

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO RELACIONADOS COM A OCORRÊNCIA DE PLANTAS AQUÁTICAS EM CINCO RESERVATÓRIOS DA BACIA DO RIO TIETÊ¹

Characterization of Water Quality and Sediment Related to the Occurrence of Aquatic Plants in Five Tietê Waterhed Reservoirs

CAVENAGHI, A.L.², VELINI, E.D.³, GALO, M.L.B.T.⁴, CARVALHO, F.T.⁵, NEGRISOLI, E.², TRINDADE, M.L.B.⁶ e SIMIONATO, J.L.A.⁷

RESUMO - Este trabalho é parte integrante de um projeto de pesquisa que tem por objetivo o desenvolvimento de programas de manejo integrado de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê, usados na produção de energia elétrica. A ocorrência de plantas aquáticas foi correlacionada com a qualidade da água e do sedimento. Amostragens de água e sedimento e levantamento de plantas foram realizados em junho de 2001 (estação seca), outubro/novembro de 2001 (início da estação chuvosa) e fevereiro/março de 2002 (final da estação chuvosa). Amostras de água foram utilizadas para estimar a transmissão ou extinção de luz em comprimentos de onda de 190 a 900 nm para colunas de água de 1 m de profundidade. Para melhor entendimento e registro (em fotos digitais) dos problemas com formação de bancos de sedimento e plantas aquáticas, todos os reservatórios foram sobrevoados, usando um helicóptero, nos dias 4 e 5 de junho de 2001. Os resultados permitiram concluir que a ocorrência de plantas submersas, destacando-se *Egeria densa* e *Egeria najas*, foi a mais dependente da transparência da água e transmissão de luz. A maior turbidez e sólidos suspensos contidos e a menor transmissão de luz alteram a frequência de plantas submersas. Os reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava foram os mais infestados com plantas submersas. A ocorrência de plantas marginais e flutuantes é muito dependente da formação de bancos de sedimentos. Os reservatórios de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga foram os mais infestados com plantas marginais e flutuantes. A concentração de fósforo e nitrogênio, a turbidez e os sólidos suspensos foram reduzidos com o deslocamento ao longo da seqüência de reservatórios no rio Tietê (Barra Bonita => Bariri => Ibitinga => Promissão => Nova Avanhandava).

Palavras-chave: qualidade de água, planta aquática, sedimento, reservatório.

ABSTRACT - *This research is part of a project aiming to develop aquatic plant integrated management programs in five reservoirs of the Tietê watershed (São Paulo, Brasil) used to produce electric energy. The occurrence of aquatic plants was correlated to water and sediment composition. Water and sediment samplings and field evaluations were performed in June 2001 (drought season), October/November of 2001 (start of rainy season) and February/March 2002 (end of rainy season). Water samples were used to estimate the transmission or extinction of light from 190 to 900 nm by 1 m-thick water columns. To better understand and register (in digital pictures) the problems encountered with the formation of sediment banks and aquatic plants, all the reservoirs were overflown using a helicopter, on June 4th and 5th. The results allowed to conclude that the occurrence of submersed plants, mainly *Egeria densa* and *Egeria najas*, is highly dependent on water transparency and light transmission. The higher turbidity*

¹ Recebido para publicação em 4.9.2003 e na forma revisada em 1.10.2003.

² Pós-Graduação, Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu-SP; ³ Professor Doutor, Departamento de Produção Vegetal – FCA/UNESP; ⁴ Professora Doutora, Departamento de Cartografia – FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente; ⁵ Professor Doutor – FEIS/UNESP – Campus de Ilha Solteira; ⁶ Criativa – Consultoria em Matologia e Meio Ambiente; ⁷ AES Tietê S.A.



and content of suspended solids, as well as the lower light transmission change the frequency of submersed plants. Promissão and Nova Avanhandava reservoirs were the most infested with submersed plants. The occurrence of marginal and floating plants is highly dependent on the formation of sediment banks. Barra Bonita, Bariri and Ibitinga reservoirs were the most infested with marginal and floating plants. P and N concentrations, turbidity and the contents of suspended solids were reduced by the downstream movement along the sequence of reservoirs (Barra Bonita => Bariri => Ibitinga => Promissão => Nova Avanhandava).

Key words: water quality, aquatic plant, sediment, reservoir.

INTRODUÇÃO

A rápida elevação da densidade demográfica em várias regiões do Brasil tem exigido um aumento constante na geração de energia elétrica e abastecimento de água de centros urbanos, tendo suas necessidades suplantadas através da construção de barragens, que possibilitam, ainda, a navegação, a recreação e a criação de peixes (fonte de alimento). No entanto, a construção de barragens implica uma ação do homem no meio, que, juntamente com outros fatores, como o descarte de resíduos industriais e esgoto nos corpos hídricos, acabam acarretando um desequilíbrio no ambiente aquático, possibilitando o crescimento excessivo de plantas aquáticas que prejudicam o uso múltiplo dos recursos, afetando a saúde pública (servindo de local para procriação de insetos vetores de doenças humanas), navegação (impedindo a passagem de embarcações por canais e eclusas), pesca (dificultando a armação de redes), recreação (modificando a aparência da superfície da água e dificultando o acesso das pessoas) e, nos últimos anos em uma escala maior, a geração de energia (pela constante necessidade de parada das turbinas geradoras de energia para retirada das plantas das grades de proteção destas turbinas) (Fernandez et al., 1990; Marcondes & Tanaka, 1997; Pitelli, 1998; Smith et al., 1999; Van Nes et al., 2002; Tanaka et al., 2002b; Thomaz, 2002).

A ocorrência de plantas aquáticas em reservatórios de hidrelétricas é um problema de importância crescente no Brasil. Algumas hidrelétricas já têm sua eficiência comprometida pela elevada infestação de plantas emersas e imersas. No reservatório de Americana, a área total infestada com plantas aquáticas era de 191 ha em junho de 2001, havendo um crescimento médio mensal de 2,27% (Velini et al., 2002). Merece destaque o caso da

hidrelétrica de Jupuíá, que, em alguns meses do ano, pode ser praticamente parada por causa da obstrução das grades de proteção das turbinas por grandes massas das plantas imersas *Egeria densa* e *Egeria najas* (Marcondes & Tanaka, 1997; Príncipe et al., 1997; Tanaka, 1998). Na Light, o custo anual com controle mecânico de macrófitas é da ordem de R\$ 3.000.000,00 (Velini, 1998).

Segundo Smith et al. (1999), tem sido notória a elevação dos níveis de nitrogênio e fósforo no meio ambiente. Estes elementos são indispensáveis para o desenvolvimento de culturas, mas são, também, os principais elementos envolvidos na eutrofização de corpos hídricos, isto é, no carregamento do meio aquático com nutrientes.

Conseqüentemente, o estudo das características do sedimento apresenta importante papel no entendimento de ecossistemas aquáticos. Os sedimentos apresentam grande concentração de nutrientes passíveis de troca com o meio. Frequentemente, as maiores taxas de liberação de nutrientes do sedimento para a coluna de água ocorrem quando a parte inferior desta se encontra com baixas concentrações de oxigênio, ou mesmo anaeróbica, fato este observado principalmente para o elemento fósforo (Esteves, 1998; De Felippo et al., 1999).

Este trabalho teve por objetivos caracterizar a água e o sedimento em cinco reservatórios constituídos para a geração de energia elétrica, administrados pela AES Tietê S.A., e correlacionar as informações obtidas com a ocorrência das principais plantas aquáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos de caracterização de qualidade de água, sedimento e levantamento de flora tiveram início com o sobrevôo dos

reservatórios da AES (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava), realizado nos dias 4 e 5 de junho de 2001, com o objetivo de permitir à equipe de trabalho um conhecimento mínimo dos reservatórios antes que as atividades de campo fossem iniciadas; registrando-se em fotos digitais os problemas com plantas aquáticas nos reservatórios, destacando-se a acumulação de plantas em áreas de lazer, portos, usinas e eclusas, além do auxílio no estabelecimento e na localização dos pontos de coleta de água e sedimento.

Para as amostragens de água e sedimentos (Figura 1) foram selecionados 15 pontos no reservatório de Barra Bonita (6 pontos no rio Capivara), 9 pontos no reservatório de Bariri (4 pontos no rio Lençóis), 7 pontos no reservatório de Ibitinga (3 pontos no rio Jacaré Guaçu), 8 pontos no reservatório de Promissão (4 pontos no rio Fartura) e 8 pontos no reservatório de Nova Avanhandava (4 pontos no rio Santa Bárbara), totalizando 47 pontos de coleta. Em cada reservatório foi selecionado um tributário, onde a amostragem dos pontos foi realizada em toda a seção (todas as profundidades de margem a margem) e cada ponto apresentava uma distância diferente do corpo principal do reservatório. Para os pontos no corpo do reservatório, a amostragem foi realizada em três profundidades, coletando-se na superfície, na profundidade média e no fundo da seção de cada ponto.

As campanhas de amostragens de água e sedimento foram realizadas em três épocas diferentes: 5 a 25 de junho de 2001, 23 de outubro a 15 de novembro de 2001 e 26 de fevereiro a 6 de março de 2002. Foram coletadas, no total, 291 amostras de água (97 amostras por época de coleta) e 141 amostras de sedimento (47 amostras por época de coleta), para caracterização do ambiente de ocorrência das plantas aquáticas.

As amostras de água foram coletadas com o uso de coletores de fluxo contínuo, onde a água era succionada através de uma mangueira de 30 m de comprimento, marcada de metro em metro, e liberada dentro de garrafas, para amostragem de água.

No momento da coleta foram anotadas as coordenadas geográficas do ponto, a profundidade, a transparência com disco de Secchi,

a temperatura do ar, o oxigênio dissolvido e a temperatura da água (Figura 2). No final de cada dia de coleta foram feitas as análises de pH, condutividade, potencial de oxirredução e turbidez. Após estas análises, cada amostra foi separada e acidificada com 2 mL de ácido sulfúrico, para análises de nitrogênio, e 2 mL de ácido nítrico, para análise de metais e minerais; em seguida, elas foram resfriadas, segundo Eaton et al. (1995), e transportadas até o Laboratório de Matologia do Departamento de Produção Vegetal da FCA-UNESP de Botucatu, para a realização das demais análises.

No laboratório foram determinadas, para cada amostra de água, as seguintes características: acidez; alcalinidade; teores de sólidos suspensos, dissolvidos e totais; teor de nitrato; teor de nitrito; teor de amônio; teor de nitrogênio inorgânico, orgânico e total; teor de sulfato; teores de fósforo reativo e total; dureza; demanda química de oxigênio; e teores dissolvidos de Na, Ca, Si, K, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Mg, Sn, Pb, Al, B, Ba, Co, Cr, Hg, Li, Mo e Se. Todas as análises foram realizadas segundo métodos apresentados por Eaton et al. (1995), sendo acidez, alcalinidade, demanda química de oxigênio e nitrogênio orgânico, por titulometria; sólidos, por gravimetria; nitrito, amônio, nitrato, sulfato, fósforo total e reativo, em um espectrofotômetro de UV visível da marca GBC, modelo Cintra 40; e os minerais e metais, em um espectrofotômetro de Plasma da marca Thermo Jarrel Ash, modelo Trace Scan.

Determinou-se, ainda, para algumas amostras selecionadas através do valor de turbidez, a transmissão de luz com comprimentos de onda de 190 a 900 nm, em cubetas com caminho ótico de 10 cm. A partir dos resultados obtidos, estimou-se a transmissão de luz por colunas de água de 1 m.

A coleta de sedimento foi feita com auxílio de uma draga manual, para coleta de solo em profundidade (coletor de Petersen - utilizado para amostragem de comunidade bentônica). As amostras de sedimento foram identificadas e colocadas em sacos plásticos para serem levadas até o laboratório, para secagem e realização das análises.

Após secagem, as amostras de sedimento foram utilizadas para determinação das



seguintes características: pH, capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação de bases (V%) e textura, além dos teores de matéria orgânica (MO%), Ca, Mg, P, K, nitrato, nitrito, amônia, N orgânico, N inorgânico, N total, S, H + Al, areia, silte, argila, Na, Ca, Si, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Mg, Sn, Pb, Ag, Al, B, Ba, Co, Cr, Hg, Li, Mo e Se. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Solo/Planta do Departamento de Produção Vegetal da FCA-UNESP de Botucatu.

Os levantamentos de flora (Figura 2) foram feitos nos meses de junho/julho de 2001, outubro/novembro de 2001 e fevereiro/março de 2002. Ao longo dos cinco reservatórios, foram utilizados 1.017, 514 e 356 pontos de avaliação, respectivamente. O maior número de pontos no primeiro levantamento justifica-se pela elevada frequência de pequenos grupos de

plantas flutuantes nos reservatórios do rio Tietê.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o sobrevôo foram obtidas 960 imagens digitais em um período de 10 horas, ou seja, 1,6 imagem por minuto. Na Figura 3 são apresentadas duas imagens digitais que caracterizam o acúmulo de plantas aquáticas no ingresso de um tributário e junto à barragem de uma usina. O sobrevôo permitiu verificar que a distribuição das plantas aquáticas não é uniforme em todo o corpo de água de cada reservatório. A presença de plantas marginais e flutuantes normalmente está associada ao processo de sedimentação que ocorre nas margens e nas áreas de ingresso de tributários nos reservatórios.



Figura 1 - Amostragem de água e sedimento nos reservatórios da AES Tietê.



Figura 2 - Análise de água e levantamento de flora nos reservatórios da AES Tietê.

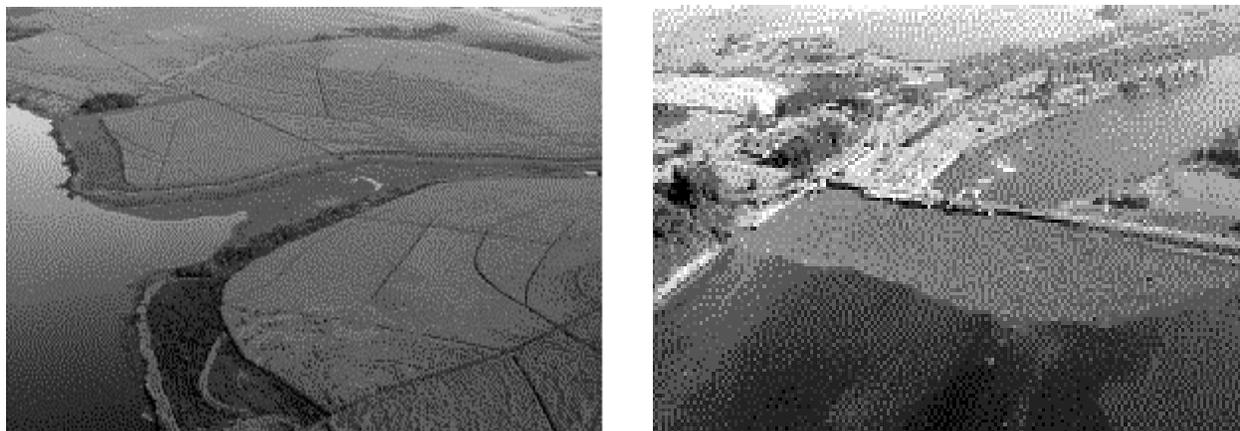


Figura 3 - Imagens obtidas durante o sobrevôo dos reservatórios da AES Tietê.

Devido ao grande número de informações obtidas nas análises de água e sedimento, optou-se pela apresentação, neste trabalho, apenas dos valores médios das principais características avaliadas nas amostras coletadas nos reservatórios, tanto para amostras de água (Tabela 1) quanto para sedimento (Tabela 2), sem considerar os tributários. Estes últimos caracterizam-se principalmente por maiores valores de turbidez, menores valores de transparência com disco de Secchi e maiores quantidades de sólidos em suspensão, o que refletiu diretamente em baixos índices de transmissão de luz. As médias apresentadas neste trabalho representaram de forma concisa os dados originais utilizados na constituição de cada média.

Considerando-se a classe 2 da Resolução CONAMA 20 (1986), devem ser destacados os elevados teores de oxigênio dissolvido na água durante a primeira campanha de coleta, com média variando de 7,05 a 8,67. O menor valor encontrado neste levantamento foi de 3,58 mg L⁻¹, em superfície, no ponto próximo à cidade de Anhembi, no reservatório de Barra Bonita. Na segunda e terceira campanhas, os níveis médios de oxigênio dissolvido diminuíram, variando de 5,45 a 6,73 e 3,55 a 7,76 mg L⁻¹, respectivamente. Novamente, os menores valores encontrados nestas campanhas foram observados no ponto próximo à cidade de Anhembi, com valores de 1,23 e 0,41 mg L⁻¹ para a segunda e terceira campanhas, respectivamente.

Os valores de pH permaneceram próximos da neutralidade, tendendo a valores levemente ácidos no início da cascata de reservatórios, alcançando valores próximos a oito no final desta.

De modo coerente, os valores médios de turbidez foram mínimos nas amostras de junho, variando de 3,40 a 10,20 NTU, e máximos na amostragem de fevereiro/março, quando foram observadas médias variando de 10,26 a 58,05 NTU, devido principalmente à época chuvosa, o que provocou uma importante redução na taxa de transmissão de luz. Contudo, nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava, aqueles com maiores infestações de plantas aquáticas imersas, os valores médios de turbidez na terceira coleta foram de 12,23 NTU e 10,26 NTU.

Os valores médios de nitrato foram muito próximos na primeira e terceira campanhas, variando de 2,67 a 7,09 e 3,62 a 5,70, respectivamente. Valores médios maiores ocorreram na segunda campanha, variando de 3,15 a 16,85 mg L⁻¹.

Para fosfato, as médias, de todos os reservatórios, observadas nas três campanhas variaram de 30,59 a 160 µg L⁻¹ na primeira, 7,24 a 225,34 µg L⁻¹ na segunda e 2,94 a 121,50 µg L⁻¹ na terceira campanha. Pelas médias foi possível observar uma redução dos teores de fosfato ao longo do rio Tietê, sendo os maiores valores observados no reservatório de Barra Bonita, com tendência contínua de

decréscimo com o caminharmento a jusante deste reservatório. Essa tendência foi observada também para sólidos em suspensão, turbidez e condutividade elétrica, concordando com o trabalho de Fracácio et al. (2002), que avaliaram as características destes mesmos reservatórios em alguns meses nos anos de 1999 e 2000.

Quanto aos teores de sólidos suspensos, a redução entre os pontos de ingresso dos rios Tietê e Piracicaba e os pontos a jusante dos grandes bancos de macrófitas nestes rios foi da ordem de 5, 20 e 30 g m⁻³ nas três épocas de avaliação, respectivamente. Ao longo de um ano e considerando uma vazão média de 385 m³s⁻¹ (defluência média em Barra Bonita durante 2001 e 2002), isso representa a sedimentação de 222.592 t de sólidos ao ano nas áreas de transição de ambiente lótico para ambiente lêntico, com maiores problemas com plantas aquáticas marginais e flutuantes. Essa

observação indica a impossibilidade de dissociar os problemas de assoreamento e ocorrência de macrófitas.

Quanto à composição do sedimento, deve ser destacado o elevado nível de fertilidade em todos os reservatórios, quando comparados a valores recomendados para culturas anuais em solos agrícolas (Van Raij et al., 1997). Para estes últimos, são considerados teores altos de P, Ca e Mg: de 41 a 80 mg dm⁻³, de 4 a 7 mmol dm⁻³ e de 5 a 8 mmol dm⁻³, respectivamente. Exemplificando, os teores médios (nas três avaliações) destes nutrientes em todos os reservatórios estudados variaram de 17,07 a 173 mmol dm⁻³, para P; de 9,86 a 101,49 mmol dm⁻³, para Ca; e de 3,72 a 18,20 mmol dm⁻³, para Mg. Os maiores teores médios de fósforo foram observados em Barra Bonita, Bariri e Ibitinga. Valores bastante inferiores foram observados em Promissão e, sobretudo, em Nova Avanhandava. Estes dois

Tabela 1 - Resultados médios das análises de água dos reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava. Coletas 1, 2 e 3 - realizadas, respectivamente, de 5 a 25 de junho de 2001, de 23 de outubro a 15 de novembro de 2001 e de 26 de fevereiro a 6 de março de 2002

	Coleta	B. Bonita	Bariri	Ibitinga	Promissão	N. Avanhandava
pH	1	6,23	6,31	7,36	7,39	7,45
	2	7,26	7,25	7,48	7,71	7,82
	3	6,83	7,25	7,11	7,07	7,54
Turbidez (NTU)	1	7,43	10,20	4,22	4,59	3,40
	2	11,46	25,02	9,55	17,90	5,76
	3	58,05	34,93	20,28	12,13	10,26
O.D. (mg L ⁻¹)	1	7,05	8,55	8,67	7,85	7,90
	2	5,45	6,39	6,61	6,73	6,60
	3	3,55	5,69	5,43	6,40	7,76
Sólidos Susp. (g m ⁻³)	1	13,61	13,18	4,67	1,94	8,13
	2	26,82	20,76	11,80	6,63	4,56
	3	39,39	43,06	13,56	14,50	10,18
Nitrato (mg L ⁻¹)	1	5,61	7,09	5,58	3,15	2,67
	2	12,12	16,85	11,42	6,10	3,15
	3	5,70	5,60	5,09	4,50	3,62
Amônia (mg L ⁻¹)	1	1,44	0,39	0,10	0,17	0,13
	2	1,20	0,11	0,07	0,07	0,06
	3	0,56	0,12	0,17	0,13	0,17
Nitrito (mg L ⁻¹)	1	0,12	0,08	0,02	0,01	0,02
	2	0,70	0,70	0,13	0,45	0,05
	3	0,25	0,07	0,07	0,03	0,07
Fosfato (µg L ⁻¹)	1	160,62	54,06	30,59	34,80	66,08
	2	225,34	193,83	82,92	15,72	7,24
	3	121,50	102,70	58,32	18,75	2,94

reservatórios encontram-se em região de solos de altos teores de areia e baixos teores de argila, devido à predominância de Latossolo Vermelho Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico/Distrófico, provenientes de rochas areníticas do grupo Bauru (Embrapa, 1999). Para a região do reservatório de Barra

Bonita, os solos predominantes são Latossolo Vermelho Distroférico e Nitossolo Vermelho Distroférico, ambos provenientes de rocha alcalina (basalto) da formação Serra Geral, e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, provenientes da formação Botucatu (Embrapa, 1999).

Tabela 2 - Resultados médios das análises de sedimento dos reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava. Coletas 1, 2 e 3 - realizadas, respectivamente, de 5 a 25 de junho de 2001, de 23 de outubro a 15 de novembro de 2001 e de 26 de fevereiro a 6 de março de 2002

	Coleta	B. Bonita	Bariri	Ibitinga	Promissão	N. Avanhadava
pH CaCl	1	5,16	5,90	5,25	5,04	5,22
	2	5,20	5,47	5,37	4,96	5,56
	3	4,90	5,57	5,27	5,77	4,77
M.O. (g kg ⁻¹)	1	19,43	12,23	50,11	31,08	24,30
	2	19,31	16,37	39,63	18,77	22,40
	3	22,50	16,33	41,04	26,32	26,16
P (mg dm ⁻³)	1	94,33	57,96	66,99	27,84	17,87
	2	173,63	74,58	116,50	36,78	28,77
	3	104,16	58,08	66,56	17,07	23,67
K (mmol dm ⁻³)	1	0,75	0,67	0,83	0,76	0,58
	2	0,95	0,93	1,73	0,73	1,05
	3	0,62	0,95	1,23	1,05	0,78
Ca (mmol dm ⁻³)	1	33,44	64,76	101,49	68,80	45,37
	2	33,30	52,64	77,36	30,98	54,64
	3	16,33	27,89	9,86	10,00	11,12
Mg (mmol dm ⁻³)	1	8,71	13,07	14,26	10,46	6,92
	2	7,85	8,64	18,20	7,05	4,85
	3	5,87	9,47	11,23	5,50	3,72
C.T.C. (mmol dm ⁻³)	1	88,25	103,28	172,48	138,75	92,64
	2	88,96	87,16	145,11	84,39	94,30
	3	65,79	61,60	74,01	38,97	54,93
Areia (%)	1	57,46	79,00	48,86	65,88	75,00
	2	59,62	71,67	28,00	71,25	69,88
	3	61,40	69,00	38,42	70,75	70,00
Argila (%)	1	26,08	11,22	29,86	21,00	15,50
	2	31,00	21,22	58,14	23,13	22,38
	3	29,20	22,00	46,28	21,75	22,63
Silte (%)	1	16,38	8,44	21,29	13,13	10,75
	2	9,38	7,11	13,86	5,63	7,75
	3	9,40	9,00	15,28	7,50	7,34
NH ₃ (mg L ⁻¹)	1	164,96	70,61	129,95	78,68	72,21
	2	77,13	46,82	68,05	23,19	51,19
	3	42,86	22,11	39,66	28,11	43,57
NO ₃ (mg L ⁻¹)	1	20,51	18,12	20,36	17,67	19,45
	2	9,56	10,38	9,55	8,31	9,01
	3	10,03	8,42	10,40	10,76	13,62
N total (mg L ⁻¹)	1	1.160,92	844,67	2.323,00	1.516,38	1.143,63
	2	950,94	760,59	1.980,60	975,63	909,30
	3	1.269,33	924,00	1.916,00	1.330,00	1.155,00



Na região do reservatório de Bariri, os solos predominantes são Latossolo Vermelho Distroférico e Nitossolo Vermelho Distroférico, provenientes de rochas alcalinas (basalto) da formação Serra Geral. Para a região do reservatório de Ibatinga, os médios teores da areia e os altos teores de argila dos sedimentos, determinando uma textura argilosa, se devem à ocorrência de Latossolo Vermelho Distroférico e Nitossolo Vermelho Distroférico da formação Serra Geral (Embrapa, 1999).

Deve ser destacado que o sedimento pode se constituir em uma fonte mais estável de nutrientes para suportar o crescimento de comunidades de plantas aquáticas, justificando em parte a grande ocorrência de plantas aquáticas nas áreas de intensa sedimentação. Nestas áreas, a baixa profundidade permite que mesmo o sistema radicular de plantas tipicamente flutuantes alcance e utilize o grande estoque de nutrientes disponível no sedimento.

Outra característica avaliada refere-se à percentagem de transmissão de luz para comprimentos de onda entre 190 e 900 nm. O principal objetivo desta avaliação foi estimar a disponibilidade de luz fotossinteticamente ativa (entre 400 e 700 nm) em colunas de água de 1 m de espessura e, por consequência, inferir o potencial de crescimento de plantas imersas. Os resultados obtidos com esta avaliação indicam que a maior penetração de luz na coluna de água está, também, relacionada à maior ocorrência de plantas aquáticas imersas nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava. Elevadas frequências de *Egeria densa* e *Egeria najas* foram observadas somente nestes dois reservatórios.

Na Figura 4 são apresentados os índices de transmissão de luz das amostras do reservatório de Bariri, próximo ao início da cascata de reservatórios, onde se pode observar os menores índices de transmissão de luz apresentados pelo tributário rio Lençóis, quando comparado com as amostras obtidas no corpo do reservatório de Bariri. Na Figura 5 são apresentados os índices de transmissão de luz para amostras no corpo do reservatório de Nova Avanhandava, no final da cascata de reservatórios, onde foram observados maiores índices de transmissão de luz, quando comparado com

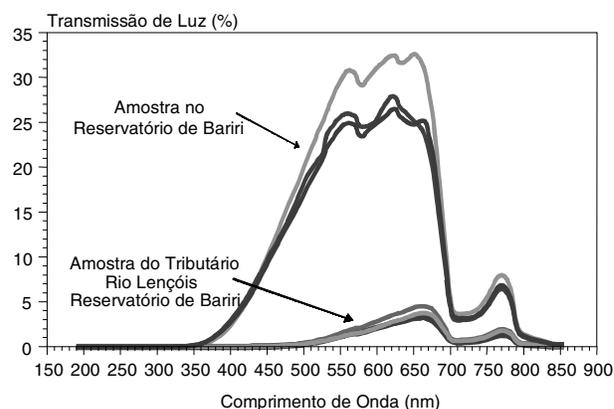


Figura 4 - Percentagem da transmissão de luz no reservatório de Bariri.

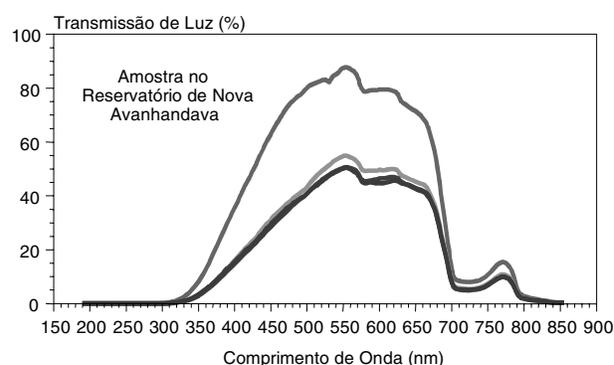


Figura 5 - Percentagem da transmissão de luz no reservatório de Nova Avanhandava.

as amostras do reservatório de Bariri.

As principais espécies de plantas aquáticas presentes são sempre as marginais e flutuantes. Os resultados apresentados na Tabela 3 permitem eleger as espécies *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadripa*, *Eichhornia crassipes* e *Typha angustifolia* como prioritárias em termos de estabelecimento de programas de controle de macrófitas. A espécie *Egeria densa* não foi importante nos reservatórios de Barra Bonita Bariri e Ibatinga, mas apresentou elevados valores de importância nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava. Para *Egeria najas* observou-se comportamento similar, porém esta espécie foi localizada já a partir do reservatório de Ibatinga.

Com a realização deste trabalho, pode-se concluir que:

- Com o deslocamento a jusante no rio Tietê, ocorre redução dos teores de fosfato e nitro-

Tabela 3 - Índices de valor de importância (%) para as principais espécies de plantas aquáticas. Levantamentos realizados nos meses de junho/julho de 2001, outubro/novembro de 2001 e fevereiro/março de 2002

Espécie	Reservatório				
	Barra Bonita	Bariri	Ibitinga	Promissão	N. Avandava
<i>Brachiaria subquadriflora</i>	16,08	35,96	17,06	17,53	4,06
<i>Eichhornia crassipes</i>	9,28	13,76	18,49	8,54	7,75
<i>Brachiaria mutica</i>	17,52	15,39	10,41	6,95	0,67
<i>Typha angustifolia</i>	1,69	10,64	18,78	1,24	12,63
<i>Egeria densa</i>	0,00	0,00	2,48	6,67	19,47
<i>Polygonum lapathifolium</i>	15,57	0,88	2,07	8,85	1,24
<i>Panicum rivulare</i>	8,19	4,88	7,22	2,59	0,04
<i>Egeria najas</i>	0,00	0,00	0,01	2,85	16,82
<i>Cyperus difformis</i>	0,24	0,00	2,04	9,38	8,01
<i>Enidra sessilis</i>	5,74	7,80	3,44	0,66	0,00
<i>Paspalum repens</i>	4,61	2,22	4,91	3,73	0,33
<i>Eichhornia azurea</i>	0,00	0,00	1,25	8,70	5,59
<i>Pistia stratiotes</i>	6,48	2,83	2,59	1,02	1,30
<i>Salvinia auriculata</i>	3,99	1,06	1,20	3,05	4,66
<i>Ludwigia elegans</i>	0,31	0,41	0,39	3,28	2,88
<i>Echinochloa polystachya</i>	5,21	0,67	0,02	1,06	0,00
<i>Salvinia molesta</i>	0,11	0,20	1,30	3,18	1,08
<i>Utricularia foliosa</i>	0,00	0,00	0,14	3,44	1,83
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,00	2,62	0,66	0,90	0,00
<i>Cabomba caroliniana</i>	0,00	0,00	0,73	1,15	2,06
<i>Pithophora</i> spp.	0,00	0,11	2,23	1,58	0,02
<i>Nymphaea ampla</i>	0,00	0,00	0,45	0,86	2,04
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	0,09	0,15	0,35	0,59	2,13
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	1,62	0,00	0,00	0,90	0,00
<i>Cyperus giganteus</i>	0,00	0,00	0,01	0,00	2,04
<i>Commelina erecta</i>	0,01	0,16	1,07	0,00	0,63
<i>Nymphoides</i> spp.	0,00	0,13	0,42	0,09	0,81
<i>Eleocharis interstincta</i>	0,00	0,00	0,00	0,03	1,30
<i>Heliotropium indicum</i>	1,31	0,00	0,00	0,01	0,00
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	0,82	0,00	0,09	0,29	0,11
<i>Eragrostis pilosa</i>	0,41	0,00	0,00	0,59	0,09
<i>Heteranthera reniformis</i>	0,02	0,00	0,01	0,28	0,38
<i>Mimosa pudica</i>	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ipomoea alba</i>	0,06	0,14	0,18	0,00	0,00
<i>Cyperus meyenianus</i>	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03

gênio, além da turbidez e das quantidades de sólidos em suspensão.

- Os sólidos em suspensão apresentam grande efeito na transmissão de luz por colunas de água, determinando a ocorrência, ou não, de plantas aquáticas imersas.
- Grandes infestações de plantas marginais e

flutuantes estão associadas à sedimentação que ocorre na área de ingresso de tributários nos reservatórios.

- Os reservatórios com maiores níveis de infestação com plantas aquáticas flutuantes e marginais foram Barra Bonita, Bariri e Ibitinga.
- A ocorrência de plantas aquáticas imersas,



destacando-se *Egeria najas* e *Egeria densa*, depende da transparência da água, havendo maiores infestações nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava.

LITERATURA CITADA

DE FELIPPO, R. et al. As alterações na qualidade da água durante o enchimento do reservatório de UHE Serra da Mesa-GO. In: HENRY, R. (Ed.) **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO, 1999. p. 321-346.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19.ed. Maryland: American Public Health Association, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: 1999. 412 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1998. 575 p.

FERNANDEZ, O. A. et al. Aquatic weed problems and management in South and Central America. In: PIETERSE, A. H., MURPHY, K. J. **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford University Press, 1990. p. 407-425.

FRACÁCIO, R. et al. Limnologia dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê: uma análise espacial e temporal. In: ESPÍNDOLA, E. L. G. et al. **Recursos Hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado**. São Carlos: RIMA, 2002. p. 145-164.

MARCONDES, A. S. M.; TANAKA, R. H. Plantas aquáticas nos reservatórios das Usinas Hidrelétricas da CESP. In: WORKSHOP PLANTAS AQUÁTICAS, CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 2-4.

PITELLI, R. A. Macrófitas aquáticas no Brasil, na condição de problemáticas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: IBAMA, 1998. p. 32-35.

PRÍNCIPE, C. R.; KURATANI, H.; MELONI, M. L. B. Impactos da afluência de Elódeas na operação e manutenção da Usina Hidrelétrica Eng. Souza Dias (Jupia) - CESP. In: WORKSHOP PLANTAS AQUÁTICAS, CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 5-8.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA, 20. 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em: 13 jul. 2001.

RIEMER, D. N. Biological aspects of aquatic plants. In: _____. **Introduction freshwater vegetation**. Westport: 1984. p. 47-50.

SMITH, V. H.; TILMAN, G. D.; NEKOLA, J. C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. **Environ. Poll.**, v. 100, p. 176-196, 1999.

TANAKA, R. H. Prejuízos provocados por plantas aquáticas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: IBAMA, 1998. p. 36-38.

TANAKA, R. H. et al. Avaliação de herbicidas no controle de egeria em laboratório, caixa d'água e represa sem fluxo d'água. **Planta Daninha**, v. 20, p. 73-81, 2002. Edição especial.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, v. 20, p. 21-33, 2002. Edição especial.

VAN NES, E. H. et al. Aquatic macrophytes: restore, eradicate or is there a compromise? **Aquatic Bot.**, v. 72, p. 387-403, 2002.

VAN RAIJ, B. et al. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 297 p. (Boletim Técnico, 100)

VELINI, E. D. Controle mecânico de plantas daninhas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, **Anais...** Brasília: IBAMA, 1998. p. 32-35.

VELINI, E. D. et al. Manejo de plantas aquáticas em grandes reservatórios: riscos associados à estratégia de não ação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Gramado: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2002. p. 610.