

CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DE UMA BAIJA MARGINAL AO RIO PARANAPANEMA (ZONA DE DESEMBOCADURA NA REPRESA DE JURUMIRIM, SP)

MOSCHINI-CARLOS, V.* , POMPÊO, M.L.M.* & HENRY, R.**

* Departamento de Oceanografia e Limnologia
LABOHIDRO, UFMA, MA, Brasil.

** Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências
UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

RESUMO: Caracterização limnológica de uma baía marginal ao rio Paranapanema (zona de desembocadura na represa de Jurumirim, SP). O objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização limnológica de uma baía marginal ao rio Paranapanema (zona de desembocadura na represa de Jurumirim-SP). A baía apresenta-se ligada ao rio em um único ponto e é margeada por extensos estandes de macrófitas aquáticas emergentes. As variáveis físicas e químicas da água (temperatura, transparência, condutividade elétrica, pH, concentração de oxigênio dissolvido, material em suspensão total e suas frações, nitrato, nitrito, amônia, fosfato total e inorgânico dissolvidos e silicato) foram determinadas através de 18 coletas no período de agosto de 1993 a julho de 1994, nas profundidades 0,0m; 1,0m e 2,0m. Estas variáveis também foram correlacionadas com a temperatura do ar, precipitação, vazão e cota. Uma variação de 2m no nível da água foi registrada, apresentando-se relacionada ao regime pluviométrico e à operação do reservatório. Uma relação inversa entre a precipitação e o nível de água foi observada significando um intercâmbio mais intenso entre as águas do rio e da baía quando o nível da água encontra-se mais elevado. Entre as variáveis determinadas, a temperatura da água, a condutividade elétrica, a transparência, o oxigênio dissolvido, a vazão e o material em suspensão total, bem como a precipitação e a variação do nível da água, devem ser utilizados como fatores fundamentais para o entendimento da dinâmica deste sistema.

Palavras-chave: baias marginais, rios, ciclo hidrológico, fatores físicos e químicos.

ABSTRACT: Limnological characterization of a marginal bay on the Paranapanema River (mouth zone into the Jurumirim Reservoir, SP). The aim of this study is to present zone characteristics of a marginal bay found at the mouth of the Paranapanema River in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). The bay has only one connection with the river and is surrounded by extensive stands of emergent aquatic macrophytes. The physical and chemical variables (temperature, electrical conductivity, transparency, dissolved oxygen, suspended matter, nitrate, nitrite, ammonia, total dissolved phos-

phate, inorganic dissolved phosphate and silica) were determined in 18 water samples from August 1993 to July 1994. Three depths were sampled: 0.0m; 1.0m and 2.0m. The variables were also correlated with air temperature, precipitation, water flows and level. The reservoir depth varied about 2m throughout the year, and this variation was due to precipitation and reservoir management. An inverse relationship between precipitation and water level was observed. Thus, water input from the river to the bay occurred when the river water level was high. The most important factors affecting the bay water were water temperature, electrical conductivity, transparency, dissolved oxygen, suspension of matter, water flow, rainfall and water level variations.

Key-words: marginal lake, river, hidrological regime, physical and chemical factors.

INTRODUÇÃO

Os lagos formados por atividades de rios no Brasil compreendem: lagos de barragem, lagos de ferradura ou de meândros e lagos de inundação (Esteves, 1988). Os lagos de barragem originam-se pelo represamento dos afluentes dos rios, em função da deposição de sedimentos ao longo de seu leito. Os lagos de ferradura são formados através do isolamento de meandros por processos de erosão e sedimentação das margens dos rios. Os lagos de inundação são caracterizados por uma grande variação do nível da água em função da precipitação, sendo desta forma submetidos a grandes oscilações de área e profundidade durante o ano. São conhecidos como "lagos de várzea" na região Amazônica e como "baías" no Pantanal do Mato Grosso (Esteves, 1988). A oscilação do nível do rio influencia os lagos de várzea, dependendo da conexão entre o rio e o lago. Esta conexão pode ser temporária ou permanente, conforme a morfologia, a posição e o tamanho do lago (Junk, 1980).

No período de estiagem, os lagos temporários podem secar completamente ou então apresentar uma dinâmica própria independente dos rios, enquanto que os lagos perenes mantêm estreitos contatos com os rios, influenciando diretamente a sua biocenose e o balanço de nutrientes. No período de cheias, os lagos de várzea apresentam um aumento no nível d'água, sendo sua área de superfície difícil de ser determinada. Os lagos de várzea são considerados como oligomíticos durante o período de cheia e polimíticos durante a seca. A circulação de água, no período de seca, ocorre principalmente em função do vento (Junk, 1980). As concentrações de oxigênio dissolvido modificam-se através das alterações do nível d'água, sendo na seca menores e durante as enchentes maiores em função da entrada de água dos rios.

Algumas baías marginais na zona de desembocadura do rio Paranapanema, localizadas a montante da represa de Jurumirim, mostram um contato direto com o rio e, estão submetidas tanto ao regime pluviométrico da região como à operação do reservatório, através do controle da vazão. Desta forma, a variação do nível hidrológico da represa de Jurumirim afeta diretamente a zona de desembocadura do rio Paranapanema e conseqüentemente suas baías marginais.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização limnológica de uma baía marginal ao rio Paranapanema (represa de Jurumirim), envolvendo as variáveis climatológicas, hidrodinâmicas, físicas e químicas da água e analisar a dinâmica do sistema.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na zona de desembocadura do rio Paranapanema (fig. 1), principal tributário do reservatório de Jurumirim (região sul do estado de São Paulo).

Além do canal principal do rio Paranapanema, podem ser observadas nesta região extensas áreas permanentemente inundadas, com inúmeras baías, margeadas por estandes monoespecíficos da macrófita aquática emergente *Echinochloa polystachya* (H.B.K) Hitchcock. Outras espécies de macrófitas aquáticas como *Eichhornia azurea* Kunth, *Polygonum spectabile* Mart., *Limnobium stoloniferum* Meyer, *Scirpus cubensis* Poepp. & Kunth, *Pistia stratiotis* L. e os gêneros *Ludwigia* sp, *Myriophyllum* sp, *Azolla* sp, *Utricularia* sp e *Habenaria* sp também são encontradas (Pompêo, 1996).

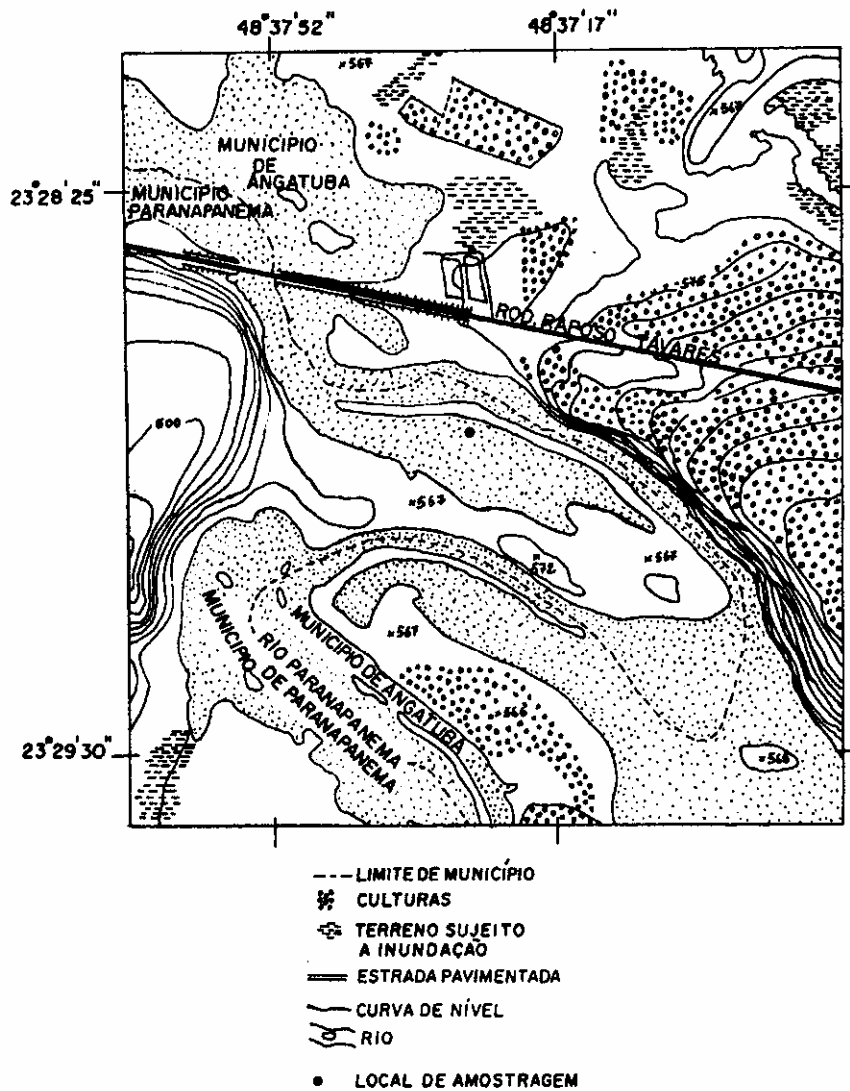


Figura 1: Localização da baía de estudo (escala 1:10000), na zona de desembocadura do rio Paranapanema, represa de Jurumirim (estado de São Paulo - Brasil).

A baía estudada apresenta um único ponto de ligação direta com o rio Paranapanema (fig. 1). A calha principal do rio e a baía apresentam respectivamente, cerca de 50 e 500 m de largura e 5,0 e 2,0 m de profundidade máxima (fig. 2).

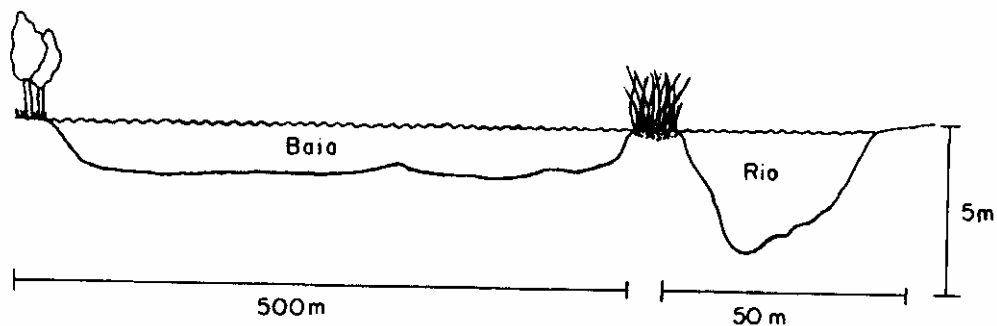


Figura 2: Secção transversal da baía e do rio Paranapanema (na zona de desembocadura na represa de Jurumirim).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos de campo foram realizados em agosto (dias 09, 16, 23 e 30), setembro (dia 06), outubro (dia 11), novembro (dia 08) e dezembro (dia 06) de 1993 e em janeiro (dia 03), fevereiro (dias 11, 18, 25), março (dia 04 e 11), abril (dia 08), maio (dia 06), junho (dia 10) e julho (dia 05) de 1994.

Os dados de temperatura do ar (Tar) e precipitação pluviométrica (Prec) foram obtidos na Estação Meteorológica da Cooperativa Agro-industrial Holambra, distante cerca de 30km do ambiente de estudo. Os dados de cota diária (Cota) da represa e de vazão defluente (Vazão) foram obtidos no Setor de Operações da represa de Jurumirim.

O perfil vertical da temperatura da água (Tag) foi determinado com um Termistor Toho Dentan ($\pm 0,1$ °C), em dois períodos, um pela manhã (entre 8 e 10 horas) e outro no início da tarde (entre 12 e 14 horas). A transparência da água (Sec) foi estimada através da leitura da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi.

As amostras de água foram coletadas em 3 profundidades (superfície, meio e fundo) da coluna d'água. Foram determinadas a condutividade elétrica - Cond - (K_{25} - condutivímetro Hach Mod. 2511), o pH (potenciômetro Micronal B 371), a alcalinidade - Alca (titulação com ácido forte, técnica descrita em Golterman et al., 1978), a concentração de oxigênio dissolvido -Oxig - (método de Winkler, segundo Golterman et al., 1978) e o material em suspensão total (MST), orgânico (MSO) e inorgânico (MSI) (segundo Teixeira et al., 1965 e Tundisi, 1969). O carbono inorgânico (Cinor) foi calculado segundo Mackereth et al. (1978). A porcentagem de saturação do oxigênio (%*osat*) foi calculada segundo Golterman et al. (1978), utilizando-se dos valores de solubilidade de oxigênio para cada temperatura, corrigidos para a pressão atmosférica local. Para a estimativa das concentrações dos nutrientes dissolvidos, a água foi previamente filtrada em filtro Millipore AP-40, estocada em frascos de polietileno e guardada em freezer (-20°C). As determinações foram realizadas na forma iônica segundo as técnicas descritas em Mackereth et al. (1978) - nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-); Golterman et al. (1978) - silicato reativo (SiO_2); Koroleff (1976) - amônio (NH_4^+);

Strickland & Parsons (1960) - fosfato inorgânico (PTI) e fosfato total dissolvido (PTD).

A avaliação de diferenças entre as profundidades para cada uma das variáveis determinadas, foi realizada através da Análise Multivariada de Medidas, complementadas com a construção dos intervalos de confiança simultâneos (Morrison, 1976). Esta análise leva em conta a variabilidade dos dados e, permite verificar se há diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) ao longo do período estudado, entre a média anual das respectivas profundidades e, se há ou não homogeneidade entre superfície, meio e fundo. Havendo diferenças significativas entre as médias anuais de superfície, meio e fundo, pode-se discriminar a profundidade. Também foram realizadas análises de correlações lineares (r de Pearson) entre as variáveis físicas e químicas da água, climatológicas e hidrodinâmicas.

RESULTADOS

Ao longo do período de estudo pode ser observado marcado padrão de variação das temperaturas máximas e mínimas do ar. Temperaturas mais elevadas foram observadas entre outubro de 1993 a março de 1994 (fig. 3a).

As menores precipitações foram registradas em agosto de 1993, maio, junho e julho de 1994, com amplitude de variação neste período de 27,4 a 75,7mm. As maiores precipitações, foram registradas em setembro de 1993 (180,0mm) e em janeiro (260,0mm) e fevereiro de 1994 (220,0mm) (fig. 3a). A precipitação anual foi de 1473,8mm.

Ao longo do período de estudo, foi verificada uma amplitude de variação do nível da água de 2,0m (fig. 3b). No período de agosto a setembro, ocorreu um ligeiro abaixamento do nível da água. Devido à elevada precipitação ocorrida no final de setembro, houve uma elevação do nível da água atingindo pico máximo em outubro. A seguir, uma diminuição acentuada foi constatada até janeiro de 1994, atingindo o mais baixo nível (cota 565,2m). Em função da elevada precipitação ocorrida em janeiro de 1994, houve uma elevação do nível da água até fevereiro de 1994. A partir de fevereiro, o nível manteve-se relativamente estável até julho de 1994, propiciando um acúmulo de água no reservatório devido a menor vazão efluente.

Na fig. 4 estão apresentados os perfis verticais de temperatura na coluna d'água do local de estudo. Os valores de temperatura foram de modo geral, menores de manhã com tendência à isoterma, exceto nos dias 30-08 e 11-10-93 e 11-02, 25-02 e 11-3-94, onde gradientes térmicos significativos da coluna d'água foram evidentes. Os perfis térmicos determinados à tarde, permitiram constatar a formação de estratificações térmicas de superfície na coluna d'água em alguns períodos (30-08, 11-10 e 06-12-93 e 11-02, 18-02, 11-03, 06-05-94), em decorrência do aquecimento maior das camadas superficiais. A maioria das estratificações térmicas observadas no período da manhã (30-08-93, 11-02 e 11-03-94), ocorreu em zonas mais profundas (maior que 1,5 m). Aquelas observadas no período da tarde (30-08-93, 25-02 e 11-03-94) ocorreram em zonas mais rasas (menor que 0,6 m). A causa provável é o maior aquecimento da massa d'água superficial, provocado pela radiação solar no período da tarde. Também foram observadas microestratificações ao longo da coluna d'água (dias 25-02 e 06-05-94 e nos dias 11-02 e 10-06, somente no período da tarde), possivelmente devido à baixa circulação em dias de pouca ação do vento. A tendência à homogeneidade térmica observada nos dias 16-08, 23-08, 06-09, 8-11 de 1993 e 3-01, 4-03, 10-06 e 05-07 de 1994, deve ser atribuída provavelmente a uma intensa ação do vento, promovendo a circulação da massa d'água.

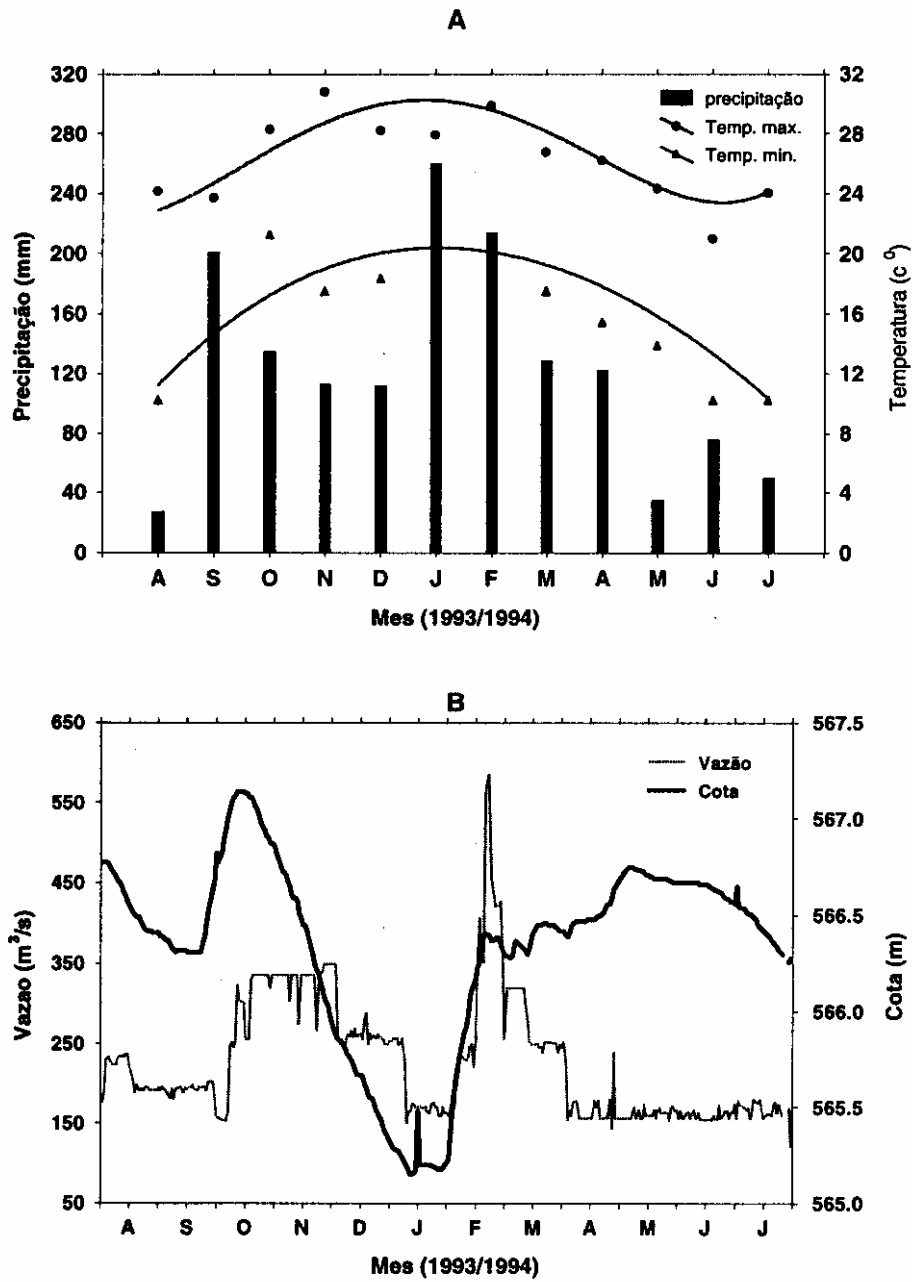


Figura 3: Variações temporais da temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$) (máximas e mínimas) e das precipitações mensais (mm) (a), do nível da água (cota - m) e da vazão efluente (m^3/s) (b) na represa de Jurumirim.

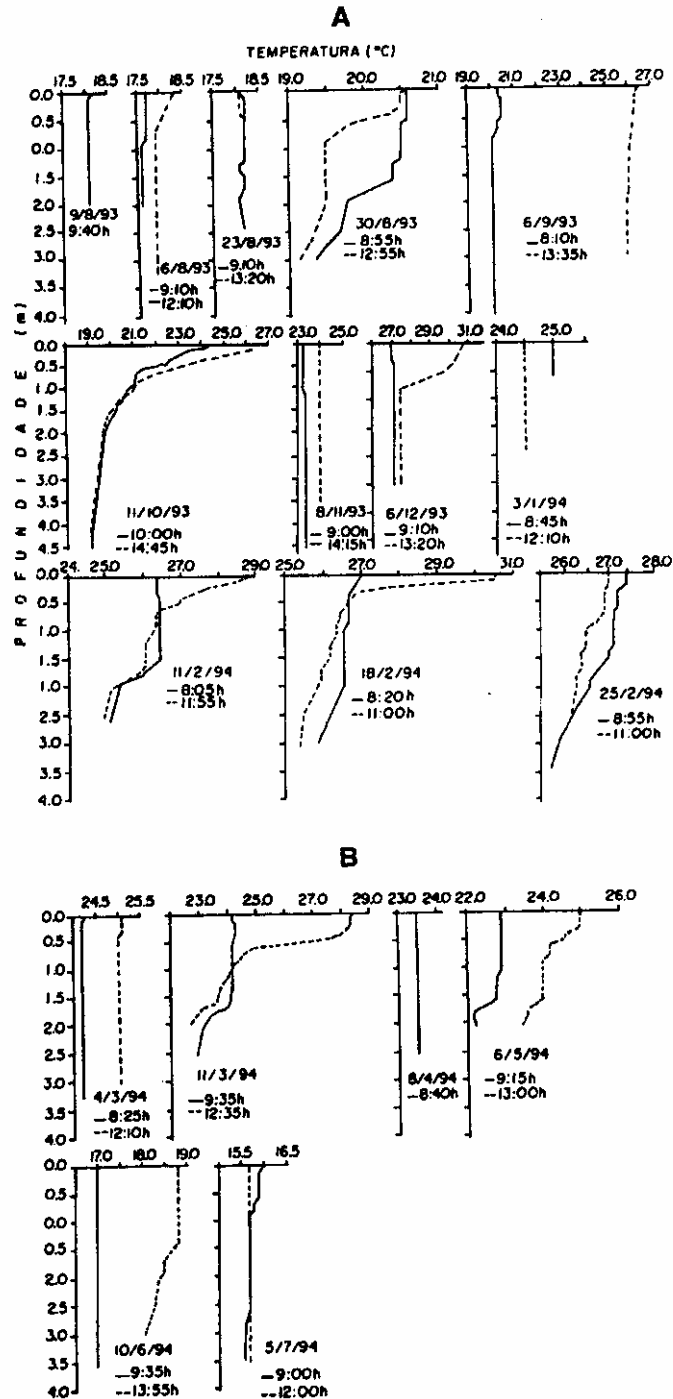


Figura 4: Perfis verticais de temperatura na coluna d'água durante o período de estudo (a: 09/08, 16/08, 23/08, 30/08, 06/09, 08/11, 06/12 de 1993; 03/01, 11/02, 18/02, 25/02; b: 04/03, 11/03, 08/04, 06/05, 10/06, 05/07 de 1994).

Os valores mínimos e máximos da transparência da água foram de 0,3 (11/10/93 e 03/01/94) e 1,3m (30/8/93), respectivamente (fig. 5). O coeficiente de atenuação vertical da luz (fig. 5) teve uma variação inversa a transparência da água, com valor mínimo de 6,9 (30/8/93) e máximo de 30 (11/10/93 e 03/01/94). A causa provável da menor transparência da água e conseqüentemente maior atenuação da luz deve-se a dois fatores: o aumento do material em suspensão causado pela elevada precipitação, sendo conseqüentemente carregado pelo rio Paranapanema e a ressuspensão de sedimentos do fundo provocada pela ação do vento nos períodos em que o nível da água encontra-se baixo.

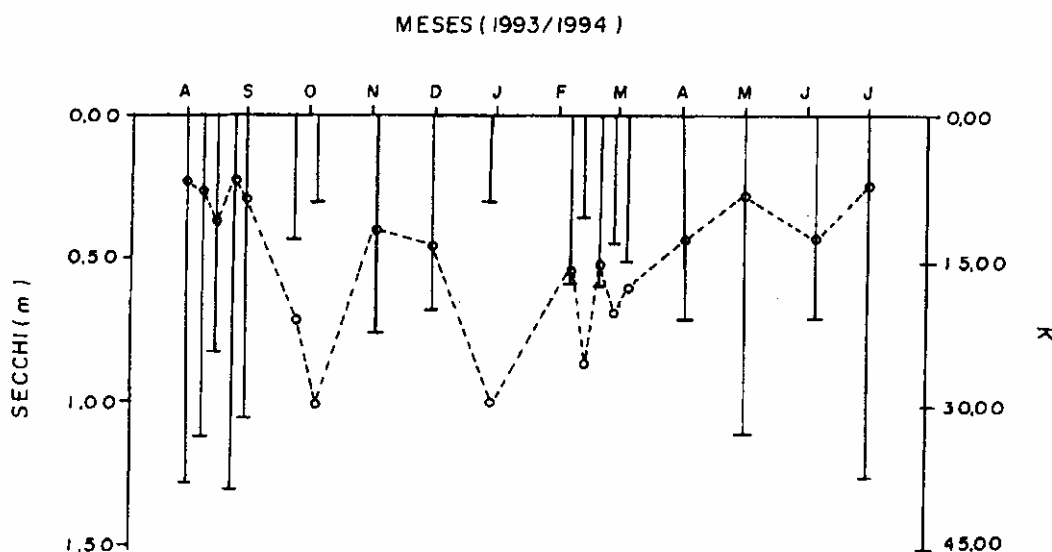


Figura 5: Variação temporal da transparência da água (linhas verticais) e coeficiente de atenuação vertical (linha tracejada).

O modelo de ajuste aplicado aos valores de temperatura da água (medida a 0,0m, 1,0m e 2,0m da coluna d'água), registrados durante o período de estudo, mostrou-se estatisticamente significativo, com um alto coeficiente de determinação ($r^2 = 0,94$) (fig. 6a). Um padrão de modificação sazonal foi observado ao longo do período de estudo, com temperaturas mais baixas em agosto e setembro de 1993 e maio a julho de 1994 e temperaturas mais altas de outubro de 1993 a março de 1994.

O modelo de ajuste aplicado aos valores da condutividade elétrica medida nas 3 profundidades mostrou ser significativo ($P < 0,05$), com um alto coeficiente de determinação ($r^2 = 0,63$) (fig. 6b). Um padrão sazonal de variação da condutividade elétrica foi observado ao longo do período de estudo, com menores valores de outubro de 1993 a março de 1994 e maiores valores de agosto a setembro de 1993 e de junho a julho de 1994. A amplitude de variação dos valores foi de $36,7\mu\text{S}/\text{cm}$ (janeiro de 1994) a $68,4\mu\text{S}/\text{cm}$ (agosto de 1993 e julho de 1994).

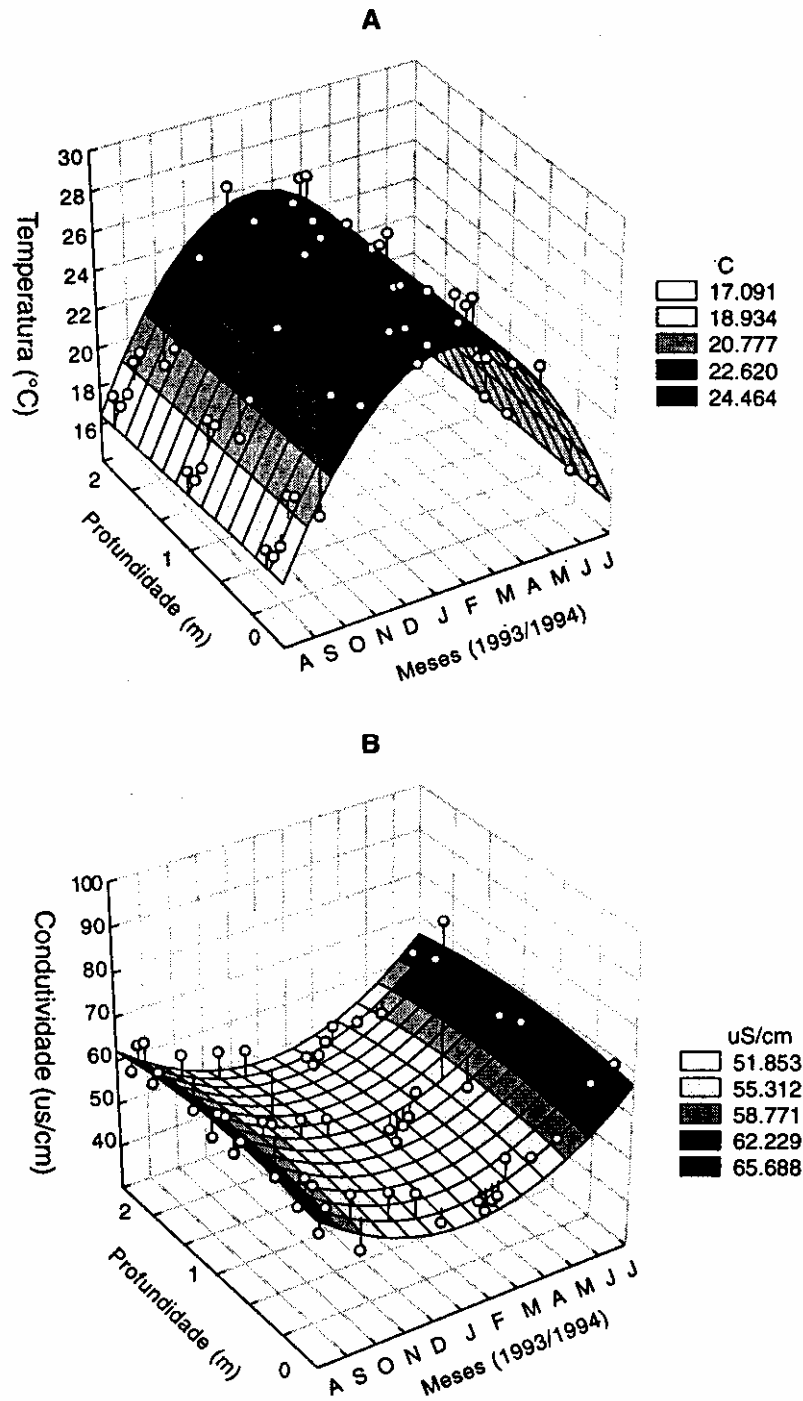


Figura 6: Variação temporal da temperatura da água (a) e da condutividade elétrica na superfície, meio e fundo da coluna d'água.

A variação dos valores de pH da água no período de estudo, foi de 5,8 (outubro de 1993) a 7,2 (setembro de 1993) (fig. 7a). A água do local de amostragem, pode ser considerada como levemente ácida. No fundo, foram observados os menores valores de pH, comparados com a superfície e o meio. Em relação a variação temporal do pH da água na superfície e no fundo, foram observados os maiores picos em agosto (1,0m), setembro (0,0m) e novembro (1,0m) de 1993 e, janeiro (2,0m), abril e junho (0,0m) de 1994.

A alcalinidade no período de estudo, apresentou uma variação de 0,31 meq/l em outubro de 1993 a 0,45 meq/l em setembro de 1993 (fig. 7b). Os maiores picos dos valores de alcalinidade foram observados no início de agosto, setembro e dezembro de 1993 e, no final de fevereiro, junho e julho de 1994.

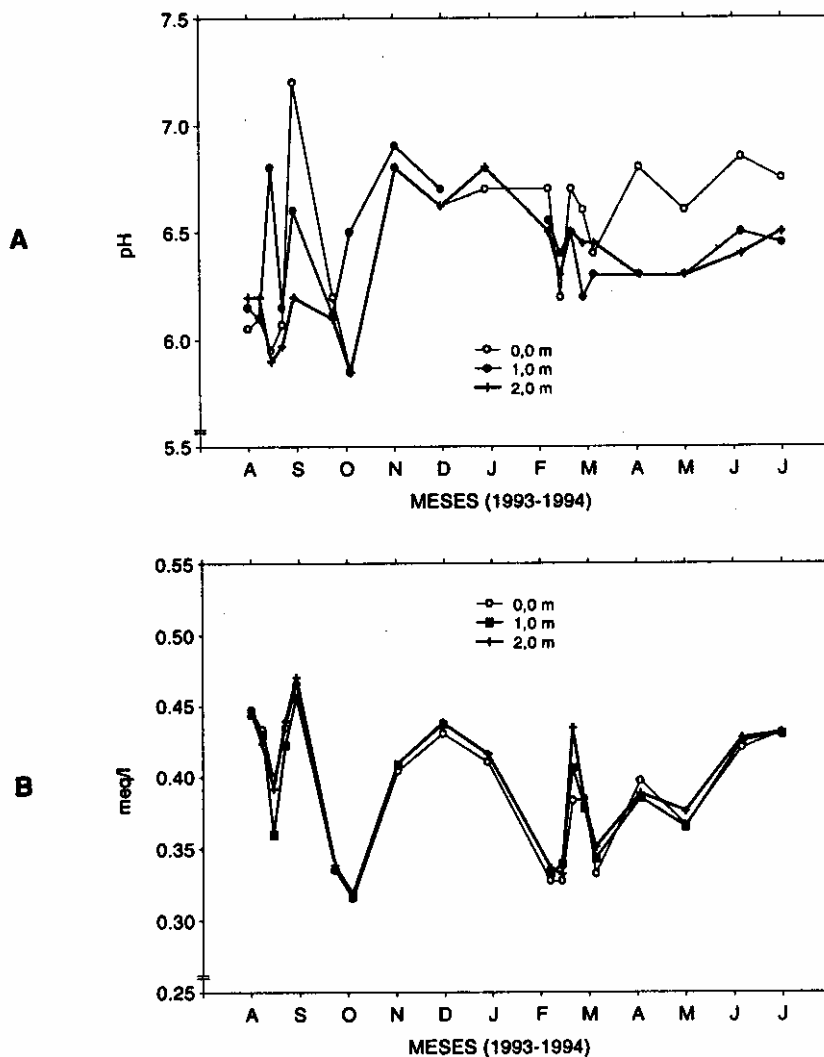


Figura 7: Variação temporal do pH (a) e alcalinidade (b).

O modelo de ajuste aplicado aos valores de oxigênio dissolvido, mostrou-se estatisticamente significativo ($P < 0,05$), com um alto coeficiente de determinação ($r^2 = 0,67$) (fig. 8a). Um padrão de variação sazonal foi observado ao longo do período de estudo, com concentrações menores de outubro de 1993 a maio de 1994 (meses mais quentes do ano) e maiores de agosto a setembro de 1993 e em junho e julho de 1994. A variação das concentrações de oxigênio dissolvido, foi compreendida entre 3,3mg/l (fevereiro de 1994) a 8,4mg/l (agosto de 1993). Os menores valores de porcentagem de saturação de oxigênio foram obtidos para as 3 profundidades nos meses de fevereiro de 1994, e os maiores em setembro de 1993 (fig. 8b). Uma brusca diminuição dos valores de porcentagem de saturação de oxigênio, foi observada a partir do início de janeiro ao final de fevereiro de 1994. Este fato, pode ser devido à demanda bioquímica de oxigênio para decomposição dos detritos vegetais.

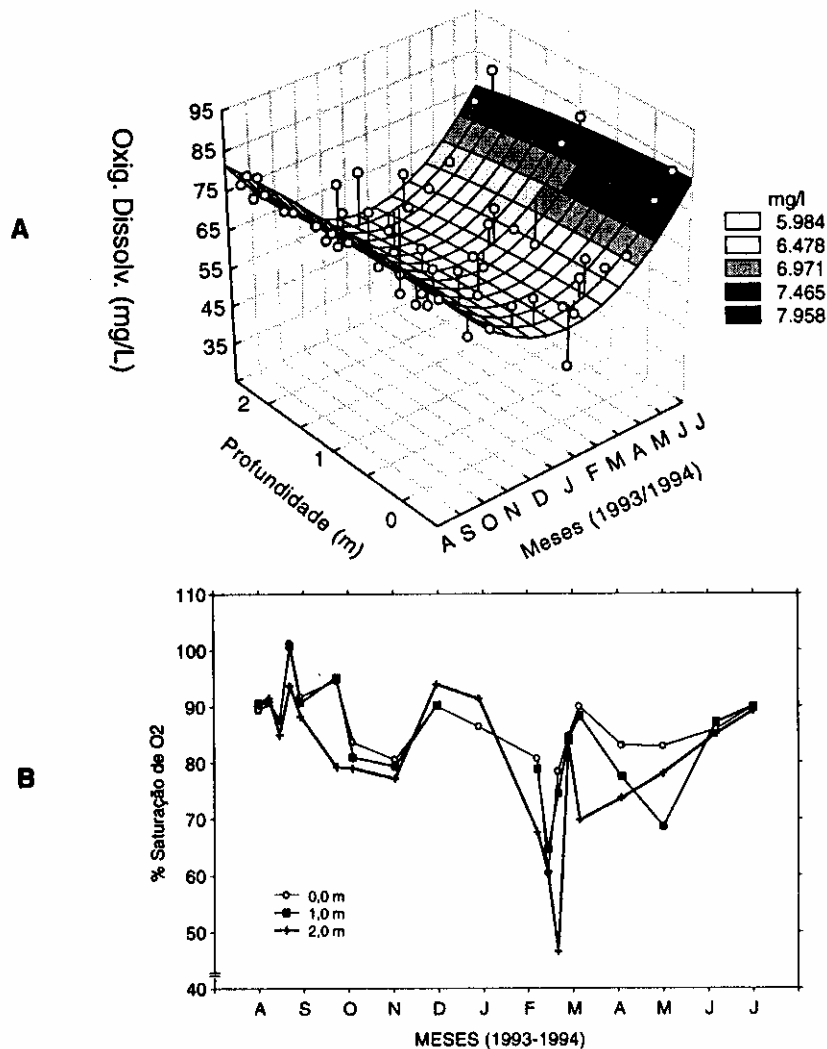


Figura 8: Variação temporal da concentração de oxigênio dissolvido (superfície, meio e fundo) (a) e da porcentagem de saturação de oxigênio (b).

A variação temporal dos valores de nitrato, mostra um padrão homogêneo de distribuição na diferentes profundidades amostradas (fig. 9a). A variação dos valores de nitrato registrados durante todo o período de estudo foi de 29,7µg/l (início de setembro de 1993) a 680,0µg/l (julho de 1994). Os maiores picos foram registrados no final de setembro de 1993 (266,0µg/l), fevereiro de 1994 (277,5µg/l), março de 1994 (400,3µg/l) e julho de 1994 (679,8µg/l). Os menores valores foram observados no início de setembro de 1993 (29,7µg/l) e em janeiro de 1994 (40,3µg/l).

Em julho de 1994, registrou-se o maior valor de nitrito, correspondente a 6,7µg/l. Foram registrados picos nos valores de nitrito nos meses de outubro de 1993 (3,4µg/l), dezembro de 1993 (3,5µg/l), janeiro de 1994 (3,4µg/l), fevereiro de 1994 (4,4µg/l) e julho de 1994 (6,7µg/l) (fig. 9b).

Não houve durante o ano variação das concentrações de amônia em relação aos valores determinados nas 3 profundidades (fig. 9c). A variação dos valores de amônia foi compreendida entre 1,1µg/l (dezembro de 1993) e 71,0µg/l (agosto de 1993). No final de agosto de 1993 foi registrado um pico nas concentrações de amônia, seguido por uma diminuição até setembro de 1993. Um novo aumento foi observado de dezembro de 1993 até o final de fevereiro de 1994 (com pico a 2,0m). De março a junho de 1994, alterações pouco significativas nas concentrações deste nutriente foram constatadas.

A variação da concentração de silicato foi de 1,1 a 12,2mg/l nos meses de novembro de 1993 e junho de 1994, respectivamente (fig. 9d). Somente em maio de 1994 a 1,0m de profundidade, não foi constatada a presença do silicato. Foram detectados picos nas concentrações de silicato nos meses de agosto (8,5mg/l) e setembro (9,5mg/l) de 1993, janeiro (8,5mg/l) e julho de 1994 (12,2mg/l).

A variação nas concentrações de fosfato total dissolvido foi de 3,55 a 34,54µg/l, nos meses de setembro de 1994 e junho de 1994, respectivamente (fig. 9e). Foram observados picos nas concentrações de fosfato total dissolvido nos meses de outubro de 1993 (22,2µg/l), abril de 1994 (25,0µg/l) e junho de 1994 (34,5µg/l). Um aumento nas concentrações de fosfato total dissolvido foi observado de agosto a outubro de 1993, diminuindo até fevereiro de 1994 e de um aumento progressivo até junho de 1994 (fig. 9e).

O padrão de variação do fosfato inorgânico dissolvido nas 3 profundidades, foi semelhante ao do fosfato total dissolvido. Nos meses de agosto (9/8 - 0,0 e 1,0m; 16/8 - 1,0m; 30/8 - 2,0m), setembro de 1993, fevereiro e março de 1994, o fosfato inorgânico dissolvido não foi detectado (fig. 9f). A variação de seus valores foi de 3,1µg/l e 18,3µg/l.

A variação temporal dos valores de material em suspensão total (MST) está apresentada na fig. 10a. A variação das concentrações do MST foi de 2,6mg/l a 35,6mg/l. Os picos encontrados referem-se aos valores do fundo (2,0m), atingindo 35,6mg/l (23/8 de 1993), 24,4mg/l (janeiro de 1994) e 21,6mg/l (abril de 1994).

Os teores das frações inorgânicas (MSI) e orgânicas (MSO) do material em suspensão total (MST), determinadas durante o período de estudo, estão representadas na fig. 10 (b) e (c). A variação das concentrações do MSO foi bem menor que do MSI, tendo sido de 1,6mg/l (julho de 1994) a 7,4mg/l (agosto de 1993) e de 1,0mg/l (setembro de 1993) a 28,2mg/l (agosto de 1993), respectivamente. Picos elevados de MSI e MSO foram também encontrados no fundo (2,0m). No caso do MSI, ocorreram em agosto de 1993, janeiro e abril de 1994 e para o MSO, em agosto de 1993 e janeiro de 1994.

O estudo estatístico da comparação entre média anual da condutividade elétrica, alcalinidade, oxigênio dissolvido, nitrato, nitrito, amônia, fosfato total e inorgânico dissolvi-

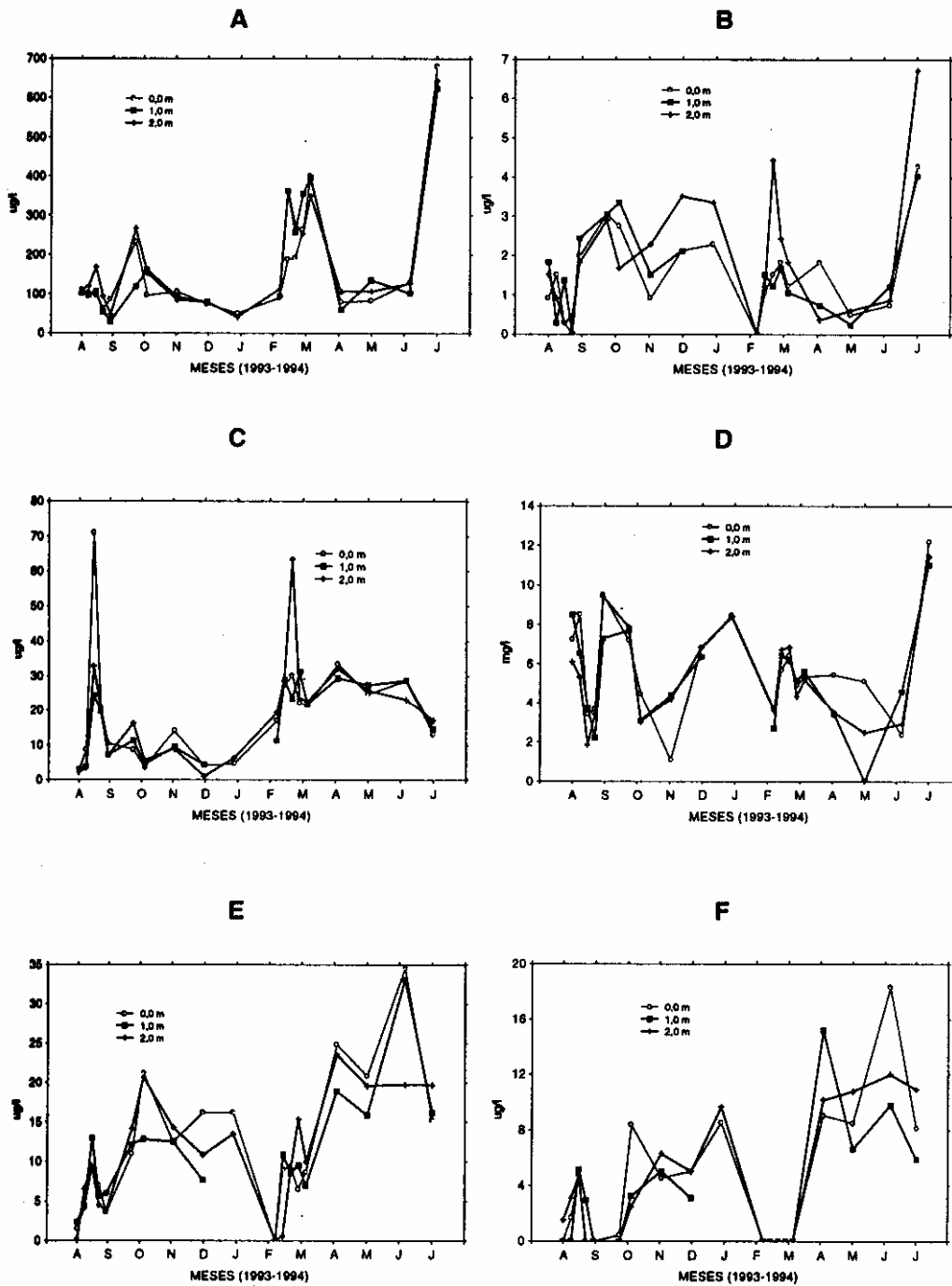


Figura 9: Variação temporal do nitrato (a), nitrito (b), amônia (c), silicato (d), fosfato total dissolvido (e) e fosfato inorgânico dissolvido (f).

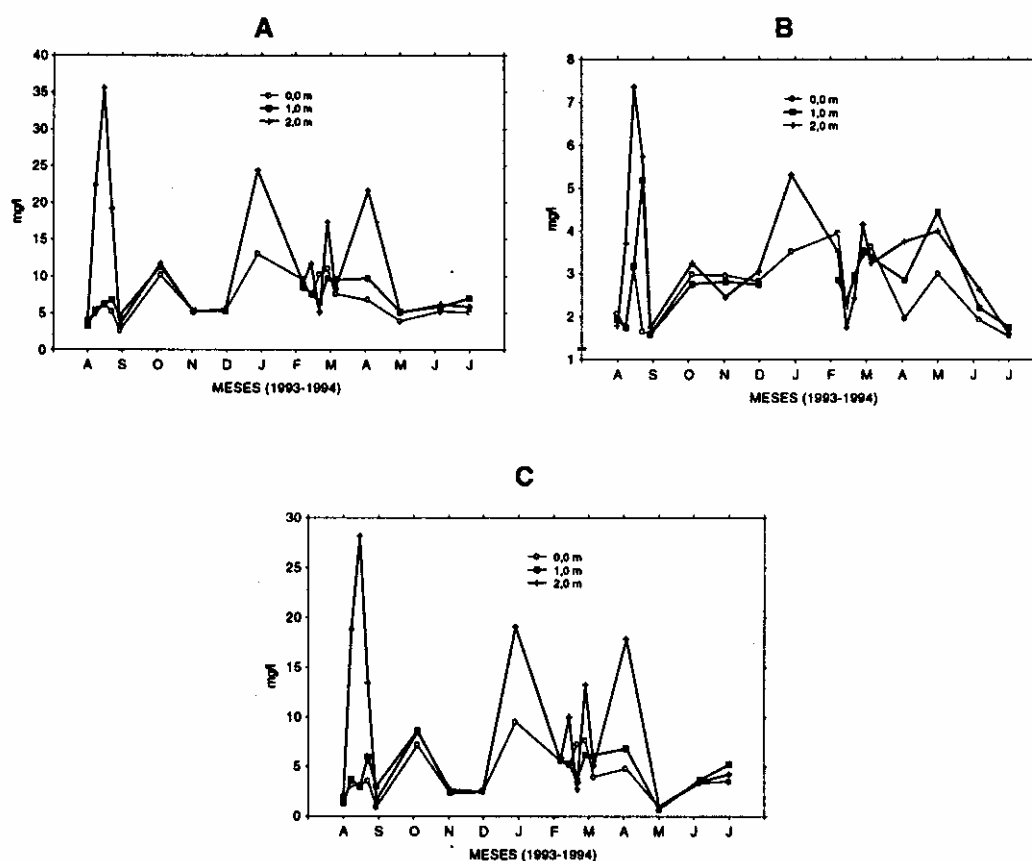


Figura 10: Variação temporal do material em suspensão total (MST) (a), orgânico (MSO) (b) e inorgânico (MSI) (c).

do e silicato, medidas na superfície (S), meio (M) e fundo (F), permitiu concluir que não há diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) entre profundidades ($S=M=F$, tab. 1). A comparação entre médias anuais da temperatura da água, pH, porcentagem de saturação do oxigênio, MST e suas frações (MSI e MSO) permitiu concluir que os valores do fundo foram estatisticamente diferentes dos valores da superfície e, que os dados da superfície apresentam uma tendência de igualdade aos valores meio ($S=M$)¹F (tab. 1).

Um elevado número de correlações significativas ($P < 0,05$) entre as variáveis climatológicas, hidrodinâmicas, físicas e químicas da água foi obtido (tab. 2), demonstrando uma grande interação entre esses fatores.

A transparência, a temperatura da água, a condutividade elétrica, o oxigênio dissolvido da água e a vazão defluente do reservatório, foram as variáveis que apresentaram o maior número de correlações significativas ($P < 0,05$) (tab. 2).

A temperatura da água correlacionou-se negativamente com a condutividade elétrica ($r = -0,88$), com a alcalinidade ($r = -0,59$), com a concentração de oxigênio dissolvido ($r = -0,91$), com a porcentagem de saturação do oxigênio ($r = -0,62$), com o teor de carbono

Tabela 1: Valores de F (F calculado e F crítico, $P < 0,05$) e médias das variáveis físicas e químicas da água ao longo do ano, na superfície (S), meio (M) e fundo (F). As abreviações das variáveis constam em materiais e métodos.

Variável	S	M	F	F calculado	F crítico	Conclusão
Temp. da água	22,29	22,01	21,74	3,594	3,590	(S=M)≠F
Condutividade	56,42	55,24	55,87	1,975	3,590	S=M=F
pH	6,48	6,45	6,32	4,590	3,590	(S=M)≠F
Alcalinidade	0,39	0,39	0,39	3,238	3,590	S=M=F
O ₂ dissolvido	6,98	6,93	6,57	3,175	3,590	S=M=F
% saturação O ₂	85,85	84,77	79,97	3,672	3,590	(S=M)≠F
Nitrato	164,01	175,99	184,31	1,494	3,590	S=M=F
Nitrito	1,55	1,67	1,95	1,473	3,590	S=M=F
Amônia	19,38	16,43	18,99	0,940	3,590	S=M=F
PTD	12,20	11,08	11,44	0,935	3,590	S=M=F
PID	4,25	3,72	4,19	0,442	3,590	S=M=F
Silicato	5,88	5,64	5,45	0,829	3,590	S=M=F
MST	6,61	7,92	12,01	5,300	3,630	(S=M)≠F
MSI	4,24	5,18	8,64	3,763	3,630	(S=M)≠F
MSO	2,62	2,98	3,37	2,284	3,630	(S=M)≠F

Tabela 2: Matriz de correlações ($P < 0,05$) entre as variáveis climatológicas, hidrodinâmicas, físicas e químicas da água. As abreviações das variáveis constam em materiais e métodos.

Variáveis	Temp	Cond	pH	Alca	O ₂	%sat	Clor	NO ₃	NO ₂	PTD	PID	MST	MSI	MSO	Sec	Tar
Cond	-0,88															
Alca	-0,59	0,54														
O ₂	-0,91	0,72		0,64												
%sat	-0,62			0,60	0,88											
Clor	-0,60		-0,76		0,64	0,54										
NO ₃							0,64									
NO ₂								0,90								
PTD							0,51	0,76								
PID																
SIO ₂																
MST		-0,70														
MSI		-0,69										0,97				
MSO	0,57	-0,62										0,65	0,53			
Sec	-0,70	0,71		0,68	0,68	0,53	0,54					-0,70	-0,67			
Profm														-0,58		
Tar	0,70	-0,66			-0,59						-0,60					
Precl							-0,55									
O ₂												-0,65	-0,65			
Vazio	0,67	-0,59		-0,58	-0,65	-0,60					-0,52				-0,6	0,63

inorgânico ($r = -0,60$), com a transparência da água ($r = -0,70$) e positivamente com a temperatura do ar ($r = 0,70$) e a vazão defluente ($r = 0,67$).

A condutividade elétrica da água apresentou correlação positiva com a alcalinidade ($r = 0,54$), com a concentração de oxigênio dissolvido ($r = 0,72$), com a transparência da água ($r = 0,71$), e negativa com a concentração de material em suspensão total ($r = -0,70$) e suas frações inorgânica ($r = -0,69$) e orgânica ($r = -0,62$), com a temperatura do ar ($r = -0,66$) e a vazão defluente ($r = -0,59$).

A concentração de oxigênio dissolvido da água teve correlação positiva com a porcentagem de saturação ($r = 0,88$), com o teor de carbono inorgânico ($r = 0,64$) e com a transparência da água ($r = 0,68$) e negativa com a vazão defluente ($r = -0,65$).

Poucas correlações significativas envolvendo os nutrientes dissolvidos foram encontradas. A concentração de material em suspensão total e sua fração inorgânica apresentaram correlações com o teor de material em suspensão orgânica, com a transparência da água e com a variação do nível d'água.

A vazão defluente apresentou correlações com a maioria das variáveis físicas e químicas analisadas na água, como a temperatura da água, condutividade elétrica, alcalinidade, concentração de oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação, fosfato inorgânico dissolvido e transparência da água.

DISCUSSÃO

Na região de estudo, o ciclo hidrológico do rio é controlado pelo regime de precipitação e pela operação do reservatório. Foi detectada uma variação do nível da água de aproximadamente 2,0 m. As precipitações registradas principalmente em setembro de 1993 e dezembro de 1993 a fevereiro de 1994, provocaram uma grande entrada de água no ambiente. Para evitar que a represa atingisse a cota operacional máxima, a vazão de água pela barragem passou de 170 m³/s (setembro de 1993) a 560 m³/s (fevereiro de 1994). Assim, através deste procedimento, o nível da água é mantido em uma cota preestabelecida em cada período, e um equilíbrio entre precipitação, vazão e altura do nível da água é estabelecido.

Devido à operação do reservatório, nas épocas de maiores precipitações registrou-se o menor nível de água do período e nas épocas de menores precipitações o nível de água foi mais alto. Desta forma, nos períodos que o nível da água encontra-se mais elevado, ocorre um maior intercâmbio entre as águas do rio e da baía, conferindo à baía características mais similares a ambientes lóticos. Quando o nível da água apresenta-se mais baixo, este intercâmbio diminui e a baía apresenta condições mais próximas a ambientes lênticos, tendo o vento como principal fator atuante nos processos físicos, químicos e biológicos, que ocorrem simultaneamente na água.

No ambiente em estudo, a maioria das variáveis físicas e químicas da água analisadas através da análise multivariada, não apresentou diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$), entre superfície, meio e fundo, sugerindo a existência de uma homogeneização na coluna d'água. As exceções devem-se à temperatura da água, ao pH, à saturação de oxigênio e aos teores de material em suspensão total e às frações inorgânicas e orgânicas, cujos valores da superfície e do meio são significativamente diferentes dos valores determinados no fundo da coluna d'água.

Os dados de temperatura da água, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, material em suspensão total, inorgânico e orgânico, nitrato, nitrito, amônia e fosfato total e

inorgânico dissolvido, obtidos em trabalho realizado por Pompêo (1996) no mesmo período deste estudo na calha do rio Paranapanema, não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre superfície, meio e fundo. Segundo o autor, não há heterogeneidade na coluna d'água do rio. O rio Paranapanema na região de sua desembocadura na represa de Jurumirim, tem característica meândrica e apresenta padrões distintos nas variáveis físicas e químicas da água, quando comparada com a heterogeneidade espacial vertical da baía. Esta diferença é provavelmente devido a maior turbulência no rio, provocada pela maior velocidade de correnteza da água, quando comparada com a baía.

Na baía, a formação de estratificações térmicas (microestratificações), principalmente na parte da tarde, e isotermias pela manhã deve-se, provavelmente, à pequena profundidade da baía. A intensa radiação solar que atinge um máximo ao meio-dia e a baixa velocidade do vento neste período do dia são fatores determinantes na ocorrência de estratificações da coluna d'água, à tarde. À noite, devido à perda de calor para a atmosfera e à ação dos ventos, as estratificações desaparecem e uma isoterma na coluna d'água se estabelece. Em consequência, a baía apresenta característica de lago polimítico. O corpo principal do reservatório de Jurumirim (zona da barragem) foi classificado como monomítico quente, devido à ação do vento que atua apenas na camada epilimnética da água (Henry, 1992). Posteriormente, Henry (1995) considerou que esse reservatório é provavelmente polimítico. A aparente contradição com o trabalho anterior, é devido ao fato das medidas de temperatura terem sido limitadas apenas à zona lacustre em uma única estação de amostragem acima do antigo canal do rio, e a estratificação térmica observada é decorrência da morfometria peculiar do fundo no ponto de estudo.

Em função dos resultados obtidos através da análise multivariada na baía e na calha do rio, associados às outras características como a morfometria do fundo, a pequena profundidade, a baixa velocidade de correnteza da água e a presença de estratificações térmicas na coluna da água durante parte do ano, pôde-se concluir que a baía apresenta características ecológicas distintas daquelas observadas no rio.

Resultados semelhantes foram obtidos por Thomas et al. (1991), estudando a dinâmica temporal dos fatores limnológicos no rio Baía, localizado na planície de inundação do alto Rio Paraná (MS). Os autores concluíram que este local apresenta características intermediárias entre ambientes lênticos e lóticos, em função dos padrões observados de estratificação térmica da coluna d'água e das concentrações de clorofila.

A variação da condutividade elétrica na baía em estudo, pode ser explicada em função da precipitação. No período de maior precipitação, uma grande quantidade de água entra no rio, ocasionando um efeito de diluição. Pompêo (1996) também encontrou efeito semelhante na calha principal do rio Paranapanema (zona de desembocadura da represa de Jurumirim). Este fato, é também confirmado pelos elevados coeficientes de correlação negativos obtidos entre a condutividade elétrica e o material em suspensão total e inorgânico e a vazão. Henry et al. (submetido), em um estudo realizado em Campina do Monte Alegre (à montante do local deste estudo) mostraram um efeito de diluição entre vazão e condutividade elétrica da água do rio Paranapanema.

Os baixos valores de transparência da água registrados no período de estudo, provavelmente, devem-se a dois fatores principais: à grande influência do rio, ou seja, ao carreamento de material alóctone, elevando a quantidade de material em suspensão na água nos períodos em que o nível da água está alto e à ressuspensão de material do sedimento, provocada pela ação do vento, principalmente nos períodos em que a baía apresentava menores profundidades, ou seja, quando a altura do nível de água era menor. Do ponto de vista

ótico, a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez e a profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi, é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos na coluna d'água (Esteves, 1988). Os elevados coeficientes de correlação obtidos entre a transparência da água e o material em suspensão total e inorgânico, podem confirmar estas hipóteses.

Os ecossistemas aquáticos tropicais, principalmente rios e represas, são muito túrbidos devido ao arraste de materiais, propiciado pela alta lixiviação que ocorre nestas regiões (Perez, 1992). Assim, a menor transparência da água provocada pela presença de material particulado orgânico-inorgânico e dissolvido, afeta diretamente a penetração de luz.

Os tributários do reservatório (rios Paranapanema e Taquari) são muito importantes na estrutura e organização do sistema e, conseqüentemente, na dinâmica das comunidades aquáticas. Nutrientes e material particulado são introduzidos em diferentes quantidades, afetando as características físicas, químicas e biológicas das duas zonas a montante do reservatório. Medidas de cargas de nitrogênio inorgânico dissolvido e fosfato total efetuadas no período de março de 1988 a março de 1989, mostraram que os rios Paranapanema e Taquari introduzem na represa de Jurumirim respectivamente, 439 e 75 tonN/ano e 117 e 17 tonP/ano (Henry & Gouveia, 1993). O principal tributário (rio Paranapanema) introduz cerca de 550 ton/dia de sólidos suspensos no reservatório, enquanto que o rio Taquari contribui com 190 ton/dia (Henry & Gouveia, 1993). Portanto, no local de desenvolvimento deste estudo os aportes do rio Paranapanema, como a contribuição de nutrientes e de material particulado, são muito importantes.

Como já salientado, esta pesquisa desenvolveu-se em uma baía marginal ao rio Paranapanema, onde foram determinados um grande número de variáveis físicas e químicas, relacionadas com as características climatológicas e hidrodinâmicas, a fim de caracterizar o ambiente de estudo.

Na baía marginal ao rio Paranapanema no período de realização deste estudo, as análises de correlação lineares entre as variáveis hidrodinâmicas, físicas e químicas da água, mostraram um grande número de correlações significativas ($P < 0,05$). Este fato, explica a existência de uma alta complexidade e uma grande interrelação entre estas variáveis no funcionamento do sistema. Entre as variáveis determinadas, a temperatura da água, a condutividade elétrica, a transparência, a concentração de oxigênio dissolvido, a vazão e o teor de material em suspensão total, bem como a precipitação e a variação do nível da água, devem ser utilizados como fatores fundamentais para o entendimento da dinâmica desse sistema.

Agradecimentos

À FAPESP (Projeto Temático: proc. 91/0612-5) pelo suporte financeiro e a CAPES pela bolsa de estudos. Aos Srs. H. A. Rodrigues e M. F. P. de Oliveira pelo auxílio nos trabalhos de campo e de laboratório.

REFERÊNCIAS CITADAS

- Esteves, F. A. 1988. Fundamentos de Limnologia. Interciência-FINER, Rio de Janeiro, 545p.
- Golterman, H. L., Clymo, R. S., Ohnstad, M. A. M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. 2^o ed.-IBP. Hndbook n^o 8. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 213 p. (I.B.P. Handbook, 8).

-
- Henry, R. 1992. The oxygen deficit in Jurumirim Reservoir (Parapanema River, São Paulo, Brazil). *Jpn. J. Limnol.*, 53 (4): 379-384.
- Henry, R.; Gouveia, L. 1993. Os fluxos de nutrientes e seston em cursos de água do alto Parapanema (São Paulo) - Sua relação com usos do solo e morfologia das bacias de drenagem. *An. Acad. bras. Ci.* 65 (4): 439-451.
- Henry, R., Carvalho, E. D., Nogueira, M. G., Pompêo, M. L. M., Moschini-Carlos, V., Santos, C. M. dos, Luciano, S de C., Fujihara, C. Y. 1995. The Jurumirim Reservoir. In: Henry, R., Senna, P. A. C., Mid-Congress Excursion, 26th International Congress of Limnology, São Paulo, Brazil, p. 13-33.
- Junk, W. 1980. Áreas inundáveis- Um desafio para a limnologia. *Acta Amazonica*, 10 (4): 775-795.
- Koroleff, F. 1976. Determination of nutrients. In: Grasshoff, K., (ed). *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie Weinheim, p. 117-181.
- Mackereth, F.J. H., Heron, J., Talling, J. F. 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association. Scientific Association n^o 36, Titus Wilson & Son Ltda., Kendall, 117 p.
- Morrison, D. F. 1976. *Multivariate Statistical Methods*. Mc Graw-Hill, 415 p.
- Perez, G. R. 1992. *Fundamentos de limnologia neotropical*. Colombia, Universidad de Antioquia (ed.), 529 p.
- Pompêo, M. L. M. 1996. *Ecologia de Echinochloa polystachya*, na zona de desembocadura do rio Parapanema-SP. São Carlos-SP, USP-EESC, 153 p. (Tese).
- Strickland, J. D., Parsons, T. R. 1960. A manual of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bel. Can.*, 125: 1-185.
- Teixeira, C., Tundisi, J. G., Kutner, M. B. 1965. Plankton studies in a mangrove. II: The standing-stock and some ecological factors. *Bol. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 24: 23-41.
- Thomas, S. M.; Roberto, M. C.; Tôha, F. A. L.; Esteves, F. A.; Lima, A.F. 1991. Dinâmica temporal dos principais fatores limnológicos do rio baía-planície de inundação do alto rio Paraná-MS, Brasil. *Revta. UNIMAR*, 13 (2):273-298.
- Tundisi, J. G. Produção primária, "standing stock" e fracionamento do fitoplâncton na Região Lagunar de Cananéia. 1969. São Paulo, Instituto Oceanográfico (USP), 131 p. (Tese).