

## AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA NA REGIÃO DA UHE APUCARANINHA NO RESERVATÓRIO DE FIÚ: Análise Temporal

*Ane Caroline Tancon<sup>1</sup>, Cindy Duarte Gouveia<sup>2</sup>, João Henrique Gonçalves da Silva<sup>3</sup>, Nicole Machuca Brassac<sup>4</sup>, Tânia Lúcia Graf de Miranda<sup>5</sup>, Ellen Christine Prestes<sup>6</sup>*

**RESUMO** --- A qualidade da água do reservatório de Fiú e rio Apucarantina a montante e a jusante do mesmo foi avaliada a partir de valores de concentrações de fósforo, nitrogênio e oxigênio dissolvido, coletados no período de maio/2003 a março/2009. Também o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Qualidade da Água de Reservatórios (IQAR) foram calculados a fim de complementar esta avaliação. Os resultados indicaram que a estação de montante do reservatório é a que apresenta concentrações mais elevadas de fósforo e nitrogênio e os menores valores de IQA. O IQA aumentou na estação de reservatório e por consequência nas estações de jusante, em função do maior tempo de residência da água no reservatório que propicia a retenção de nutrientes e sólidos em suspensão. De acordo com o Índice de Estado Trófico, o lago pode ser considerado oligotrófico, em função da média da concentração de nutrientes e de clorofila-a. Quanto ao perfil de oxigênio e temperatura, o reservatório se caracteriza por apresentar tendência à estratificação em períodos quentes. O acompanhamento e avaliação a longo prazo da qualidade da água são de grande importância como ferramenta para a manutenção dos usos múltiplos da água.

**ABSTRACT** --- The water quality of Fiú Reservoir and Apucarantina river in the region was evaluated based on values of phosphorus, nitrogen and dissolved oxygen concentrations, collected from May'03 to March'09. The Water Quality Index (IQA) and Reservoirs Water Quality Index (IQAR) were calculated in order to complete this evaluation. The results indicated that the upstream monitoring station showed higher concentrations of phosphorus and nitrogen and the lowest values of IQA. The IQA has increased on the reservoir and consequently at downstream stations, due to the higher residence time of water in the reservoir that causes retention of nutrients and suspended solids. According to the Trophic State Index, the lake can be characterized as oligotrophic, due to the average concentration of nutrients and chlorophyll-a. Analyzing the profile of oxygen and temperature, the reservoir is characterized by tendency to stratification in warm periods. The long-term monitoring and evaluation of water quality are of great importance as a tool for the maintenance of multiple uses of water.

**Palavras-chave:** automonitoramento, reservatório de Fiú, qualidade de água.

---

<sup>1</sup>) Bolsista do LACTEC CEHPAR – Caixa Postal 1309, CEP 80011-970, Curitiba – PR. Fone: (0xx41)3361-6182. E-mail: ane.caroline@lactec.org.br

<sup>2</sup>) Bolsista do LACTEC CEHPAR – C. P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba – PR. Fone: (0xx41)3361-6182. E-mail: cindy@lactec.org.br

<sup>3</sup>) Bolsista do LACTEC CEHPAR – C. P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba – PR. Fone: (0xx41)3361-6182. E-mail: joão.silva@lactec.org.br

<sup>4</sup>) Pesquisadora do LACTEC CEHPAR – C. P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba – PR. Fone: (0xx41)3361-6389. E-mail: n.brassac@lactec.org.br

<sup>5</sup>) Pesquisadora do LACTEC CEHPAR – C. P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba – PR. Fone: (0xx41)3361-6389. E-mail: tania.miranda@lactec.org.br

<sup>6</sup>) Pesquisadora do LACTEC CEHPAR – C. P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba – PR. Fone: (0xx41)3361-6861. E-mail: ellen.prestes@lactec.org.br

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento anual da demanda energética, acompanhando o crescimento econômico nacional, e a necessidade de expansão da capacidade de geração de energia, aponta para a utilização cada vez maior da hidroeletricidade na composição da malha energética do país. Desta forma, o estudo de reservatórios de usinas hidrelétricas é de importância vital para o gerenciamento ambiental destes empreendimentos (Sousa-Júnior, 1998).

Estes sistemas são construídos para usos múltiplos, entre eles a geração de energia elétrica, abastecimento, irrigação, recreação e produção pesqueira (Yunes *et al.*, 2005). A expansão urbana e a agricultura intensiva promovem o enriquecimento de nutrientes em corpos de água, de modo geral, favorecendo a degradação da qualidade das águas do reservatório e também estabelecendo processos de eutrofização. Estes causam sérios problemas ecológicos, ambientais e econômicos. Estes últimos podem ser oriundos da obstrução de filtros e tubulações e paralisações de turbinas, como já ocorrido em reservatórios paranaenses (Yunes *et al.*, 2005).

Os reservatórios hidrelétricos, além de serem afetados pelo ciclo hidrológico e por suas próprias características operativas, como o tempo de retenção hídrica, têm a qualidade de suas águas diretamente afetada pelo uso e ocupação do solo em sua bacia. Desta forma, o monitoramento contínuo da qualidade de água de reservatórios hidrelétricos torna-se uma ferramenta de gestão, que visa, entre outros fins, a manutenção dos usos múltiplos da água.

Desde 2003, a COPEL monitora trimestralmente a qualidade das águas de seus reservatórios hidrelétricos e dos rios represados a montante e jusante dos mesmos, com base em variáveis físicas e químicas. A partir de 2005, a análise da comunidade fitoplanctônica dos reservatórios também foi incluída nas amostragens. O presente estudo visa apresentar uma avaliação da qualidade das águas superficiais do reservatório de Fiú, bem como do rio Apucarantina a montante e jusante do mesmo, como parte do automonitoramento da UHE Apucarantina.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende o rio Apucarantina, afluente da margem esquerda do rio Tibagi, na divisa dos municípios de Tamarana e Londrina, na região da UHE Apucarantina. De acordo com Portaria Estadual 019/1992 (IAP, 1996), o rio Apucarantina está enquadrado na Classe 2. A bacia de drenagem do rio Apucarantina abrange uma área de cerca de 530 km<sup>2</sup> e compreende além dos municípios supracitados, também os de Marilândia do Sul e Mauá da Serra (Kishi *et al.*, 2005).

O clima nesta bacia é subtropical úmido, com verões quentes na região a jusante da cidade de Tibagi. A temperatura média anual do mês mais quente é superior a 22°C e do mês mais frio,

inferior a 18°C. O índice pluviométrico anual gira em torno de 1.500 mm (Maack, 1981; SUDERHSA, 1998).

O complexo hidrelétrico de Apucarantina conta com dois reservatórios, o reservatório de Fiú e o reservatório de Apucarantina, que estão entre os poucos instalados na bacia do rio Tibagi, localizado na porção norte da mesma. O reservatório de Fiú possui área de 2 km<sup>2</sup> e profundidade média de 6,3 m, retendo um volume útil de cerca de cinco milhões de litros e serve como regulador do reservatório de Apucarantina, que apresenta volume de quinhentos mil litros (Brassac *et al.*, 2008).

O tempo de residência (TR) teórico da água no reservatório de Fiú é de aproximadamente 14 dias, o que, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, indica um ambiente intermediário, com TR entre 2 e 40 dias. Ecossistemas com TR inferior a 2 dias são considerados lóticos e superior a 40 dias são considerados lênticos.

A área de entorno dos dois reservatórios é de domínio de terceiros e em particular da FUNAI, em decorrência da reserva indígena de Apucarantina (Kishi *et al.*, 2005; Júlio-Júnior *et al.*, 2005). A cobertura vegetal original da região da usina Apucarantina é a Mata Pluvial Subtropical, embora existam áreas devastadas, onde a vegetação nativa foi substituída pela agricultura intensiva e pastagens, que estão entre as principais atividades desenvolvidas na bacia de drenagem. Há, também, aporte de sedimentos nos dois reservatórios, provenientes de tributários a montante e pela erosão presente nos solos, causada pelos cultivos. (Júlio-Júnior *et al.*, 2005; Maack, 1981; COPEL *et al.*, 1996).

Segundo estudos pretéritos (LACTEC, 1999), o uso do solo na bacia de drenagem abrange culturas mecanizadas de soja, criação de gado para corte (fazenda Tamarana da Nutritional), uma fábrica de papel, papelão e celulose e um aterro sanitário.

### 2.1.1 Estações de Amostragem e Procedimentos de Coleta

A malha amostral da UHE Apucarantina compreendeu quatro estações de amostragem para o monitoramento trimestral da qualidade da água, conforme a Tabela 1. As estações de amostragem estão ilustradas na Figura 1. Os dados de monitoramento aqui descritos correspondem ao período de maio/2003 a março/2009.

Tabela 1 – Localização e descrição das estações de amostragem

Estação	Localização	Coordenadas	
		E	N
E1	Rio Apucarantina, a montante do reservatório do Fiú	503488	7373404
E2	Rio Apucarantina, no reservatório de Fiú, próximo a barragem	505819	7373547
E3	Rio Apucarantina, imediatamente a jusante da barragem do reservatório de Fiú	506100	7373681
E4	Rio Apucarantina, a jusante da UHE Apucarantina	510066	7373414

As amostragens foram realizadas com garrafa de Van Dorn e as análises realizadas nos laboratórios do Centro de Estudos de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA) e do Departamento de Tecnologia em Materiais (DPTM) do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC).

Na estação de reservatório (E2), a partir do ano de 2005, além dos parâmetros físicos e químicos de caracterização da qualidade de água, também foram iniciadas amostragens da comunidade fitoplanctônica em diferentes profundidades no reservatório. As análises qualitativas e quantitativas da comunidade fitoplanctônica foram realizadas pelo Laboratório de Ficologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

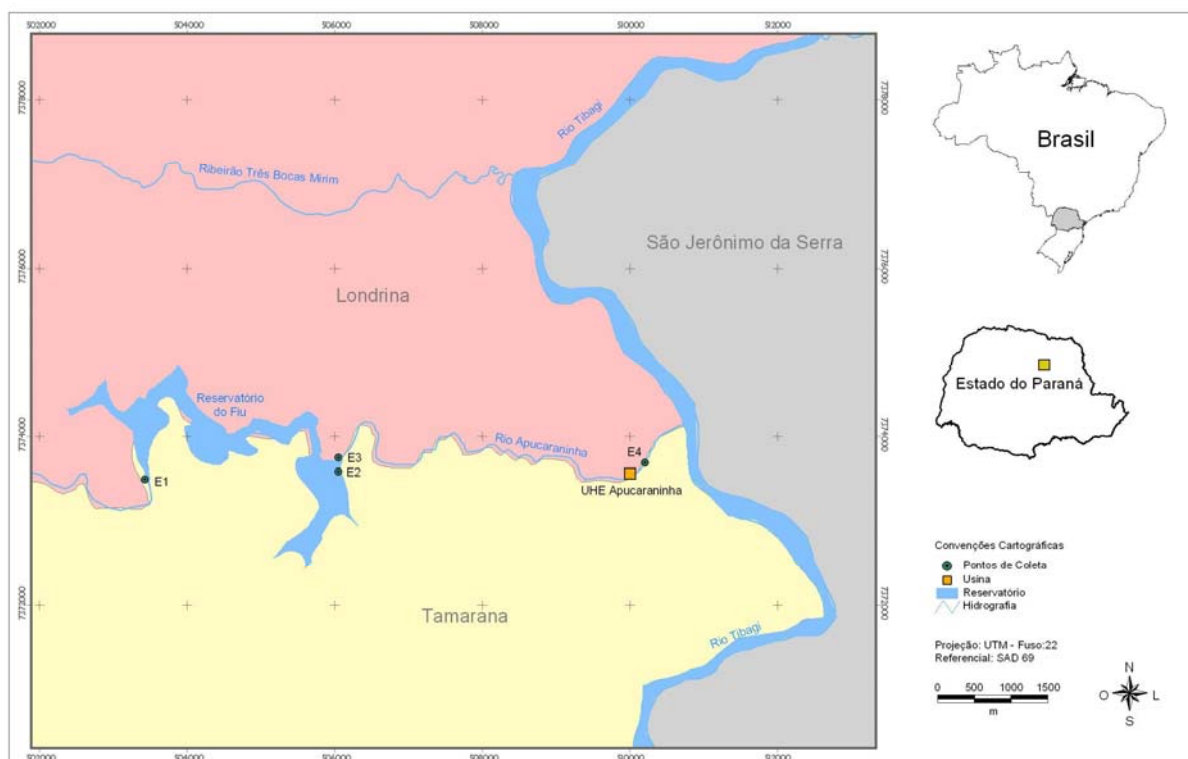


Figura 1 – Localização das estações de amostragem de qualidade de água, na região da UHE Apucarantina.

## 2.2 Índices Aplicados

O diagnóstico da qualidade da água tomou como base o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Qualidade da Água de Reservatórios (IQAR), além da legislação ambiental pertinente (Resolução CONAMA 357/05).

Para avaliação pelo IQA, foi utilizada a classificação apresentada na Tabela 2, de acordo com o método da CETESB. Este índice incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público. O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água

correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez (CETESB, 2009).

Tabela 2 – Classificação segundo o IQA.

Classificação	Intervalo do IQA
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Aceitável	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Para avaliação pelo IQAR, a classificação utilizada foi apresentada na Tabela 3, de acordo com o método do IAP (2004). Este índice incorpora onze parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas de reservatórios, a saber: déficit de oxigênio na coluna de água, fósforo total, nitrogênio inorgânico total, clorofila-a, disco de Secchi, DQO, tempo de residência da água, profundidade média, fitoplâncton (diversidade de espécies), concentração de cianobactérias, ocorrência de florações.

Tabela 3 – Classificação segundo o IQAR.

Classificação	Descrição	Intervalos do IQAR
Classe I	Não impactado a muito pouco degradado	1,0 a 1,6
Classe II	Pouco degradado	1,7 a 2,6
Classe III	Moderadamente degradado	2,7 a 3,6
Classe IV	Criticamente degradado a pouco poluído	3,7 a 4,6
Classe V	Muito poluído	4,7 a 5,6
Classe VI	Extremamente poluído	5,7 a 6,0

Levou-se em consideração o Índice de Estado Trófico (Tabela 4), que tem como objetivo avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas. Para o cálculo do índice foram utilizadas duas variáveis: fósforo total e clorofila-a (CETESB, 2009).

Tabela 4 – Classificação segundo o IET.

Categoria de estado trófico	Ponderação
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 encontram-se os resultados das amostragens realizadas nas estações E1, E2, E3 e E4, no reservatório de Fiú e rio Apucarantina na região de estudo, entre março de 2003 e março de 2009. Estas fazem parte do programa de automonitoramento trimestral da Concessionária, que avalia mais de vinte parâmetros de qualidade de água. Na Tabela 5 são apresentados os dados de fósforo total, nitrogênio total, sólidos totais (ST) e IQA para todas as estações, além das concentrações de clorofila-a, medidas na estação de reservatório (E2).

Tabela 5 – Dados de qualidade de água na região de estudo.

Ponto	E1				E2				E3				E4			
Data da coleta	mai-03	ago-03	nov-03	fev-04	mai-03	ago-03	nov-03	fev-04	-	-	nov-03	fev-04	mai-03	ago-03	nov-03	fev-04
P Total (mg/L)	0,04	0,23	0,03	0,04	0,02	0,16	0,03	0,05	-	-	0,04	0,06	0,03	0,08	0,07	0,10
N Total (mg/L)	0,70	3,20	0,40	1,40	0,70	2,30	0,50	0,90	-	-	0,40	1,00	0,80	2,10	0,50	1,30
ST (mg/L)	40	125	50	45	32	97	37	38	-	-	45	37	36	59	43	43
IQA	75	62	77	68	86	72	84	83	-	-	84	82	81	78	80	76
Data da coleta	mai-04	ago-04	nov-04	mar-05	mai-04	ago-04	nov-04	mar-05	mai-04	ago-04	nov-04	mar-05	mai-04	ago-04	nov-04	mar-05
P Total (mg/L)	0,27	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,05	0,03	0,11	0,04	0,04	0,03
N Total (mg/L)	2,50	0,80	0,90	0,70	0,60	1,20	0,90	< 0,50	0,70	0,70	0,80	1,00	1,50	0,80	0,90	0,80
ST (mg/L)	192	36	61	112	47	35	54	37	59	34	59	50	92	37	57	42
IQA	53	72	78	53	75	81	85	90	65	78	75	79	64	84	86	81
Data da coleta	jun-05	ago-05	nov-05	fev-06	jun-05	ago-05	nov-05	fev-06	jun-05	ago-05	nov-05	fev-06	jun-05	ago-05	nov-05	fev-06
P Total (mg/L)	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03
N Total (mg/L)	< 0,50	< 0,50	0,90	0,90	0,50	1,60	0,80	0,70	< 0,50	0,90	0,80	0,90	0,50	0,60	0,80	1,00
ST (mg/L)	40	34	43	37	38	28	44	31	44	31	43	42	43	30	45	40
Clorofila-a (µg/L)	-	-	-	-	8,27	6,75	5,26	7,71	-	-	-	-	-	-	-	-
IQA	73	89	71	83	78	88	87	90	65	89	79	87	70	84	86	86
Data da coleta	mai-06	ago-06	-	fev-07	mai-06	ago-06	-	fev-07	mai-06	ago-06	-	fev-07	mai-06	ago-06	-	fev-07
P Total (mg/L)	0,02	0,01	-	0,06	0,04	0,03	-	0,05	0,03	0,03	-	0,11	0,02	0,02	-	0,10
N Total (mg/L)	1,40	1,30	-	1,70	1,70	1,30	-	1,10	1,50	1,10	-	1,80	1,50	1,20	-	1,90
ST (mg/L)	38	42	-	62	44	50	-	57	46	47	-	89	42	42	-	76
Clorofila-a (µg/L)	-	-	-	-	5,68	5,07	-	11,67	-	-	-	-	-	-	-	-
IQA	79	86	-	74	81	84	-	80	84	88	-	73	80	88	-	73
Data da coleta	mai-07	ago-07	nov-07	fev-08	mai-07	ago-07	nov-07	fev-08	mai-07	ago-07	nov-07	fev-08	mai-07	ago-07	nov-07	fev-08
P Total (mg/L)	0,02	0,02	0,03	0,11	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03
N Total (mg/L)	1,10	0,60	< 0,50	1,70	0,70	0,50	< 0,50	0,50	1,10	< 0,50	< 0,50	0,80	1,40	< 0,50	< 0,50	0,50
ST (mg/L)	40	44	48	39	33	32	33	36	38	39	48	47	36	38	39	47
Clorofila-a (µg/L)	-	-	-	-	6,34	3,41	6,59	6,75	-	-	-	-	-	-	-	-
IQA	82	83	80	63	92	91	91	93	90	90	78	71	82	86	82	60
Data da coleta	jun-08	set-08	nov-08	mar-09	jun-08	set-08	nov-08	mar-09	jun-08	set-08	nov-08	mar-09	jun-08	set-08	nov-08	mar-09
P Total (mg/L)	0,02	0,02	0,03	0,12	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,05	0,04	0,01	0,02	0,05	0,11
N Total (mg/L)	1,20	< 0,50	0,60	0,60	1,10	< 0,50	0,60	< 0,50	1,50	< 0,50	1,30	0,50	0,70	< 0,50	0,80	0,80
ST (mg/L)	33	47	41	26	35	44	41	35	38	44	52	49	37	42	49	96
Clorofila-a (µg/L)	-	-	-	-	2,82	-	4,92	5,11	-	-	-	-	-	-	-	-
IQA	85	77	72	62	84	89	87	81	90	83	80	81	83	87	80	56

A Figura 2 apresenta as variações de fósforo total no reservatório do Fiú e no rio Apucarantina a montante e jusante do mesmo, no período de monitoramento. Pode-se observar que as maiores concentrações de fósforo são geralmente observadas na estação de montante do empreendimento, que aporta fósforo ao reservatório. Naquela estação (E1), caracterizada como tributário de ambiente intermediário, o limite da resolução CONAMA 357/05 foi ultrapassado nos meses de agosto/03, maio/04, fevereiro/08 e março/09, chegando a concentração de 0,27 mg/L em maio/04, ou seja, mais de cinco vezes o limite estabelecido.

Para a estação de reservatório (E2), o limite para ambientes intermediários como é classificado o reservatório de Fiú em função de seu tempo de residência, é de 0,05 mg/L, e este foi ultrapassado somente no mês de agosto/03, com concentração de 0,16 mg/L. O valor elevado registrado, certamente é um resultado dos aportes de montante, conforme observado anteriormente.

Nas estações de jusante E3 e E4, o limite de 0,1 mg/L para ambientes lóticos foi ultrapassado, com concentrações de 0,11 mg/L, apenas esporadicamente, em fevereiro/07, para a primeira estação e maio/04 e março/09, para a segunda.

A avaliação da relação N/P molar indicou que, na maior parte do período monitorado, o fósforo foi o macronutriente limitante ao crescimento da comunidade fitoplanctônica.

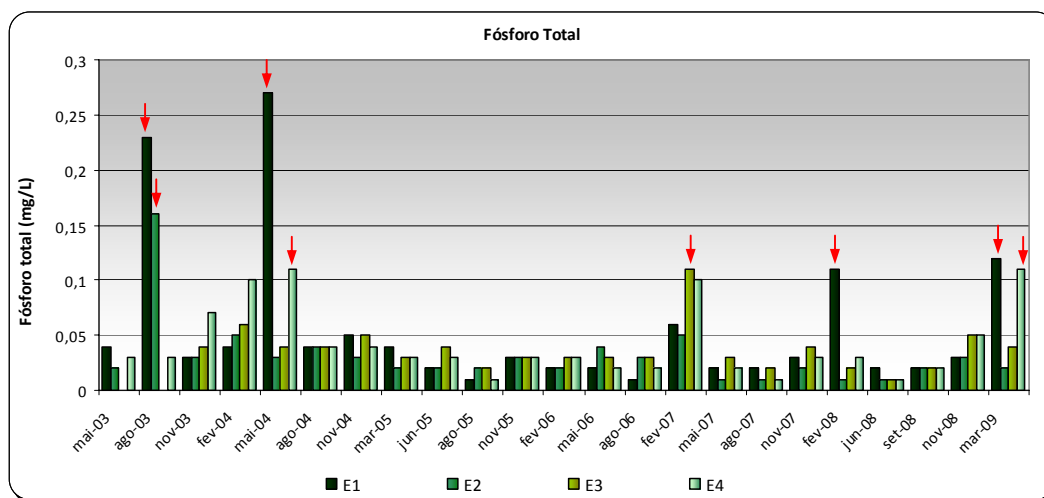


Figura 2 – Variação temporal de fósforo total no rio Apucarantina no reservatório de Fiú e entorno. Setas indicam momentos em que o limite da Resolução CONAMA 357/05 foi ultrapassado.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05, quando o nitrogênio for o fator limitante para o crescimento do fitoplâncton, a concentração de 2,18 mg/L é o limite máximo para ambientes lóticos e de 1,27 mg/L para ambientes lênticos. Apesar do nitrogênio não ser o nutriente limitante no reservatório de Fiú, e no rio Apucarantina, a montante e jusante do mesmo, estes valores podem ser considerados como referência para os limites máximos aceitáveis.

Desta forma, observa-se que as concentrações de nitrogênio total (Figura 3), na região em estudo, apresentaram-se baixas na maior parte do período monitorado, variando entre menores que 0,5 mg/L e 1,9 mg/L. No entanto, durante o primeiro ciclo de monitoramento, que compreende coletas entre 2003 e 2004, foram registrados os valores mais elevados, chegando a 3,2 mg/L na estação de montante.

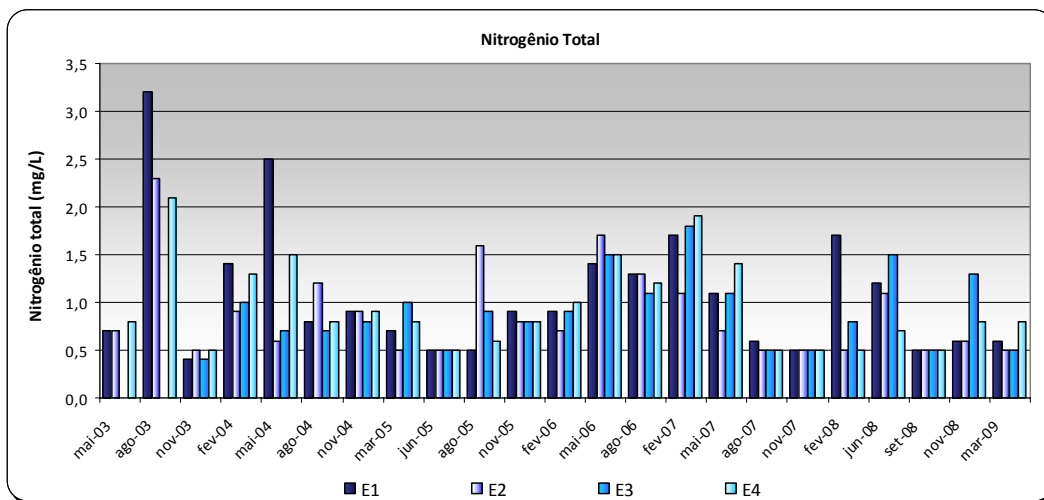


Figura 3 – Variação temporal de nitrogênio total no rio Apucarantina no reservatório de Fiú e entorno.

Com relação ao Índice de Qualidade de Água (IQA), as águas do rio Apucarantina, na região de estudo, foram classificadas como de boa e ótima qualidade, já que os valores obtidos para o IQA variaram entre 53 e 93 (Figura 4). Com base no gráfico apresentado, pode-se observar que os menores valores de IQA foram registrados para a estação a montante do reservatório de Fiú (E1), como resultado de maiores aportes de fósforo, nitrogênio e sólidos totais observados naquela estação ao longo de todo o período de monitoramento.

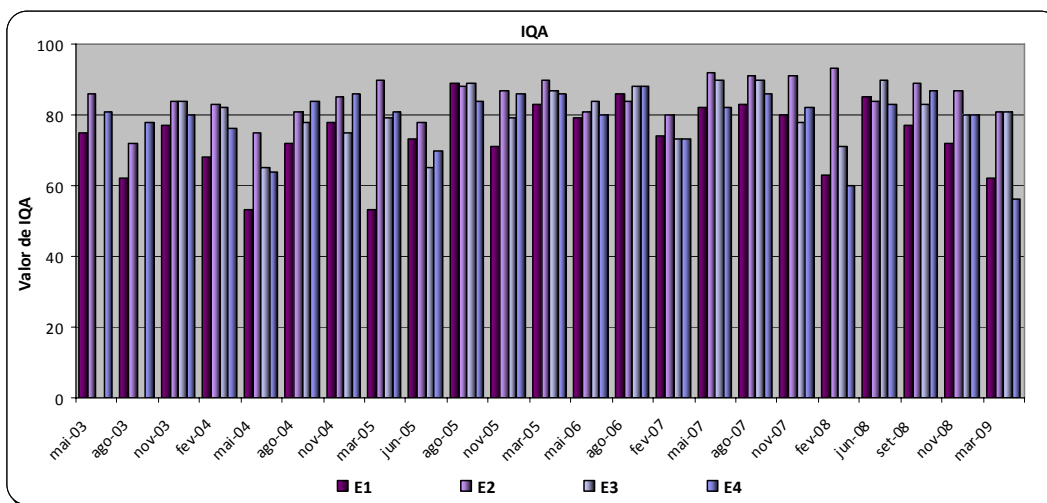


Figura 4 – Índice de Qualidade de Água do no rio Apucarantina no reservatório de Fiú e entorno.

Os valores do índice aumentam nas demais estações, o que indica que a água chega no reservatório com qualidade menor, pelo menos no tocante às variáveis que compõem o índice. No entanto, este valor aumenta no reservatório devido ao seu tempo de residência (14 dias), que possivelmente possibilita a sedimentação de sólidos e também dos macronutrientes fósforo e nitrogênio. A média do valor de IQA dos períodos avaliados foi de 80, valor considerado como



sendo de água de qualidade ótima. Pode-se observar valores mais baixos para o IQA recorrentes na estação de montante, e IQA mais elevados na estação de reservatório (E2) e de jusante da casa de máquinas (E4).

O Índice de Qualidade de Água de Reservatórios também foi calculado para a estação E2 (reservatório de Fiú) e variou entre Classe II (pouco degradado) e Classe III (moderadamente degradado). Na média dos valores calculados, o reservatório pode ser classificado como moderadamente degradado. Corpos hídricos moderadamente degradados, de acordo com a metodologia de IAP (2004), podem ser caracterizados por apresentar considerável déficit de oxigênio dissolvido na coluna de água, médio aporte de nutrientes e matéria orgânica, grande variedade e densidade de algumas espécies de algas e moderada tendência à eutrofização. A Tabela 6 apresenta os valores de IQAR registrados para a estação E2 durante o período monitorado.

De forma geral, os valores de IQAR foram mais influenciados pelas concentrações de clorofila-a e déficit de oxigênio na coluna de água. De menor forma, também as concentrações de DQO e a medida do disco de Secchi também foram fatores influenciadores do índice.

Tabela 6 – Índice de Qualidade da Água de Reservatórios na Estação E2 no reservatório de Fiú.

<b>Data</b>	<b>IQAR Parcial</b>	<b>IQAR Anual</b>	<b>Classificação</b>
07/06/2005	2,5	2,6	Pouco Degradado Classe II
16/08/2005	2,6		
17/11/2005	2,7		
12/02/2006	2,6		
04/05/2006	3,0	3,2	Moderadamente Degradado Classe III
01/08/2006	2,8		
06/02/2007	3,7		
08/05/2007	2,9	2,8	Moderadamente Degradado Classe III
23/08/2007	2,6		
06/11/2007	2,6		
19/02/2008	2,9		
18/06/2008	2,5	2,6	Pouco Degradado Classe II
16/09/2008	2,0		
18/11/2008	3,3		
12/03/2009	2,7		

De acordo com a média do Índice de Estado Trófico, o reservatório de Fiú pode ser considerado oligotrófico, uma vez que o valor médio do IET é 49, ou seja, possui baixas concentrações de fósforo e clorofila-a. Através da análise da Figura 5 observa-se que o reservatório de Fiú apresentou-se como eutrófico ( $IET \geq 60$ ) apenas na amostragem realizada em agosto/03. Este fato ocorreu em função da alta concentração de fósforo registrada na estação de reservatório, de 0,16 mg/L. Também observando a Figura 5 verifica-se que, de maneira geral, são as concentrações de clorofila que contribuem para a elevação do IET.

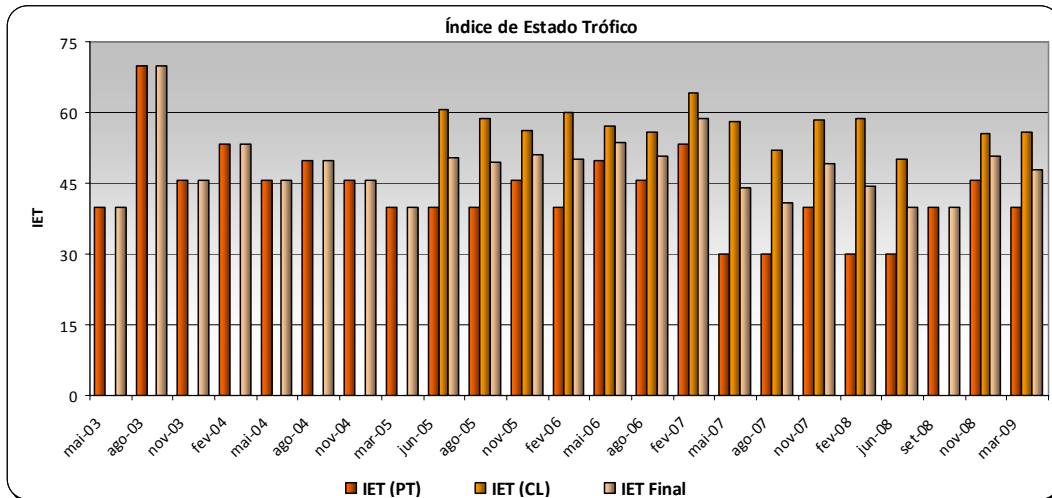


Figura 5 – Variação do Índice de Estado Trófico do reservatório de Fiú, ao longo dos ciclos de monitoramento.

O estudo das concentrações de oxigênio dissolvido (OD) e de temperatura ao longo do perfil vertical do reservatório visa observar processos de estratificação e circulação no corpo hídrico. Esta dinâmica, influenciada diretamente pela temperatura da água, afeta o estabelecimento do fitoplâncton e o comportamento de variáveis físicas e químicas da água, como os nutrientes ali presentes.

A análise do perfil de oxigênio dissolvido e de temperatura no reservatório de Fiú (Figura 6) permitiu observar, ao longo de seis anos de monitoramento, que o corpo hídrico apresenta tendência a pelo menos duas estratificações no ano, uma no verão e outra na primavera. Nos meses de verão observa-se circulação apenas de superfície, nos primeiros dois metros, com termoclinas superficiais. Nos meses de primavera, observa-se termoclinas mais profundas, entre quatro e seis metros, com circulação da camada superior.

Nos meses de temperaturas menos elevadas, ou seja, no outono e no inverno, o perfil apresenta-se mais homogêneo da superfície ao fundo, permitindo a circulação total das massas de água do reservatório.

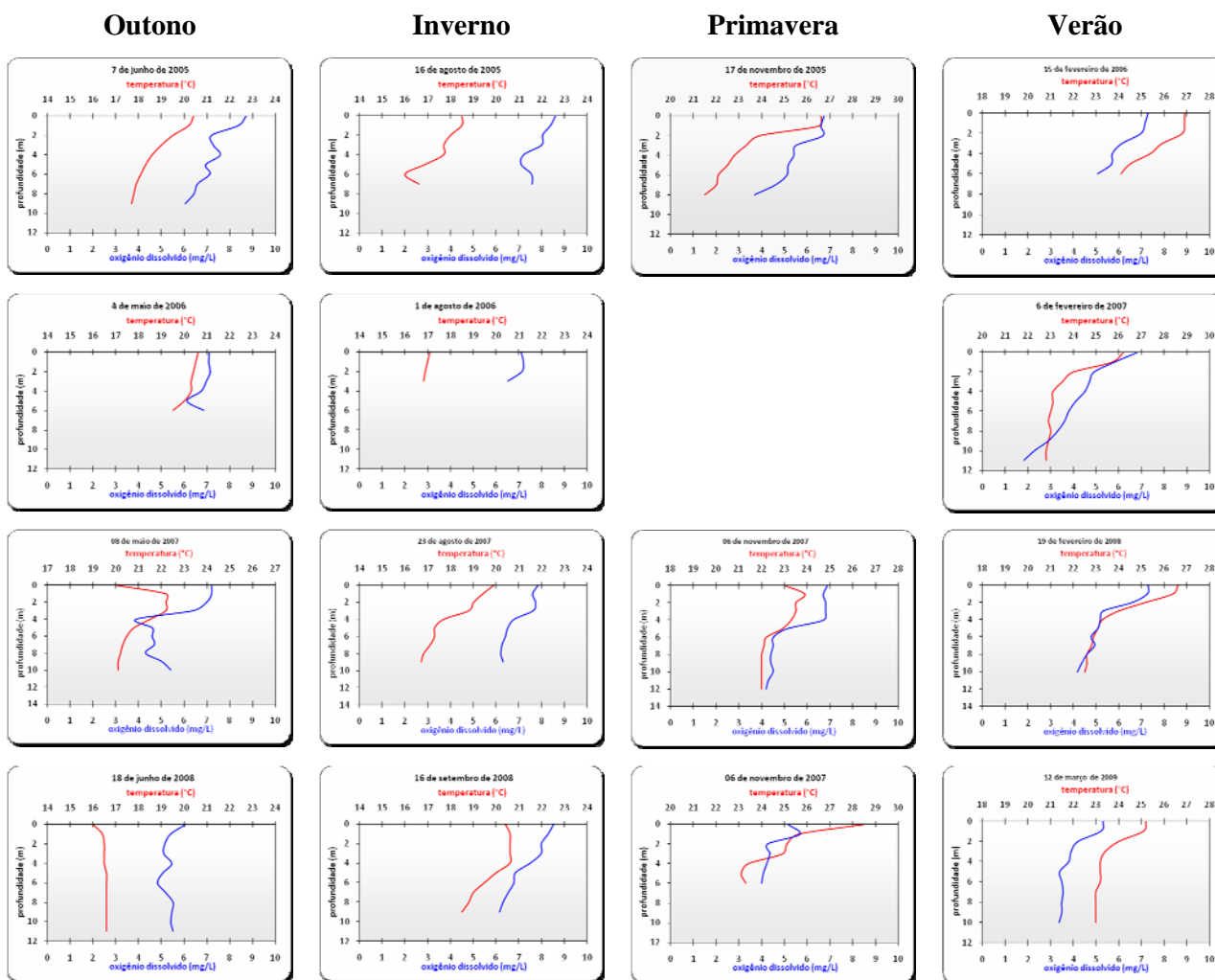


Figura 6 – Perfis verticais de oxigênio e temperatura no reservatório de Fiú, nas proximidades da barragem (E2), no período de 2005 a 2008.

#### 4 CONCLUSÕES

De maneira geral, a estação de montante (E1) contribuiu mais com o aporte de poluentes ao reservatório de Fiú, dado este corroborado pelo registro de concentrações mais elevadas de nitrogênio e fósforo naquela estação. Também os valores mais baixos de IQA foram observados na estação de montante e foram influenciados pela concentração de nutrientes e pelos valores de sólidos totais.

Os valores de IQA aumentaram na estação do reservatório e nas estações a jusante, indicando melhor qualidade de água. Isto ocorre possivelmente em função do tempo de residência da água no reservatório, de aproximadamente 14 dias, fator este que não favorece o desenvolvimento de florações de microalgas (fitoplâncton) e possibilita a sedimentação de nutrientes. De acordo com a concentração de nutrientes no reservatório, o mesmo pode ser considerado oligotrófico, dado confirmado pelas concentrações de clorofila-a.

Quanto ao perfil de oxigênio e temperatura, o reservatório de Fiú se caracteriza por apresentar tendência à estratificação em períodos quentes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SSA – Superintendência Técnica Socioambiental da COPEL (Companhia Paranaense de Energia) pela cessão dos dados aqui utilizados para avaliar o reservatório de Fiú.

Os autores também agradecem à Equipe de Campo da COPEL, na pessoa do Sr. Cézar Dal Bosco, Sr. Claiton Bastian e Sr. Eder Gomes, pela coleta das amostras analisadas.

## BIBLIOGRAFIA

BRASSAC, N. M.; MIRANDA, T. L. G.; PRESTES, E. C.; LUDWIG, T. A. V. (2008). *Relatório Anual do Automonitoramento Trimestral da Qualidade das Águas Superficiais do Rio Apucarantina na Região da Usina Hidrelétrica de Apucarantina*. Relatório Técnico. Curitiba: LACTEC. 21p.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2009). Disponível em [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br). Acesso em 8 de junho de 2009.

COPEL; INTERTECHNE; LEME; ENGEVIX; ESTEIO (1996) *Estudos de Impacto Ambiental para Caracterização de toda Área de Influência da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi*. Vol I de VIII, p.135. Curitiba: COPEL.

IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. (1996). *Coletânea de Legislação Ambiental, PR-P-019/92*. Curitiba: IAP/GTZ.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. (2004). *Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do estado do Paraná, no período de 1999 a 2004*. Curitiba: Imprensa Oficial. 21p.

JÚLIO-JÚNIOR, H.F.; THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A. & LATINI, J.D. (2005). “Distribuição e caracterização dos reservatórios” in *Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais*. Org. por Rodrigues, L.; Thomas, S.M.; Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. São Paulo: Ed. Rima. 321p.

KISHI, R.T.; SILVA, H. L. G.; RIBEIRO, L. H. L. (2005). “Modelagem Bidimensional da Qualidade da Água do Reservatório de Fiú” in 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, Set. 2005, 7p.

LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (1999). *Relatório ambiental da qualidade das águas superficiais do rio Apucarantina na região da Usina Hidrelétrica Apucarantina (PR)*. Curitiba: LACTEC. 24p.

MAACK, R. (1981). *Geografia Física do Estado do Paraná*. 2ed., Rio de Janeiro: José Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado. 450p.

SOUSA-JÚNIOR, W. (1998). *Geoprocessamento aplicado à determinação de parâmetros de alagamento do reservatório da usina hidrelétrica de Serra da Mesa, Minaçu, Goiás*. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, INPE, p. 695-700.

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. (1998) *Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná*. Curitiba, 32p.

YUNES, J.; MATTHIENSEN, A.; CARNEIRO, C.; OROSKI, F.; BECKER, V. & CARVALHO, M.C. (2005). “*Florações de Cianobactérias Tóxicas: Mãos à Obra ao Problema*” in *Lições de Limnologia* . Org. por Roland, F.; César, D. & Marinho, M., Ed. Rima, São Paulo, 299-323p.