares àqueles mensurados em fevereiro, período de chuvas, onde o maior valor também foi registrado no ponto 22 (média na superfície igual a 61,5 NTU). Assim, durante o período de chuvas (fevereiro e novembro de 2008), o rio Bonito é

significativamente afetado pelo transporte do material orgânico e inorgânico terrestre para o sistema aquático, o que afeta, principalmente, a concentração de material em suspensão na água e, conseqüentemente, os valores de turbidez.

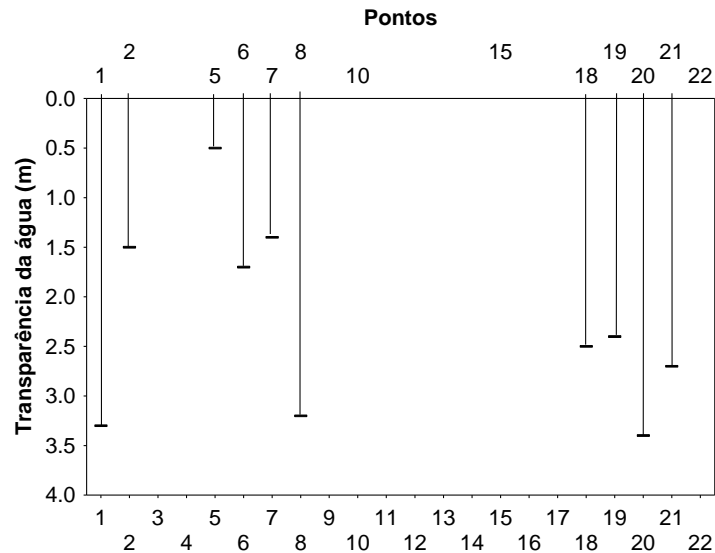


Figura 3. Valores de transparência da água.

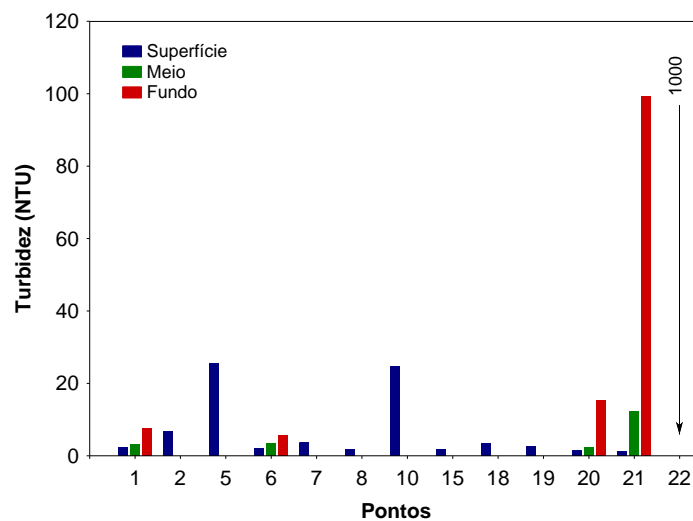


Figura 4. Valores de turbidez.

pH, condutividade elétrica, STD, alcalinidade, acidez e dureza

Em novembro, os valores médios de pH foram iguais a 7,05; 7,09 e 7,22, na superfície, meio e fundo, respectivamente (Figura 5). Todos os locais monitorados apresentaram valores de pH dentro dos limites estabelecido pela

resolução CONAMA para águas de classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0). De maneira geral, as águas do reservatório podem ser consideradas neutras.

Os valores de condutividade elétrica foram, em média, iguais a 102,4 $\mu\text{S/cm}$ na superfície, 116,25 $\mu\text{S/cm}$ no meio e 115,75 $\mu\text{S/cm}$ no fundo (Figura 6A). Na superfície da coluna da água, tais valores variaram entre 49 $\mu\text{S/cm}$ no ponto 5 (rio São Félix) e 123 $\mu\text{S/cm}$ no ponto 7 (foz do rio Bonito). Comparando com os demais meses monitorados em 2008, em média, os maiores valores de condutividade elétrica foram obtidos em novembro (média na superfície igual a 81,76 $\mu\text{S/cm}$ em fevereiro; 90,08 $\mu\text{S/cm}$ em maio e 92,7 $\mu\text{S/cm}$ em agosto).

As concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) variaram entre 31 mg/L (ponto 5) e 72 mg/L (superfície dos pontos 1 e 7, meio do ponto 6 e fundo do ponto 21) (Figura 6B). Assim, todos os locais apresentaram concentrações de sólidos totais dissolvidos inferiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005 (500 mg/L). Em novembro de 2007 também foi registrado elevado valor de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos no ponto 7 (foz do rio Bonito).

De maneira geral, não houve diferença significativa entre as profundidades amostradas, considerando os valores de pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.

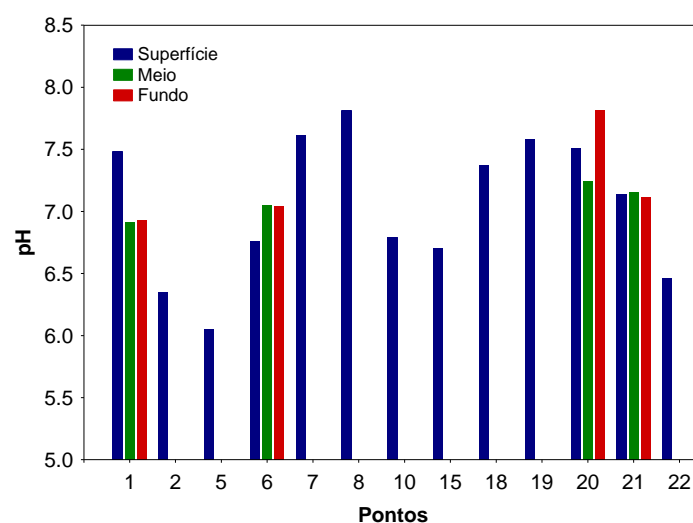


Figura 5. Valores de pH.

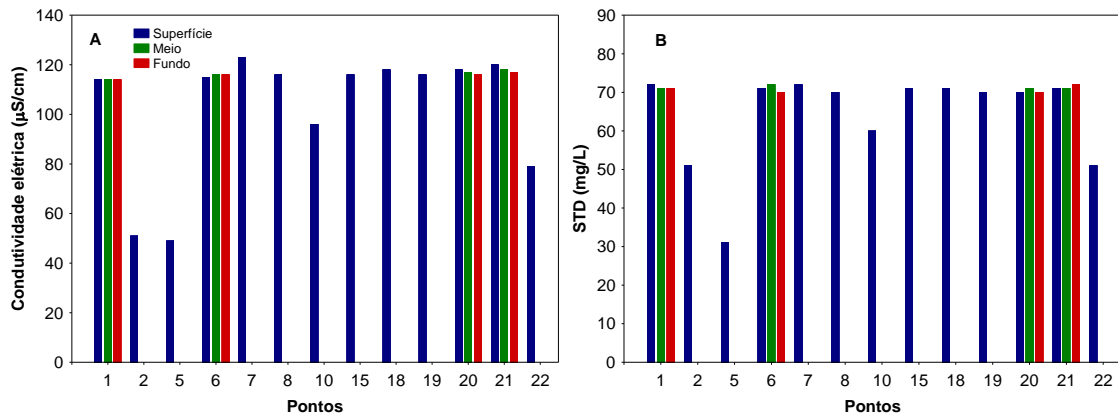


Figura 6. Valores de condutividade elétrica (A) e sólidos totais dissolvidos (STD; B).

Em média, os valores de alcalinidade foram iguais a 36,9 mg/L na superfície; 41 mg/L no meio e 42 mg/L no fundo (Figura 7). Tais valores foram similares àqueles mensurados em maio e agosto de 2008. O maior valor (46 mg/L) foi registrado no ponto 18 (Praia de Minaçu). Os valores de acidez variaram entre 3,0 mg/l (pontos 2 e 6) e 12 mg/l (ponto 22 – rio Bonito), o que indica menores concentrações de íons carbonato e bicarbonato no ponto 22 (Figura 8).

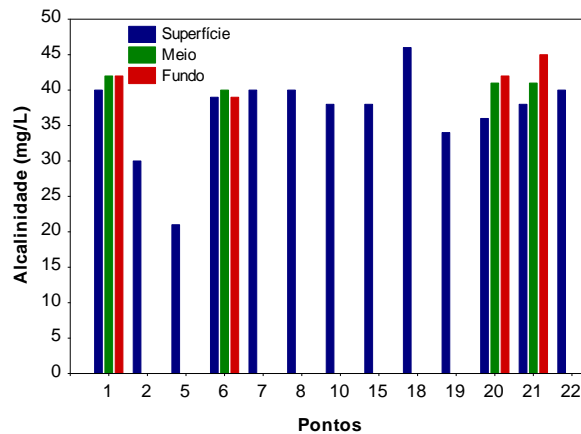


Figura 7. Valores de alcalinidade.

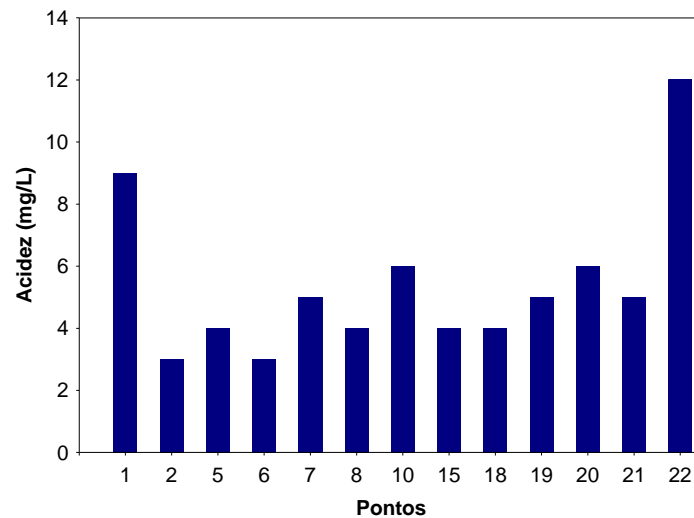


Figura 8. Valores de acidez.

Em novembro, os valores de dureza mensurados na superfície da coluna da água, variaram entre 40 mg/l (ponto 2 – rio Preto) e 68 mg/l (pontos 1, 8 e 18) (Figura 9). Em média, tais valores foram iguais a 61,2 mg/L na superfície; 67 mg/L no meio e 67,5 mg/L no fundo. Águas com valor de dureza inferior 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. Esta classificação não tem aplicação biológica, somente é importante em termos de tratamento de água (Baumgarten e Pozza, 2001). Assim, as águas do reservatório da UHE Cana Brava podem ser classificadas como mole. Resultado similar foi obtido em meses anteriores.

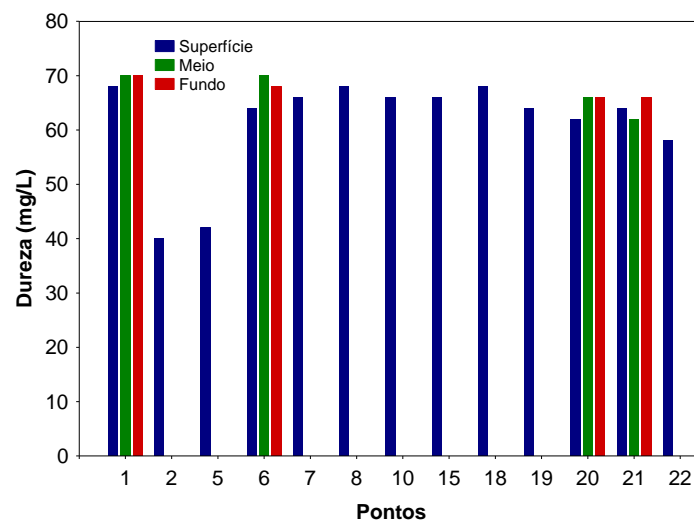


Figura 9. Valores de dureza.

Íons cloreto, sulfato, sulfeto e ferro

No trecho monitorado da UHE Cana Brava, as concentrações de cloreto variaram entre 0,4 mg/L (fundo do ponto 20) e 1,2 mg/L. Todos os locais amostrados apresentaram concentrações de cloreto inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (250 mg/L), assim como observado nos demais meses de monitoramento (Figura 10). Como destacado no relatório anterior (referente a agosto de 2008), a análise das concentrações de cloreto sugere que dificilmente o limite máximo de 250 mg/l, será ultrapassado, mesmo nos pontos de coleta que apresentam evidentes problemas de qualidade da água, tendo em vista os valores médios obtidos entre julho de 2003 e novembro de 2008 (média = 1,26 mg/L no corpo central do reservatório e 1,41 mg/L nos tributários).

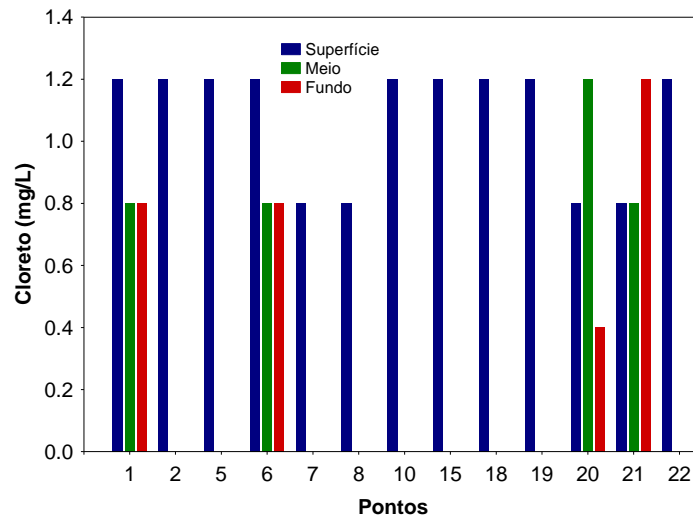


Figura 10. Concentração de cloreto.

Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais frequentes, sendo que o íon sulfato assume maior importância na produtividade do ecossistema, visto que constitui a principal fonte de enxofre para os produtores primários (Esteves, 1998). Em novembro, as concentrações de sulfato foram inferiores ao limite de detecção do método em grande parte dos pontos monitorados. Somente a superfície dos pontos 2 e 5, e o meio e fundo do ponto 6 apresentaram concentrações de sulfato detectáveis (Figura 11A). Assim, todas as concentrações de sulfato foram

inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357 de 2005 (250 mg/l).

As concentrações de sulfeto variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<0,001 mg/L) e 0,029 mg/L (ponto 22 – rio Bonito) (Figura 11B). Frequentemente, elevadas concentrações de sulfeto são mensuradas no rio Bonito. Em novembro, concentrações de sulfeto superiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA (0,002 mg/l), foram obtidas nos pontos 5, 10, 15, 21 (todas as profundidades) e, principalmente, no ponto 22.

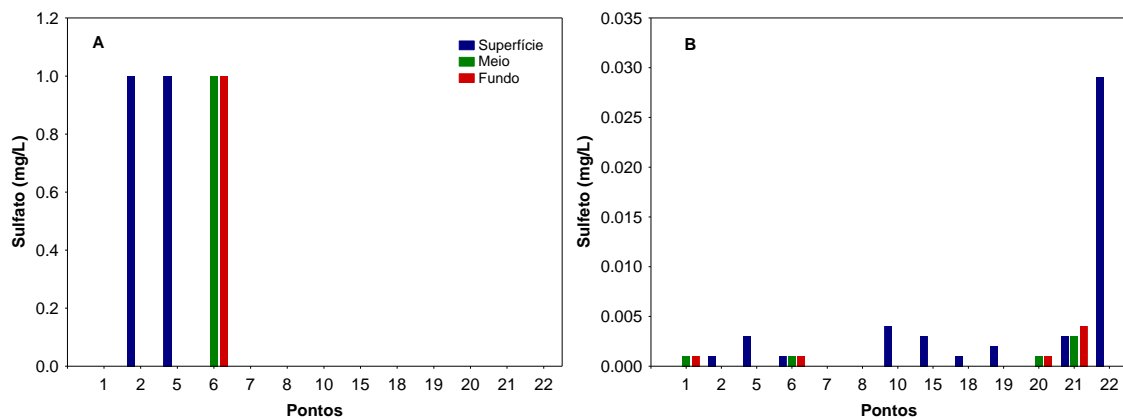


Figura 11. Concentração de sulfato (A) e sulfeto (B).

Em novembro de 2008, a concentração média de ferro total nas águas do reservatório foi de 0,87 mg/L na superfície; 0,61 mg/L no meio e 1,75 mg/L no fundo (Figura 12). Tais concentrações variaram entre 0,1 mg/L (superfície do ponto 21) e 7,6 mg/L (ponto 22 – rio Bonito). Elevada concentração de ferro também foi mensurada no rio Bonito em fevereiro de 2008. De maneira geral, as menores concentrações de ferro foram obtidas durante o período de estiagem, tendo em vista as maiores concentrações de oxigênio dissolvido na água nesse período. Em ambientes onde predominam condições redox (baixas concentrações de oxigênio), grande parte dos íons de ferro encontra-se na forma reduzida (Fe^{2+}), tornando-se solúvel no ambiente aquático.

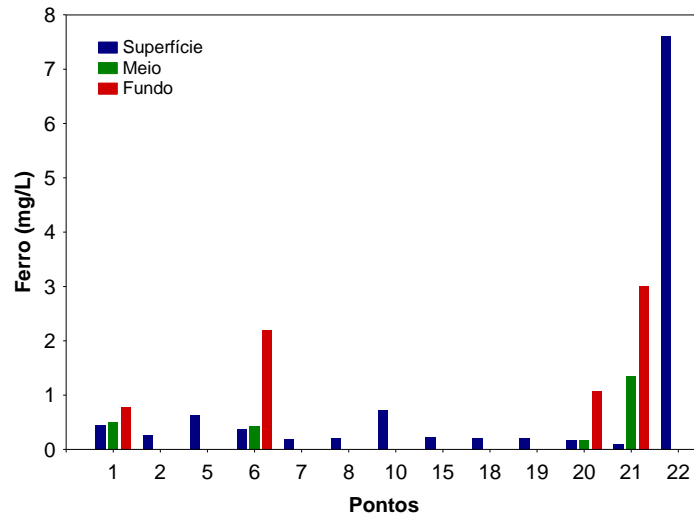


Figura 12. Concentração de ferro total.

Nutrientes

Juntamente com o nitrogênio, o fósforo é o principal nutriente responsável pelo processo de eutrofização dos ecossistemas aquáticos (Kalf, 2002; Baumgarten e Pozza, 2001). Em novembro, as concentrações de orto-fosfato foram, em média, iguais a 0,0048 mg/L na superfície; 0,0052 mg/L no meio e 0,0034 mg/L no fundo (Figura 13). Tais concentrações foram similares às obtidas em agosto de 2008. A maior concentração de orto-fosfato (0,017 mg/L) foi mensurada no rio Bonito (ponto 22), corroborando os maiores valores de ferro nesse ambiente.

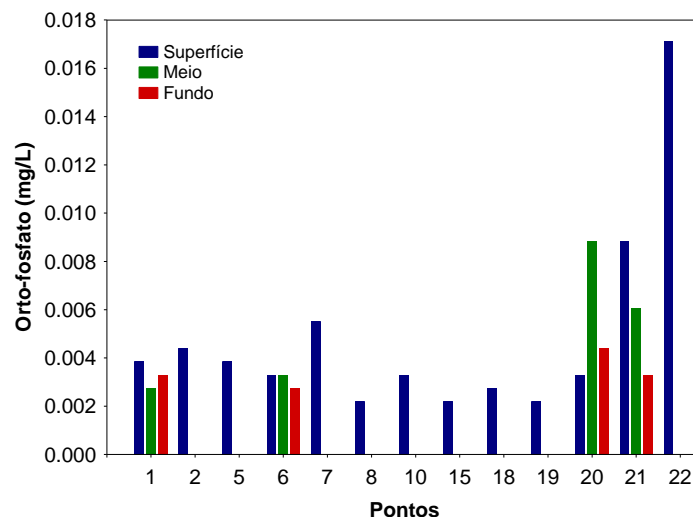


Figura 13. Concentração de orto-fosfato.

As concentrações de nitrato variaram entre valores abaixo do limite de detecção do método e 1,1 mg/L (ponto 22 – rio Bonito) (Figura 14). Todos os locais amostrados apresentaram concentrações de nitrato inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA para águas de classe 2 (10 mg/l), assim como observado nos demais meses de monitoramento. As concentrações de nitrito variaram entre 0,008 mg/L e 0,023 mg/L (ponto 22) (Figura 15). Todos os locais e profundidades amostradas apresentaram concentrações de nitrito inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (1,0 mg/l). As concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método e 0,57 mg/L (ponto 22) (Figura 16). De acordo com os valores de pH nas águas monitoradas, pode-se afirmar que as concentrações de nitrogênio amoniacal foram inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (3,7 mg/l para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/l para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; e 1,0 mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$).

De maneira geral, houve um aumento nas concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal em novembro de 2008, comparando com maio e agosto de 2008. No entanto, mesmo considerando essas maiores concentrações, tais valores foram inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA.

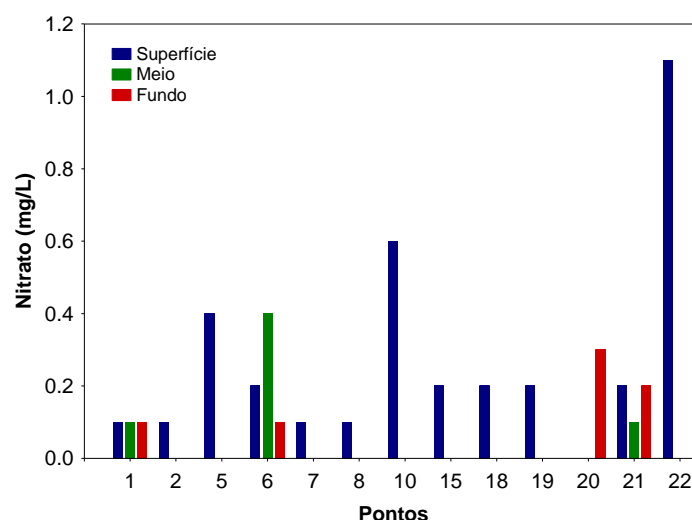


Figura 14. Concentração de nitrato.

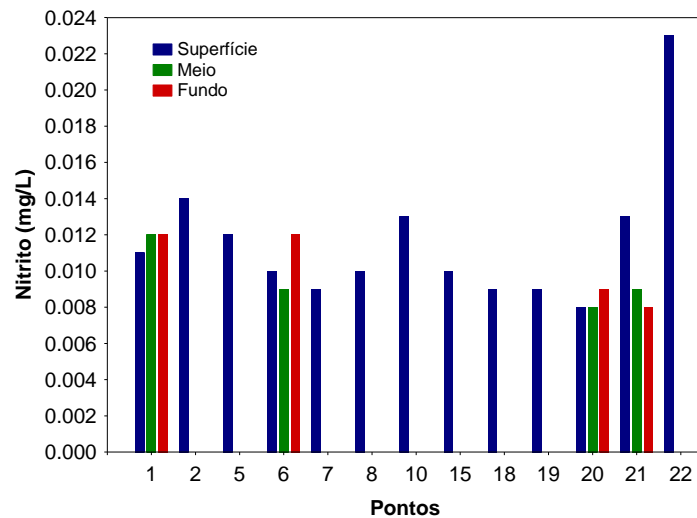


Figura 15. Concentração de nitrito.

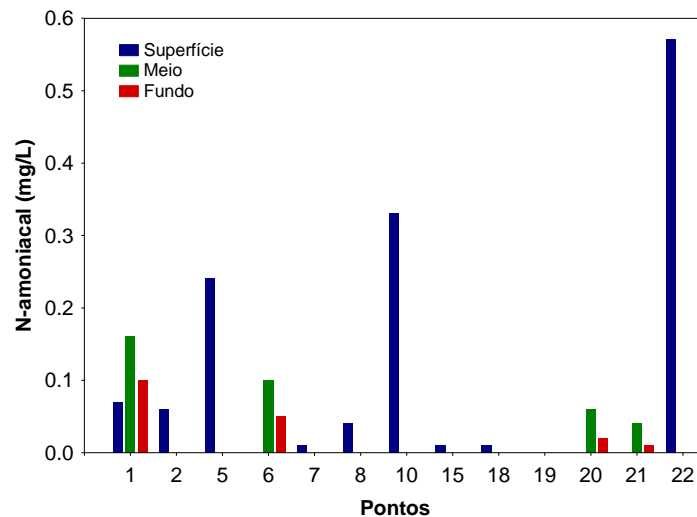


Figura 16. Concentração de nitrogênio amoniacal.

Em novembro de 2008, os valores de DBO_5 variaram entre 0,1 mg/L e 3,5 mg/L (ponto 5 –rio São Félix) (Figura 17). Em média, em 2008, os menores valores de DBO_5 foram registrados em novembro (média = 3,69 mg/L em fevereiro; 3,81 mg/L em maio; 1,45 mg/L em agosto e 1,31 mg/L em novembro de 2008). Além disso, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram valores de DBO_5 inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução n° 357 de março de 2005 (5,0 mg/l).

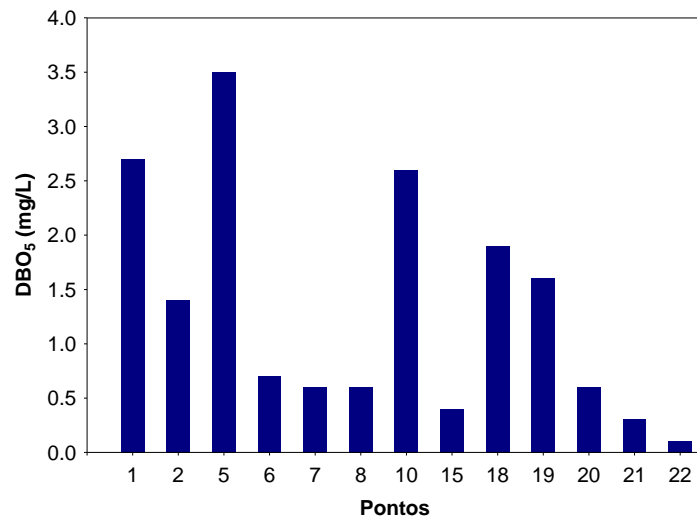


Figura 17. Valores de DBO₅.

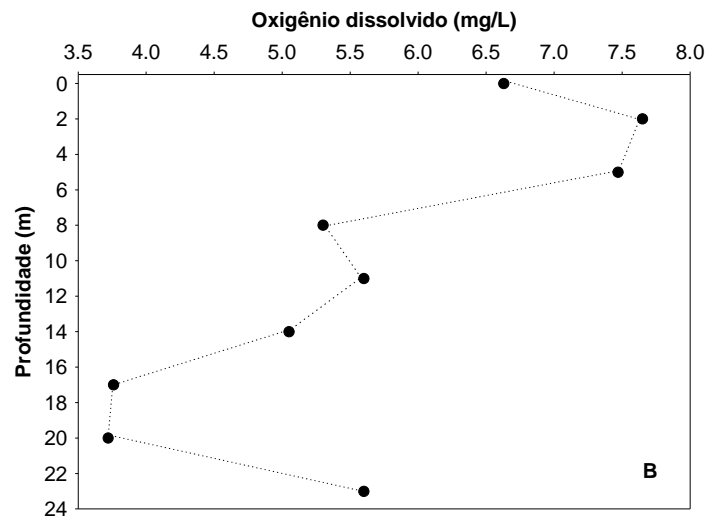
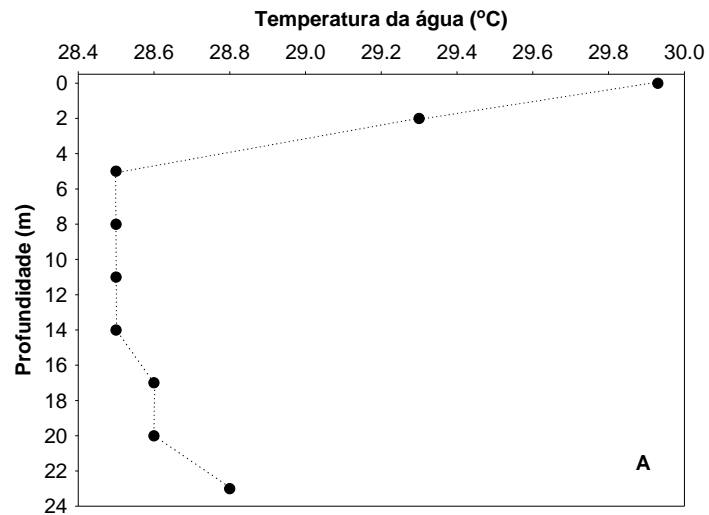
3.2. Perfil vertical do ponto 21 (próximo à barragem)

O perfil vertical do ponto 21 tem como objetivo verificar a existência de estratificação térmica. Foi obtida a temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio (quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura) (Figura 18).

Em novembro de 2008, a camada superficial e de fundo (23 metros) apresentaram diferenças de temperatura de 1,13°C, inferior àquela observada em agosto de 2008 (diferença = 2,38°C). Por outro lado, em fevereiro e maio de 2008 foram registradas menores diferenças nos valores de temperatura (0,03°C em fevereiro e 0,94°C em maio). Os menores valores de temperatura foram obtidos entre 5 e 14 metros. No entanto, mesmo considerando a diferença de temperatura entre a superfície e a 14 metros de profundidade (diferença igual a 1,43°C), essa diferença ainda é pequena, indicando ausência de estratificação térmica. Em novembro de 2007 registrou-se uma diferença de 3,4°C, o que afetou a concentração de oxigênio dissolvido nas maiores profundidades.

Em novembro de 2008, a concentração de oxigênio dissolvido apresentou uma diferença igual a 3,9 mg/L, entre a maior e menor concentração (maior concentração a 2 metros de profundidade e menor a 20

metros). No entanto, observou-se que toda a coluna da água estava bem oxigenada nesse mês (>5,0 mg/L), com exceção somente das concentrações a 17 e 20 metros de profundidade. Assim, pode-se afirmar que nesse mês não foi observado estratificação térmica e química da coluna da água no reservatório da UHE Cana Brava, similar ao observado em fevereiro e maio de 2008.



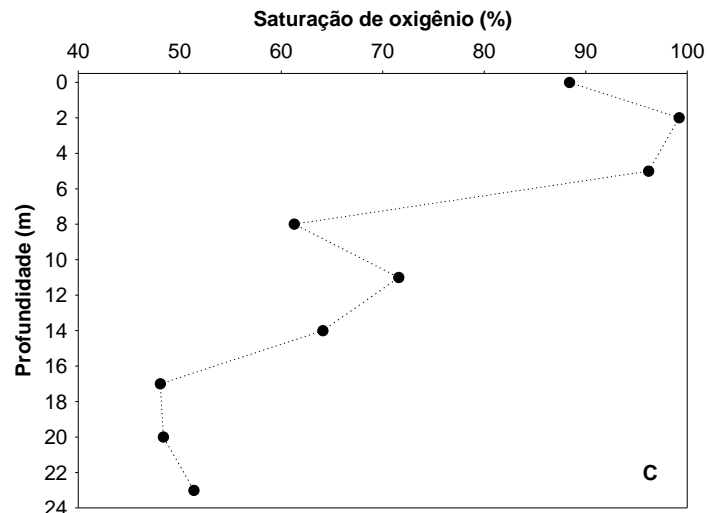


Figura 18. Gradiente vertical de temperatura (A), oxigênio dissolvido (B) e porcentagem de saturação de oxigênio (C), no ponto 21, em novembro de 2008.

3.3. Parâmetros Bacteriológicos

Em novembro de 2008, a densidade de coliformes totais no reservatório da UHE Cana Brava variou entre 36 NMP/100ml (ponto 15 – jusante da barragem) e >16000 NMP/100ml (pontos 10 e 22) (Tabela 3). A densidade de coliformes fecais (termotolerantes) variou entre valores ausentes (pontos 8, 15 e 21) e >16000 NMP/100ml (ponto 22 – rio Bonito).

De acordo com a resolução CONAMA, para águas de classe 2, no mês de novembro, somente o ponto 22 (rio Bonito) apresentou densidade de coliformes fecais (termotolerantes) acima do limite permitido (1000 NMP/100ml).

Entre fevereiro e novembro de 2008, o rio Bonito (ponto 22) apresentou elevadas densidades de coliformes fecais (superiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA), o que não era registrado desde abril de 2006.

Tabela 3. Densidade de coliformes totais e fecais nos pontos amostrados no reservatório da UHE Cana Brava em novembro de 2008.

Pontos	Coliformes totais (NMP/100ml)	Coliformes fecais (NMP/100ml)
1	940	91
2	140	78
5	3500	1400
6	1100	170
7	630	130
8	93	Ausente
10	>16000	1400
15	36	Ausente
18	170	20
19	83	20
20	170	20
21	78	Ausente
22	>16000	>16000

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pressupondo que as águas do sistema monitorado são enquadradas na Classe 2 da Resolução nº 357 de março de 2005 do CONAMA, grande parte do trecho monitorado, em novembro de 2008, no reservatório da UHE Cana Brava, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. As seguintes transgressões foram observadas:

- Concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 5,0 mg/L na superfície dos pontos 1 (foz do córrego Florêncio) 6 (foz do rio São Félix) e 15 (jusante da barragem), meio do ponto 1 e 6, e fundo do ponto 1;
- Valor de turbidez acima de 100 NTU no ponto 22 (rio Bonito);
- Concentração de sulfeto superior a 0,002 mg/L na superfície dos pontos 5, 10, 15, 21 e 22, meio e fundo do ponto 21;
- Densidade de coliformes fecais (termotolerantes) superior a 1000 NMP/100ml nos pontos 10 (rio do Carmo) e 22 (rio Bonito).

Comparando com maio e agosto de 2008, no mês de novembro houve um aumento nos valores de turbidez, ferro total, nutrientes nitrogenados e maiores densidades de coliformes totais e fecais. Além disso, assim como observado em maio e agosto, nesse mês, foram registradas baixas concentrações de oxigênio dissolvido em toda a coluna da água do ponto 1 (foz do córrego Florêncio), o que é preocupante, tendo em vista a morte de peixes

que ocorreu no local em anos anteriores. Além disso, as baixas concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas nas maiores profundidades do ponto 1 refletiram nas elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal nesse ambiente (ambiente redutor). De maneira similar, o ponto 15 (jusante da barragem) também apresentou baixas concentrações desse gás.

Assim como destacado no relatório referente a agosto de 2008, a análise temporal dos dados indicam que os maiores valores de turbidez, ferro total, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e DBO₅ são, freqüentemente, registrados nos tributários do reservatório. Em novembro de 2008, os maiores valores de turbidez, acidez, ferro total, sulfeto, orto-fosfato, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, coliformes totais e fecais foram obtidos no ponto 22 (rio Bonito), corroborando com os resultados discutidos em agosto de 2008.

Além disso, a análise do perfil vertical do ponto 21 (próximo à barragem) indicou que, em novembro de 2008, houve pequena diferença nos valores de temperatura da água e nas concentrações de oxigênio dissolvido entre a superfície e o fundo da coluna da água. Somente nas profundidades de 17 e 20 metros foram registradas baixas concentrações de oxigênio dissolvido (3,76 mg/L e 3,72 mg/L, respectivamente). Assim, pode-se afirmar que em novembro de 2008 não foi observado estratificação térmica e química da coluna da água no reservatório da UHE Cana Brava. Resultado similar foi obtido em fevereiro e maio de 2008.

5. BIBLIOGRAFIA

American Public Health Association (APHA) (1998) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19th edn. American Public Health Association Publications, Washington DC.

Baumgarten, M. G. Z., Pozza, S. A., 2001. *Qualidade de águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental*. Rio Grande: Editora FURG, 166p.

Esteves, F.A. (1998) *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência.

Wetzel, R. G., Linkens, G.E. (2000) *Limnological analyses*. New York: Springer-Verlag.

ANEXO I

RESULTADOS DA CAMPANHA DE NOVEMBRO DE 2008

Resultados referentes à campanha de novembro de 2008 na UHE Cana Brava.

Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura ambiente (°C)		27	29	33	33	24	24	25	24	24	24	24	29,91	24
Temperatura da água (°C)	S	27,2	28,36	27,46	28,52	30,97	28,91	26,76	27,95	29,04	29,98	29,62	29,93	25
	M	27,18			27							29,09	29,8	
	F	27,14			27,47							28,06	29,74	
Transparência da água (m)		3,3	1,5	0,5	1,7	1,4	3,2	total	-	2,5	2,4	3,4	2,7	-
Turbidez (NTU)	S	2,18	6,63	25,5	2,1	3,56	1,77	24,6	1,77	3,39	2,56	1,36	1,24	>1000
	M	3,25			3,3							2,33	12,2	
	F	7,59			5,6							15,4	99,3	
pH	S	7,48	6,35	6,05	6,76	7,61	7,81	6,79	6,7	7,37	7,58	7,51	7,14	6,46
	M	6,91			7,05							7,24	7,15	
	F	6,93			7,04							7,81	7,11	
Condutividade elétrica (µS/cm)	S	114	51	49	115	123	116	96	116	118	116	118	120	79
	M	114			116							117	118	
	F	114			116							116	117	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	S	4,34	7,57	7,25	4,69	5,88	5,85	7,5	4,17	7,32	5,87	6,52	6,63	6,5
	M	4,82			4,83							6,68	7,07	
	F	4,48			5,06							5,85	5,16	
Saturação de oxigênio (%)	S	54,8	94	92,7	60,5	79,4	76,3	88,1	53,6	69,3	76,8	85,7	88,4	76,6
	M	40,4			61,5							95,5	90,1	
	F	56,3			44,7							77,7	60,5	
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	S	72	51	31	71	72	70	60	71	71	70	70	71	51
	M	71			72							71	71	
	F	71			70							70	72	
Alcalinidade (mg/l)	S	40	30	21	39	40	40	38	38	46	34	36	38	40
	M	42			40							41	41	
	F	42			39							42	45	
Acidez (mg/l)	S	9	3	4	3	5	4	6	4	4	5	6	5	12
Dureza total (mg/l)	S	68	40	42	64	66	68	66	66	68	64	62	64	58
	M	70			70							66	62	
	F	70			68							66	66	

Cloreto (mg/L)	S	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	1,2
	M	0,8			0,8							1,2	0,8	
	F	0,8			0,8							0,4	1,2	
Ferro (mg/l)	S	0,44	0,26	0,63	0,36	0,18	0,2	0,72	0,22	0,21	0,2	0,17	0,1	7,6
	M	0,49			0,43							0,17	1,34	
	F	0,77			2,19							1,07	3	
Sulfato (mg/l)	S	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	M	<1			1							<1	<1	
	F	<1			1							<1	<1	
Sulfeto (mg/l)	S	<0,001	0,001	0,003	0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,003	0,001	0,002	<0,001	0,003	0,029
	M	0,001			0,001							0,001	0,003	
	F	0,001			0,001							0,001	0,004	
Orto-fosfato (mg/L)	S	0,0038	0,0044	0,0038	0,0033	0,0055	0,0022	0,0033	0,0022	0,0027	0,0022	0,0033	0,0088	0,0171
	M	0,0027			0,0033							0,0088	0,0061	
	F	0,0033			0,0027							0,0044	0,0033	
Nitrato (mg/l)	S	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,6	0,2	0,2	0,2	<0,1	0,2	1,1
	M	0,1			0,4							<0,1	0,1	
	F	0,1			0,1							0,3	0,2	
Nitrito (mg/l)	S	0,011	0,014	0,012	0,01	0,009	0,01	0,013	0,01	0,009	0,009	0,008	0,013	0,023
	M	0,012			0,009							0,008	0,009	
	F	0,012			0,012							0,009	0,008	
N-amoniaco (mg/l)	S	0,07	0,06	0,24	<0,01	0,01	0,04	0,33	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,57
	M	0,16			0,1							0,06	0,04	
	F	0,1			0,05							0,02	0,01	
DBO ₅ (mg/l)	S	2,7	1,4	3,5	0,7	0,6	0,6	2,6	0,4	1,9	1,6	0,6	0,3	0,1
Coliformes totais (NMP/100ml)	S	940	140	3500	1100	630	93	>16000	36	170	83	170	78	>16000
Coliformes fecais (NMP/100ml)	S	91	78	1400	170	130	Ausente	1400	Ausente	20	20	20	Ausente	>16000