

## **AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS DO RESERVATÓRIO DO VOSSOROCA E DE QUALIDADE DA ÁGUA DE SEUS AFLUENTES**

*Michael Mannich*<sup>1</sup>; *Vanessa Daneluz Gonçalves*<sup>2</sup>; *Julio Werner Yoshioka Bernardo*<sup>3</sup>; *Tobias Bernward Bleninger*<sup>4</sup>; *Sandro Froehner*<sup>5</sup>; *Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes*<sup>6</sup>

**RESUMO** – Foram avaliadas as concentrações de entrada de matéria orgânica dos principais afluentes do Reservatório Vossoroça (Tijucas do Sul – PR). Os rios são considerados limpos, porém, mesmo a pouca densa ocupação e atividades humanas reflete nos parâmetros de qualidade da água. O reservatório possui elevado tempo de detenção (~117 d) e, portanto, grande capacidade de diluição. No reservatório ocorre estratificação térmica nos meses quentes, controlando o transporte de solutos na massa líquida. Isto se reflete claramente nos perfis de oxigênio dissolvido variando próximo da saturação na superfície até condições anaeróbias junto ao fundo. O reservatório cuja função é de regulação de vazão para uma usina a jusante tem seu nível bastante variado ao longo do ano, expondo por longos períodos suas margens.

**ABSTRACT** – The input loads of organic matter of the main tributaries of the Vossoroça reservoir (Tijucas do Sul – PR) have been evaluated. The mains tributaries in the watershed are unpolluted, as a consequence of the few occupation and human activities. The reservoir has a high residence time (~117 d) and thus a great capacity for dilution. The reservoir is thermally stratified during warm months, limiting the vertical transport of solutes. This is reflected in the profiles of dissolved oxygen, near saturation at the surface and anaerobic conditions near the bottom. The reservoir, which function is the regularization of flow to a downstream hydropower plant, has a strong water level variation over the year, exposing its banks for long periods.

**Palavras-Chave** – Qualidade da Água, Reservatório Vossoroça, Estratificação Térmica.

---

<sup>1</sup> Doutorando PPGERHA – DHS – UFPR. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n, 81530-900. Curitiba. E-mail: mannich@ufpr.br

<sup>2</sup> Bolsista do DHS – UFPR. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n, 81530-900. Curitiba. E-mail: van\_dg@msn.com

<sup>3</sup> Bolsista do DHS – UFPR. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n, 81530-900. Curitiba. E-mail: juliowernery@gmail.com

<sup>4</sup> Professor Visitante DHS – UFPR. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n, 81530-900. Curitiba. E-mail: tobias.dhs@ufpr.br

<sup>5</sup> Professor Adjunto PPGERHA – DHS – UFPR. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n, 81530-900. Curitiba. E-mail: froehner@ufpr.br

<sup>6</sup> Professor Adjunto PPGERHA – DHS – UFPR. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n, 81530-900. Curitiba. E-mail: cris.dhs@ufpr.br

## 1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios apresentam uma série de benefícios e aspectos positivos como: produção de energia elétrica, controle e transporte de material suspenso, fonte de água para abastecimento, oportunidades de recreação, turismo e esporte, desenvolvimento de aqüicultura, navegação e implantação de corredores hidroviários, aumento do potencial de irrigação, controle de enchentes e inundações, regularização de vazões, e novas alternativas econômicas para a região (ALBUQUERQUE FILHO, *et al.*, 2010) (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Associado aos benefícios há uma série de impactos ecológicos relacionados ao barramento de um rio e formação de um reservatório: inundação de áreas com valor para atividade agropecuária, impedimento de migração de peixes, perda de vegetação e fauna terrestres, alterações na fauna e vegetação aquáticas, alterações no regime hidrológico a jusante da construção, alteração do microclima local pelo aumento das taxas de evaporação que o espelho d'água propicia, interferência no regime de transporte de sedimentos, disseminação de doenças transmitidas pela água decorrente da criação de ambiente propício para os vetores, perda de patrimônio histórico/cultural, mudanças nas atividades econômicas e usos tradicionais do solo. Podem também ocorrer efeitos sociais na população local pela realocação dos afetados na área de inundação, aglomerações urbanas temporárias e permanentes devido à atração por mão de obra, mas sem planejamento adequado e aumento da taxa de desemprego após a conclusão da obra (ALBUQUERQUE FILHO, *et al.* 2010) (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Após o enchimento podem ocorrer mudanças tróficas e deterioração da qualidade da água, especialmente aumento na concentração de matéria orgânica e decréscimo nos níveis de oxigênio dissolvido, tais impactos são devido à deterioração da qualidade da água consequência dos usos em toda a bacia como descarga de efluente industrial e doméstico não tratado ou com baixa eficiência de tratamento e resíduos de usos agrícolas. A população que habita os arredores do rio deve se adaptar a um novo ciclo hidro-social resultante da construção do reservatório e sua operação (MANNICH, 2010).

Os problemas mais comuns dos reservatórios no Brasil são: eutrofização, aumento de contaminantes, assoreamento, doenças de veiculação hídrica, salinização, baixa diversidade de espécies de peixes em comparação com rios (MANNICH, 2010).

Como sugerido por IAP (2008), o monitoramento da qualidade da água de reservatórios pode ser realizado com a adoção de índices de qualidade, como o IQAR – Índice de Qualidade da Água de Reservatórios, que classifica o reservatório em níveis de qualidade.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da água do reservatório do Vossoroca situado em Tijucas do Sul – PR, por meio da quantificação de parâmetros usuais de

qualidade da água, além de parâmetros orgânicos. Adicionalmente, pretende-se avaliar o grau de estratificação térmica do reservatório e perfis de alguns parâmetros limnológicos.

## 2. ESTUDO DE CASO

A área de estudo é a represa Vossoroca, pertencente à bacia do rio São João (Figura 1) que é o principal rio, e apresenta como corpos d'água formadores os rios Vossoroca e Fojo além do São João. O reservatório foi construído na década de 70, abrange uma área de 330 ha e um volume de  $35,7.10^6 \text{ m}^3$ , possui profundidade média de 8 m e máxima de 17 m e, tem como função principal regularizar a vazão ( $\approx 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) para a usina hidrelétrica de Chaminé, situada a 7,1 km à jusante, com capacidade de 18 MW, localizada na margem esquerda do rio São João. Nos arredores da represa predominam áreas rurais destinadas ao lazer e a montante deste lago artificial o solo é destinado à agricultura (FAVORETO *et al.*, 2003, BLENINGER *et al.*, 2010). O reservatório é submetido à grandes variações de nível d'água ao longo do ano ( $\approx 2 \text{ m}$ ), expondo suas margens.

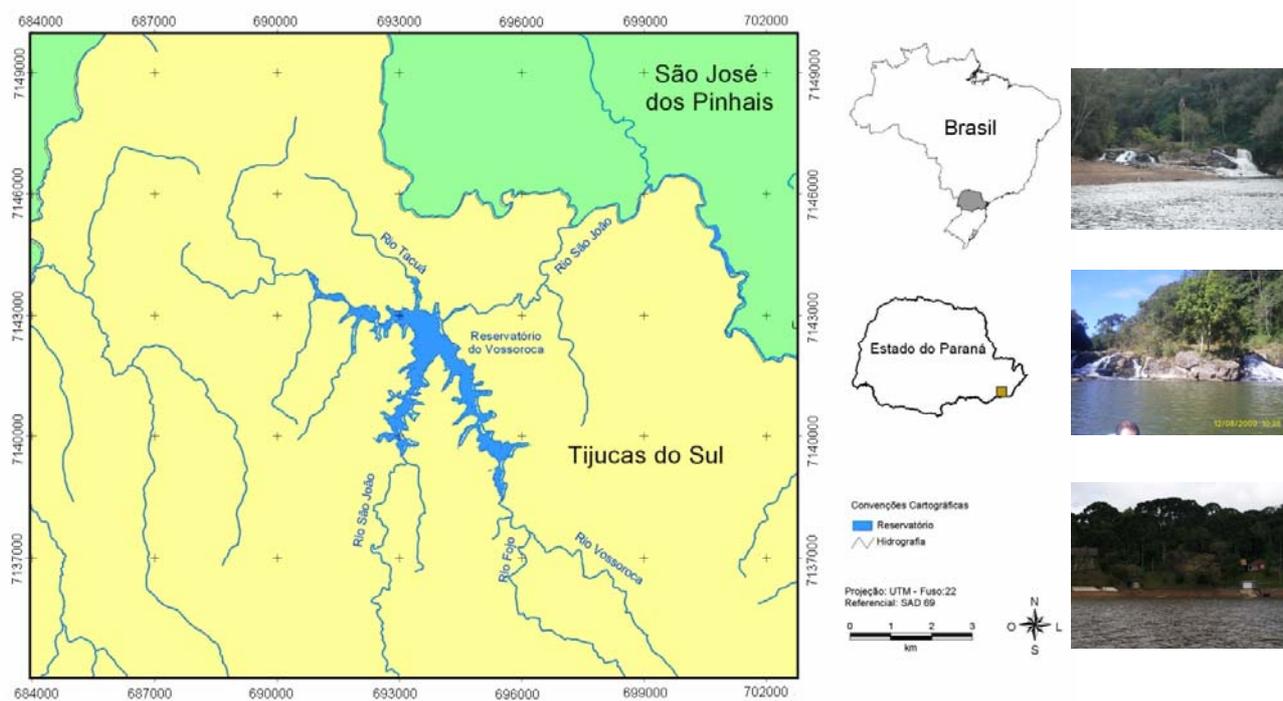


Figura 1 – Localização geográfica do reservatório Vossoroca e hidrografia local.

Fonte: FAVORETO *et al.*, 2003.

O rio São João atravessa os municípios de Tijucas do Sul e São José dos Pinhais e tem sua foz na Baía de Guaratuba, no litoral do Paraná. Este rio atravessa regiões urbanas e áreas com cobertura vegetal abundante, com predomínio de floresta tropical. O reservatório está localizado na região norte do município de Tijucas do Sul, na porção superior do rio São João. Grande parte da área de

cobertura do reservatório está inserida na Área de Preservação Ambiental (APA) de Guaratuba, com exceção de duas pequenas porções ao sul da rodovia BR 376, a qual atravessa 2 braços do reservatório (BLUM *et al.*, 2005).

A região de estudo se localiza no primeiro planalto paranaense, apresenta clima classificado como subtropical úmido com verões quentes, médias de temperatura do mês mais quente não superiores a 22°C e com mais de cinco geadas noturnas anualmente e invernos com geadas. A precipitação anual é de 1800 a 2000 mm e a altitude local corresponde a 850 m. O tipo de solo predominante é o Cambissolo na porção sul do reservatório, Podzólico vermelho-amarelado em regiões ao norte e Latossolo vermelho-amarelo ao leste da represa (SILVEIRA, 2005). Segundo Silveira (2005), a vegetação ao entorno da represa do Vossoroca compreende em grande parte Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Araucária). Na porção mais oriental observam-se elementos característicos da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica) ocorrendo de maneira esparsa.

A montante da represa, o rio São João passa por áreas rurais do município de Tijucas do Sul e São José dos Pinhais com pouca alteração natural por meio antrópico. Naquele, encontra-se áreas essencialmente agrícolas com destaque para produção de milho, feijão e hortaliças. O manejo das culturas é realizado de forma tradicional, com uso intensivo de agrotóxicos (HASS e MINE, 1999). O uso e ocupação do solo na região do reservatório Vossoroca corresponde, de acordo com Silveira (2005), a silvicultura com predominância de *Pinus ssp.*, agricultura com áreas de cultivo de banana, culturas diversas, pecuária entre outros e ainda floresta em estágio avançado e intermediário de sucessão vegetal, sendo a primeira pouco alterada e a segunda, alterada e bem recomposta.

Os pontos de amostragem foram os dois afluentes principais do reservatório e o ponto de confluência dos principais rios, próximo à barragem, na região de máxima profundidade.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em duas etapas: (a) análise de características de qualidade da água dos afluentes e no reservatório e (b) análise de perfis de alguns parâmetros limnológicos em um ponto fixo no reservatório. Para a aquisição dos objetivos propostos, o reservatório e os principais afluentes (rios São João e Vossoroca) foram avaliados no período entre fevereiro a abril de 2011, quanto aos parâmetros de qualidade da água dispostos na Tabela 1.

Em posse dos resultados, avaliou-se a qualidade dos rios afluentes, rios São João e Vossoroca, o potencial de carga advinda dos mesmos ao lago, e o efeito de diluição no percurso rio – lago.

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade da água monitorados.

Parâmetro	Método/Sensor	Referência/Marca	Faixa de detecção
COD	Combustão a alta temperatura, método de detecção infravermelho não dispersivo (NDIR)	TOC-VCPH SHIMADZU CORPORATION, 2003	TC<25000, IC<30000 (mg/L) Limite: TC:4, IC:4 (µg/L)
Cond.	Handylab LF1	SCHOTT	Escala: 0.0... 199.9 µS, com resolução de 0.1 µS Precisão: ± 1% do valor medido (15°C a 35°C)
CI	Combustão a alta temperatura, método de detecção infravermelho não dispersivo (NDIR)	TOC-VCPH SHIMADZU CORPORATION, 2003	TC<25000, IC<30000 (mg/L) Limite: TC:4, IC:4 (µg/L)
DQO	Refluxo Fechado	5220 D Standard Methods (APHA, 1998)	0 – 900 mg/L (600nm)
NT	Persulfato	4500 – N C Standard Methods (APHA, 1998)	>2,9 mg/L
OD	Handylab OX 12/SET	SCHOTT	Escala: 0 a 19,99 mg/L, com resolução de 0,01. Precisão: ± 0,5% do valor medido (5° a 30°)
PT	Colorimétrico, digestão com persulfato de potássio e ácido sulfúrico	4500 – P, Standard Methods (APHA, 1998)	0,01 – 6 mg/L
pH	pH 330i/SET	WTW	Escala: -2.000...+ 19,999, com resolução de 0.001. Precisão: ± 0.003 (15 – 35°C)
Temp.	Obtida pelo pHmetro	-	Escala: -5.0 ... 105.0°C, com resolução de 0.1 Precisão: ± 0.1

Observação: COD: carbono orgânico dissolvido; Cond.: condutividade; CI: carbono inorgânico; DQO: demanda química de oxigênio; NT: nitrogênio total; OD: oxigênio dissolvido; PT fósforo total; Temp.: temperatura.

Durante os anos de 2010 e 2011 foram realizados levantamentos de perfis de temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade e pH no ponto mais profundo do reservatório (25°49,379' S e 49°04,030' W), próximo à barragem, na confluência dos três maiores braços do reservatório. As

amostras a diferentes profundidades foram obtidas com uma garrafa tipo Van-Dorn e as medições foram realizadas com os sensores dentro da garrafa em pequeno intervalo de tempo. Todas as coletas foram realizadas aproximadamente as 10h00 da manhã. A grande série de parâmetros foram analisados em laboratório segundo APHA (1998). Detalhes maiores são apresentados em MANNICH (2010). Na sequência, estudos de estratificação térmica foram concentrados no lago para avaliação do fenômeno e conseqüentes alterações da qualidade do meio aquático.

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A discussão dos resultados foi estruturada segundo as abordagens: (i) avaliação da qualidade da água dos rios São João e Vossoroca, e da represa do Vossoroca pelos parâmetros propostos por este trabalho; e (ii) avaliação de parâmetros limnológicos ao longo da coluna d'água com enfoque no efeito de estratificação.

##### 4.1 Qualidade da água da represa do Vossoroca e de seus afluentes São João e Vossoroca

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a represa Vossoroca e seus afluentes, rios São João e Vossoroca, quanto aos parâmetros de qualidade monitorados. A Tabela 3 apresenta os dados obtidos em pesquisas anteriores realizadas por Souza (2011), e publicados pelo Instituto Ambiental do Paraná (2004). Os dados de Souza (2011) se referem a coletas realizadas em alguns pontos na superfície do reservatório. Os valores apresentados como dos rios são tomados como os pontos mais próximos dos respectivos afluentes e os dados do lago como a variação dos parâmetros encontrados em todos os oito pontos monitorados pela autora.

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água mensurados para os rios São João e Vossoroca e para o Lago Vossoroca em 08/04/2011

Parâmetro	S. João	Vossoroca	Lago	Unidade
pH	7,04	7,01	7,52	
OD	8,82	8,67	8,83	mg.L <sup>-1</sup>
Cond	44	44,9	33	µS.cm <sup>-1</sup>
Turbidez	7,37	6,53	-	UNT
Temp.	16,8	17,3	22,6	°C
COD	1,251	1,596	1,362	mg.L <sup>-1</sup>
CI	2,717	2,737	2,041	mg.L <sup>-1</sup>
DQO	13,67	12,83	8,83	mg.L <sup>-1</sup>
PT	0,0680	0,0304	0,0164	mg.L <sup>-1</sup>
NT	0,6197	0,3292	0,4547	mg.L <sup>-1</sup>
Q	1,61	0,54	-	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
Volume	-	-		m <sup>3</sup>

Tabela 3 – Parâmetros de qualidade da água mensurados para os rios São João e Vossoroça e para o Lago Vossoroça decorrentes de pesquisas anteriores a 2011.

Parâmetro	SOUZA (2011)			IAP	Unidade
	S. João	Vossoroça	Lago	Lago	
pH	7,90-7,52	8,00-7,45	8,29-7,13	-	
OD	-	-	-	-	mg.L <sup>-1</sup>
Cond	42,1-38,3	42,7-34,6	43,6-33,1	-	µS.cm <sup>-1</sup>
Turbidez	14,6-3,08	16,5-2,21	14,6-1,81	-	UNT
Temp.	29,0-18,2	30,0-18,5	31,5-18,2	-	°C
COD	5,27-3,61	5,05-3,25	7,26-1,89	-	mg.L <sup>-1</sup>
CI	3,29-2,66	3,72-2,69	4,53-2,65	-	mg.L <sup>-1</sup>
DQO	-	-	-	4,7-11,3	mg.L <sup>-1</sup>
PT	ND	ND	ND	0,011-0,067	mg.L <sup>-1</sup>
NT	ND	ND	ND	0,14-0,53	mg.L <sup>-1</sup>
Secchi	-	-	-	1,0-1,8	m

Adaptado de Souza (2011) e IAP (2004).

Pela análise da Tabela 2, constata-se que a situação dos rios afluentes ao lago é relativamente boa, em termos de qualidade da água, com ótimas concentrações de oxigênio dissolvido e valores de pH, e com baixas concentrações de nutrientes e de conteúdo orgânico. Em geral, elevados valores de pH estão relacionados com o potencial fotossintético do ambiente aquático, enquanto baixos valores estão vinculados ao estágio de degradação microbiológica (SCHWOERBEL, 1977). Neste caso, a proximidade dos resultados de pH à neutralidade indica o equilíbrio entre as atividades fotossintéticas e de decomposição, fato que promoveu, como consequência, a manutenção do oxigênio dissolvido nas camadas iniciais a níveis satisfatórios.

A condutividade (Tabela 2) apresentou valores próximos para os rios São João (44,0 µS.cm<sup>-1</sup>), Vossoroça (44,9 µS.cm<sup>-1</sup>) e para a represa do Vossoroça (33 µS.cm<sup>-1</sup>). Os valores são semelhantes aos encontrados por Souza (2011) na região (ver Tabela 3). Constatam-se resultados de COD relativamente baixos tanto para os afluentes quanto para o lago, neste contexto, estudos recentes na região realizados por Souza (2011) quantificaram valores de COD entre 3,61 e 5,27 mg.L<sup>-1</sup> próximo à entrada do rio São João; entre 3,25 e 5,05 mg.L<sup>-1</sup> próximo à entrada do rio Vossoroça; e entre 1,89-7,26 mg.L<sup>-1</sup> para o lago do Vossoroça.

De acordo com IAP (2004), já foram determinados para o lago do Vossoroça valores de DQO na ordem de 4,7 a 11,3 mg.L<sup>-1</sup>, no período compreendido entre 2001 e 2004. O resultado obtido de 8,83 mg.L<sup>-1</sup> no reservatório encontra-se dentro desta faixa. O valor é inferior a concentração de entrada dos afluentes, aproximadamente 13 mg.L<sup>-1</sup>.

Os parâmetros de nitrogênio e fósforo totais mensurados sugerem certo grau de preservação da bacia de contribuição (ver Tabela 3). Segundo IAP (2004), já foram mensurados na represa do

Vossoroça, concentrações de fósforo total na ordem de 0,011 – 0,067 mg.L<sup>-1</sup> entre os anos de 2001 e 2004. Suriani *et. al.*, (2007) em estudo na represa do médio Tietê, São Paulo, quantificou concentrações elevadas de nitrogênio na ordem de 4,07 mg.L<sup>-1</sup>, e de fósforo total próximo a 0,21 mg.L<sup>-1</sup>, valores possivelmente decorrentes do intenso grau de ocupação e degradação da bacia.

A situação qualitativa sugerida pelos resultados apresentados na Tabela 2 pode ser um reflexo do grau de preservação da bacia de contribuição, dado que a carga imposta à represa do Vossoroça através de seus afluentes principais é passível de assimilação. Entretanto, na classificação IQAR – índice de qualidade de reservatórios que classifica os mesmos em diferentes níveis (I ao VI) de comprometimento –, realizada pelo IAP (2008), a represa Vossoroça foi enquadrada em classe III, moderadamente degradado. Ou seja, apesar das baixas concentrações determinadas segundo distintos parâmetros de qualidade da água para o objeto de estudo, comparadas a outras bacias como a do médio Tietê, a represa do Vossoroça apresenta certo nível de degradação que a impede de ser classificado como ambiente não impactado.

Souza *et al.* (2011) avaliaram a presença de n-alcanos no sedimento em 8 pontos distribuídos ao longo dos dois principais braços do reservatório. Os resultados indicam que a origem da matéria orgânica é vegetal, de contribuição da bacia de drenagem. E, apesar da pequena ocupação urbana e rural na bacia hidrográfica e a importante rodovia BR-376 que atravessa em dois pontos o reservatório, não foi constatada presença de material de origem antropogênica. A distribuição das cadeias carbônicas de n-alcanos indicam também que os processos de mineralização no sedimento ocorrem em condições anóxicas, confirmando as concentrações baixas de oxigênio junto ao fundo.

O sedimento, analisado por Souza *et al.* (2011) em termos das concentrações de TOC (Carbono Orgânico Total), NT, PT, OP (Fósforo Orgânico) e IP (Fósforo Inorgânico) sugerem que a maior contribuição do material orgânico ao sedimento é de origem vegetal, reflexo da matéria orgânica inundada e do aporte de material orgânico de mesmo tipo pela bacia hidrográfica.

#### **4.2 Perfis de alguns parâmetros limnológicos no reservatório.**

A profundidade do reservatório variou conforme as vazões de entrada e a operação do reservatório. A Tabela 4 apresenta as profundidades máximas medidas em cada dia, juntamente com a profundidade do disco de Secchi. Durante os meses de amostragem a profundidade máxima média foi de 16,0 m. E a profundidade de Secchi, que guarda relação com a zona fótica, variou entre 1,2 a 2,8 m.

Tabela 4 – Profundidade máxima e profundidade secchi

DATA	PROFUNDIDADE (m)	SECCHI (m)
4/mar/10	15,6	1,6
26/mar/10	16,0	2,5
14/abr/10	15,8	2,8
6/mai/10	17,0	1,2
8/jun/10	15,8	1,6

Através da Figura 2A, que apresenta os perfis de temperatura, observa-se que a coluna d'água encontrava-se estratificada nos meses de março a maio, enquanto que na coleta do dia 08/06/10 o perfil apresentou-se mais uniforme, ou não estratificado. Os primeiros perfis são característicos de estações mais quentes com aquecimento da camada superior, fortes gradientes térmicos e o desenvolvido de estratificação. Desde a primeira amostragem a temperatura na água diminuiu, acompanhando a diminuição das temperaturas médias diárias, do fotoperíodo e da intensidade da radiação solar e a aproximação do inverno. No dia 08/06/10 a temperatura da água já se encontrava bem abaixo dos meses anteriores com média de 15,9 °C. O perfil térmico era aproximadamente uniforme (levemente estratificado) com diferenças de temperatura entre a superfície e o fundo de 0,8 °C. Neste dia a diminuição da temperatura ambiente nos dias antecedentes e os ventos promoveram diminuição da temperatura na água e homogeneização ao longo da coluna d'água.

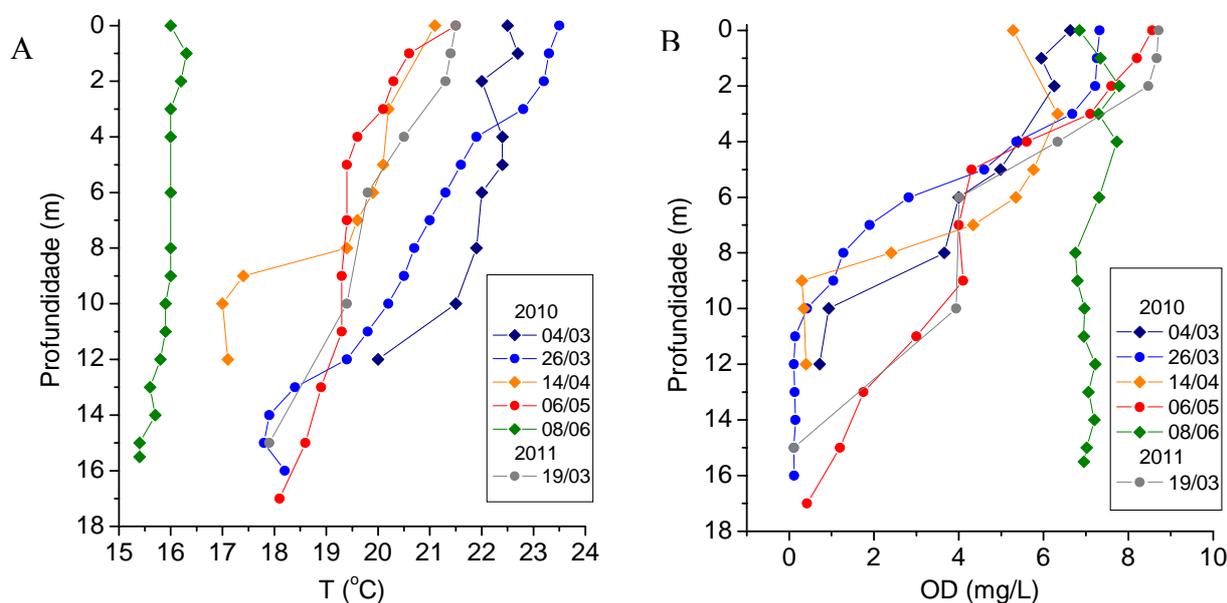


Figura 2 – Perfis de temperatura e OD próximo à barragem no reservatório Vossoroca

A Figura 2B indica os perfis de oxigênio dissolvido na coluna d'água. Em todas as coletas exceto na última (08/06/10) o perfil de OD se encontrava estratificado, com concentrações maiores na superfície, variando de 4,5 a 9,0 mg/L, e próximas a zero no fundo. Na região superficial a aeração e a produção de oxigênio pela fotossíntese tornam o valor mais elevado, enquanto na região

mais profunda o consumo é grande, diminuindo a concentração. A estratificação térmica contribuiu para a manutenção deste cenário, reduzindo o transporte vertical de oxigênio. Na coleta do dia 08/06/10 o perfil de temperatura apresentou-se mais uniforme (ver Figura 2A) devido à maior mistura turbulenta e transporte convectivo na coluna d'água, de forma que o perfil de OD também apresentou-se aproximadamente uniforme, com média de 7,2 mg/L.

Os valores encontrados estão de acordo com os obtidos por Pagioro *et al.* (2005). No mês de julho o perfil térmico era próximo do uniforme com valores em torno de 16°C assim como o OD com valores próximos a 8 mg/L. Em estações mais quentes como novembro ocorreu estratificação térmica, registrando temperaturas na superfície de 24°C.

A variação da condutividade elétrica em relação à profundidade é ilustrada na Figura 3. Em todas as datas exceto 08/06 a condutividade elétrica apresentava-se aproximadamente constante com a profundidade, apresentando elevados gradientes próximo ao fundo. Isto é reflexo da maior atividade de mineralização de substâncias orgânicas. Os valores são próximos à 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  até 8 m de profundidade e maiores que 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mais próximo ao fundo. As medidas realizadas em 08/06/10 diferem pelo fato de haver mistura mais intensa na coluna d'água, de forma que o perfil de condutividade também apresentou-se relativamente constante.

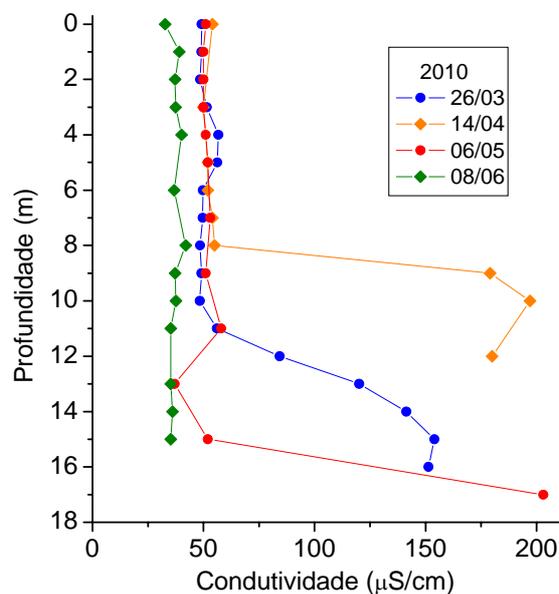


Figura 3 – Perfis de condutividade elétrica próximo à barragem no reservatório Vossoroca

Souza (2011) identificou outros parâmetros que variam com a profundidade. A concentração de amônia na superfície e nos primeiros 5 metros era nula, crescendo com a profundidade a partir dos 6 metros e atingindo concentrações no fundo de até 0,44 mg/L. Tal situação é favorecida pela condição de anaerobiose no hipolímnio no mês de abril (ver Figura 2B). A autora ainda não

observou níveis detectáveis ao longo de toda a coluna d'água de nitrito, nitrato, fósforo reativo e fósforo total.

## 5. CONCLUSÃO

Recentemente o reservatório do Vossoroca tem sido mais estudado do ponto de vista da qualidade das suas águas. Os dados deste estudo em conjunto com os dados de Pagioro *et al.* (2005) apontam para a ocorrência de estratificação térmica no reservatório. Da mesma forma, influenciado pela atenuação da turbulência e regime de transporte vertical, o perfil de oxigênio dissolvido apresentou-se estratificado e virtualmente ausente junto ao sedimento, caracterizando uma zona anaeróbia. As condições anóxicas no sedimento são também evidenciadas por Souza *et al.* (2011) baseados nas análises de sedimento.

As baixas concentrações de material orgânico, avaliado em termos de DQO, DBO e COD, e as baixas concentrações de NT e PT sugerem a pequena contribuição de esgoto doméstico e poluição decorrente de atividade antrópica. A análise do sedimento (SOUZA *et al.*, 2011) também sugere que a maior contribuição do material orgânico ao sedimento é de origem vegetal, confirmando a baixa contribuição de fontes poluentes. Tal resultado era esperado dada a baixa densidade de ocupação da bacia, predominantemente rural e com área de proteção ambiental.

## BIBLIOGRAFIA

- APHA, A. P. H. A. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th. ed. Washington, DC: APHA.
- BLENINGER, T., FROEHNER, S., MANNICH, M., FERNANDES, C. V. S., FUCHS, S., MORCK, T., KNAPIK, H. G. (2010). *Preliminary field measurements in a subtropical reservoir to determine green house gas emissions*. Eos Trans. AGU, 91(26), Meeting of Americas Suppl.
- BLUM, C. T., POSONSKI, M., HOFFMANN, P. M., BORGIO, M. (2005). *Espécies vegetais invasoras em comunidades florestais nativas nas margens da Represa do Vossoroca, APA de Guaratuba, Paraná, Brasil*. In: I Simpósio Brasileiro sobre Espécies Exóticas Invasoras, Brasília, Brasil.
- FAVORETO, R. Z., PERREIRA FILHO, D. L. B., BURMASTER, C. L., HILU, A., SILVA, S. B., MINE, M. R. M. (2003). *Modelagem de eventos de vazão máxima natural no reservatório de Vossoroca utilizado o modelo IPH II*. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba Anais... Curitiba, CD-ROM.
- HASS, J., MINE, M. R. M. (2001). *Previsão de Vazões de Cheia na Bacia Incremental entre Foz do Areia e Segredo*. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH. Aracaju.
- IAP, Instituto Ambiental do Paraná (2004). Disponível em: < <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=809>>. Acesso em: 09/05/2011.
- IAP, Instituto Ambiental do Paraná (2008). *Qualidade das águas: reservatórios do estado do Paraná 2005 a 2008*.

- MANNICH, M. (2010) *Caracterização de alguns parâmetros limnológicos no reservatório Vossoroca*. Monografia (Tecnologia em Química Ambiental). 65p. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.
- PAGIORO, T. A., THOMAZ, S. M., ROBERTO, M. C. (2005). *Caracterização Limnológica Abiótica dos Reservatórios*. In: Biocenoses em Reservatórios: Padrões espaciais e temporais. RODRIGUES, L., THOMAZ, S. M., AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C. (eds). 1ª ed. Rima. São Carlos.
- SCHWOERBEL, J. *Einführung in die limnologie*.(1977). 3 Edição. New York: Gustav Fischer.
- SILVEIRA, C. T. (2005). *Estudo das unidades ecodinâmicas da paisagem na APA de Guaratuba/PR: subsídios para o planejamento ambiental*. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- SOUZA, D. B. (2011). *Determinação da composição geoquímica da matéria orgânica de sedimentos lacustres*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba.
- SOUZA, D. B., MACHADO, K. S., FROEHNER, S. J., FERNANDES, C. V. S., BLENINGER, T. (2011). *Distribution of n-alkanes in lacustrine sediments from subtropical lake in Brazil*. *Chemie Erde-Geochemistry*. doi:10.1016/j.chemer.2011.02.006. 2011. In Press.
- SURIAMI, A. L.; FRANÇA, R. S.; ROCHA, O. (2007). *A malacofauna bentônica das represas do médio rio Tietê (São Paulo, Brasil) e uma avaliação ecológica das espécies exóticas invasoras, Melanoides tuberculata (Muller) e Corbicula fluminea (Muller)*. *Revista Brasileira de Zoologia, América do norte*.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. (2008). *Limnologia. Oficina de Textos*. São Paulo.