

## LIMNOLOGIA DE TRÊS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS CARACTERÍSTICOS DA BAIXADA MARANHENSE

José Policarpo Costa-Neto<sup>1</sup>

Ricardo Barbieri<sup>1</sup>

Maria do S. R. Ibañez<sup>2</sup>

Paulo R. S. Cavalcante<sup>1</sup>

Nivaldo Magalhães Piorski<sup>1</sup>

### RESUMO

Durante dois anos (1997-99), foram estudadas as principais variáveis limnológicas dos três ecossistemas aquáticos mais representativos da Baixada Maranhense (1°59' - 4°00' S e 44°21' - 45°33' W). Tais sistemas, por serem inundáveis, apresentam extrema complexidade na estrutura e no funcionamento, sendo constituídos por: a) lagos rasos temporários que ocupam toda a área de campos abertos que se inundam no período das chuvas; b) lagos marginais; c) sistemas lacustres permanentes. A pesquisa abrangeu: os lagos de Viana/Cajari, os campos inundáveis da bacia do rio Pericumã e os lagos temporários da bacia do rio Turiaçu. O estudo pretendeu formar base cientificamente consistente de dados sobre limnologia dos ambientes com vistas a subsidiar um projeto de desenvolvimento sustentável da região, a qual vem sendo impactada por intervenções altamente perniciosas à sua ecologia, como a introdução de búfalos e de peixes exóticos, projetos de irrigação, barragens e comportas que alteram a hidrografia. As coletas foram feitas nos períodos: a) dos campos em inundaçã; b) inundaçã plena; c) inundaçã em declínio; d) estiagem plena. Em cada sistema, foram marcadas 5 estações onde foram estudados: transparência da água, perfil térmico e de radiação, pH, alcalinidade e CO<sub>2</sub> total, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, nutrientes, seston, clorofila, sedimentos e fauna ictiológica. As largas amplitudes do pH (5,13-9,60; 3,30-6,30; 5,95-8,13), da condutividade (98-2800 µS.cm<sup>-1</sup>; 15-727 µS.cm<sup>-1</sup>; e 33-360 µS.cm<sup>-1</sup>) e da transparência da água (0,1-0,8 m; 0,3-4,0 m; 0,5-1,0 m) no lago de Viana, no rio Pericumã e no rio Turiaçu, respectivamente, refletem a elevada instabilidade desses ambientes, embora possuam muitas semelhanças físicas e biológicas, e estejam localizados na mesma região. Várias hipóteses estão sendo testadas para explicar essa instabilidade, especialmente os baixos níveis de pH.

Palavras-chave: *lagos permanentes e temporários, planícies de inundaçã, limnologia, parâmetros físico-químicos e biológicos, Maranhão.*

---

<sup>1</sup> Dep. Oceanografia e Limnologia/UFMA. Av. dos Portugueses s/n, São Luis-MA. CEP 65080-040

<sup>2</sup> Dep. de Ecologia/UnB.

## ABSTRACT

### **Limnology of three aquatic ecosystems from Baixada Maranhense: preliminary data**

During two years (1997-99), the main limnological parameters of the three more representative aquatic ecosystems from Baixada Maranhense were studied (1°59' - 4°00' S e 44°21' - 45°33' W). Such flooded systems present extreme complexity in structure and functioning, which are constituted by: a) temporary shallow lakes whose occupy all the floodplain area in the rainy period; b) marginal lakes; c) permanent lacustrine systems. This research extended over: Viana-Cajari lakes, Pericumã River floodplains and Turiaçu River temporary lakes. The study intended to form a scientifically consistent data base on the Limnology of the environments with the objective of serving to a project of regional sustainable development, which region has undergone interventions highly hazardous to its ecology, such as the introduction of indian buffalos and exotic fishes, irrigation projects, dams and floodgates that change local hydrography. Scientific excursions were done in the periods: a) beginning of flooding, b) maximum flooding; c) decline of flooding; d) maximum drought. The following parameters were studied in five sites of each system: Secchi dish measurements, thermal, and radiation profiles, pH, total alkalinity, electrical conductivity, dissolved oxygen, nutrients, particulate material, pigments and ichthyologic fauna. The great amplitudes of pH (5.13-9.60; 3.30-6.30; 5.95-8.13), electrical conductivity (98-2800  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ; 15-727  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ; 33-360  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) and water transparency (0.1-0.8 m; 0.3-4.0 m; 0.5-1.0 m) in Viana Lake, Pericumã River and Turiaçu River, respectively, reflect the high instability in these environments, although they are located in the same region. Some hypotheses are being tested to explain this instability, particularly in respect to the low levels of pH.

Keywords: *permanent and temporary lakes, floodplains, physico-chemical and biological parameters, Maranhão.*

## INTRODUÇÃO

As áreas alagáveis que margeiam grandes rios formam um dos ecossistemas naturais mais procurados para a ocupação humana face à sua fertilidade (Junk,1980). Este e outros autores ressaltaram o significado ecológico das várzeas devido à sua enorme riqueza biológica, resultante da alta produtividade aliada à grande multiplicidade de cadeias alimentares. São, portanto, ecótonos ou zonas de transição entre bio-

cenoses terrestres e de água doce, dependendo de seus estágios evolutivos.

Os campos naturais inundáveis da Baixada Maranhense são ambientes extremamente complexos do ponto de vista ecológico, com estrutura e funcionamento

bem diversificados, sendo constituídos por lagos rasos temporários que ocupam toda a planície de inundação, por lagos marginais e também por importantes sistemas lacustres permanentes. Esses ecossistemas são rasos, lênticos ou

semilóticos e polimíticos, apresentando alta relação superfície/volume, com períodos longos de oscilação do nível da lâmina d'água e com acentuada variação horizontal dos fatores bióticos e abióticos sempre maior que a estratificação vertical (Löffler, 1982).

Um aspecto relevante desses ambientes caracteristicamente epilímnicos é o "mixing" causado pela ação dos ventos na coluna d'água, chegando a afetar a interface água-sedimento (Rawson, 1955). Outra importante característica das áreas inundáveis é o papel que estas desempenham na ciclagem de nutrientes, especialmente o carbono (Esteves, 1998).

As interações entre os componentes físicos, biológicos e químicos de uma área úmida permitem que ela realize certas funções como o armazenamento de água, a proteção contra tempestades, a mitigação de cheias, a recarga e descarga de aquíferos, a purificação da água, a estabilização das condições climáticas locais (em particular pluviosidade e temperatura) e a retenção de nutrientes, sedimentos e poluentes (Mitsch & Gosselink, 1993 apud Mínte-Vera, 1999).

Num ciclo de troca de energia que se renova anualmente, nesses campos, durante aproximadamente os seis meses de estiagem (agosto a janeiro), desenvolve-se grande produção de gramíneas e ciperáceas propícias para o pastoreio animal. Com a chegada da estação das águas, rios e lagos perenes extravasam transformando os campos, então fertilizados, em extensos lagos rasos (SUDENE/UFPE, 1989), os quais apresentam elevada produtividade de peixes, principal base alimentar e econômica da região (Costa Neto, 1996).

Essa extrema complexidade determina elevada fragilidade desses ecossistemas, acarretando-lhes alto grau de vulnerabilidade diante de quaisquer agressões antrópicas.

A região vem sofrendo uma série de intervenções, cujos impactos são perceptíveis mas ainda não suficientemente avaliados, os quais podem ser assim caracterizados:

1. Introdução do gado bubalino há cerca de 40 anos, resultando na destruição de macrófitas aquáticas, no assoreamento dos corpos d'água e na queda da produção de pescado.

2. Projetos de irrigação em algumas áreas de campos naturais, nas proximidades, da margem dos rios e nas cercanias dos campos, onde são usados fertilizantes químicos e agrotóxicos cujos resíduos escoam naturalmente para os corpos d'água que, além de produzirem o pescado, ainda abastecem a população de água para o seu consumo.

3. Pesca predatória, principalmente nas lagoas marginais do rio Turiaçu, considerando-se a função que elas desempenham para a procriação das espécies nativas.

4. Construção de obras de engenharia, a exemplo de dragagens e barragens feitas sem qualquer embasamento científico, como no caso do rio Pericumã. Ali, o barrageamento do rio resultou na instalação de comportas, cujo manejo sempre foi executado sem qualquer orientação técnica fundamentada, causando profundas alterações no ecossistema, que passou a ficar artificialmente inundado mesmo no período de verão, acarretando o enfraquecimento da vegetação natural dos campos. O capim de

marreca, que era ali dominante e cuja fisiologia já estava adaptada às variações sazonais sistematicamente alternadas de inundação e plena exposição, não resistiu às novas condições que passaram a ser estabelecidas, sendo sucedido pelo junco, até então restrito, outrora restrito a pequenas áreas de ocorrência.

5. Introdução de espécies exóticas de peixes, em alguns ambientes aquáticos.

O presente trabalho faz parte de um amplo projeto que tem como objetivo maior estudar a ecologia e a sustentabilidade ambiental da microrregião da Baixada Maranhense, composta de vários sistemas aquáticos numa imensa área inundável. Ele apresenta dados de características físicas, químicas e biológicas das águas de três sistemas formados pelo Lago de Viana e pelas bacias dos Rios Pericumã e Turiaçu, em três ciclos completos de inundação.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

Os ecossistemas aquáticos estudados são os mais representativos da Baixada Maranhense (1° 59' - 4° 00' S e 44° 21' - 45° 33' W) (Figura 1), estando localizados numa região de altitude próxima ao nível do mar, abrangendo:

- a) Sistema lacustre de Viana/Cajari, integrante da bacia do rio Pindaré, o maior afluente do rio Mearim.
- b) Lagos temporários e lagos perenes da bacia do rio Pericumã.
- c) Lagos temporários e marginais da bacia do rio Turiaçu.

Deve-se registrar que, para este trabalho o conceito de Baixada Maranhense não inclui a Bacia do rio Grajaú, onde se situa o lago Açu.

O ciclo hidrológico da região estabelece que os campos naturais aqui tratados estejam sempre inundados durante os primeiros seis meses do ano, período das chuvas conhecido regionalmente como “inverno” (fase aquática). Nos meses restantes, “verão”, ficam os mesmos descobertos, época em que se transformam em áreas de pastoreio (fase terrestre), como definido por Junk & Piedade (1997), de predominância natural do capim-de-marreca (*Paratieria prostrata*).

Devido à reconhecida importância da região dos campos naturais inundáveis, o Governo do Estado do Maranhão estabeleceu a ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BAIXADA MARANHENSE. Na área predominam terras planas, baixas e inundáveis com vegetação de manguezais, campos aluviais e flúvio-marinhos e matas de galeria. Ela possui o maior conjunto de bacias lacustres do Nordeste, as quais contribuem com elevada produtividade pesqueira, principal base de sustentação alimentar e de renda da sua população.

O lago de Viana é o que apresenta maior concentração de búfalos dentre os ecossistemas estudados, sendo esta uma das hipóteses da pesquisa para os elevados e permanentes níveis de turbidez da água nesse ambiente. Este lago, na realidade um ambiente semilótico, comunica-se com o rio Pindaré através do canal Maracu (denominado localmente rio Maracu).

Em seguida, destaca-se a bacia do rio Pericumã, a qual também se caracteriza pela elevada ocorrência de macrófitas aquáticas, cuja composição populacional vem sofrendo radicais transformações manifestadas principalmente pela rápida expansão territorial do junco (*Eleocharis* sp), antes restrito a poucas e inexpressivas manchas.

Este processo teve início a partir da construção de uma barragem equipada com comportas e eclusa no médio curso do rio Pericumã, com múltiplos objetivos, a saber: a - bloquear o avanço da cunha salina à montante da barragem; b - assegurar um nível mínimo na lâmina d'água no rio, no período de verão; c - controlar as enchentes nos "invernos" mais rigorosos, evitando, desse modo, que uma parcela da população ribeirinha continuasse sendo periodicamente atingida por inundações.

Construída num período em que sequer se falava em impactos ambientais, essa obra transformou o rio Pericumã em um sistema semilótico, causando severas mudanças na paisagem natural dos campos, como consequência do manejo inadequado das comportas, feito sem qualquer fundamentação científica. Dessa forma, passou a ser comum a manutenção de uma lâmina d'água nos campos, mesmo no período de "verão". Referida operação, ao manter o capim-de-marreca, vegetação natural ali predominante, submersa por um período superior ao ecologicamente suportável por esta espécie, fragilizou essa gramínea, que, assim, passou a ceder espaço para o junco, hoje ali disseminado.

A bacia do rio Turiaçu caracteriza-se pela grande coleção de águas que se acumulam em numerosos lagos marginais, a maioria

de caráter temporário e pela elevada piscosidade. Referidos lagos são entremeados por uma ainda exuberante mata de igapó, que vem sendo devastada progressivamente para a produção de lenha e de madeira destinada a fins diversos, inclusive usada em alguns métodos de pesca predatória e, principalmente para a construção de barracas que servem de abrigo, em todos os períodos de estiagem, a milhares de pescadores nômades que para lá se deslocam para pescar, salgar e secar peixe.

### Metodologia

As coletas trimestrais foram realizadas ininterruptamente, de maio de 1997 a maio de 1999, na cheia plena, na regressão das águas, na estiagem máxima e no início da inundação. Cinco estações amostrais representativas de cada ecossistema foram estabelecidas para medições e coleta na superfície e no fundo da coluna d'água.

Foram estudadas as seguintes variáveis físico-químicas: A Temperatura (°C) e a Condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) foram medidas com um Termo-salinômetro-Conduvívmetro YSI-33; a penetração de energia radiante (W.m-2) com Hidro-radiômetro acoplado ao multímetro digital 2060; a transparência (m) e o coeficiente de atenuação do contraste vertical com Disco de Secchi (Kirk, 1986); o oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) foi determinado em laboratório através do método de Winkler, modificado por azida (Golterman et al , 1978); os sólidos suspensos (totais, orgânicos e inorgânicos,  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) foram determinados pela técnica gravimétrica utili-

zando uma balança analítica de precisão Mettler (Teixeira et al, 1965; Tundisi, 1969); o pH e a alcalinidade (meq.L<sup>-1</sup>) foram medidos com um potenciômetro HANNA HI 9025 C, seguindo a metodologia para titulometria descrita por Golterman & Clymo (1969) e Mackereth et al (1978).

A variável biológica considerada no trabalho foi a concentração de biomassa fitoplanctônica (Pigmentos Totais), determinada através de filtração da água em filtros Millipore, seguida de extração por acetona a 90%, e leitura em espectrofotômetro segundo Golterman et al. (1978).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral os ambientes pesquisados são rasos, embora apresentem grande variação na profundidade da lâmina d'água. São também polimíticos, com rápidas microestratificações térmicas, além de possuírem morfometria caracterizada por elevada relação superfície/volume.

Lagos rasos podem ser definidos como corpos d'água de comportamento polimítico, quase sempre localizados em bacias de planície, com períodos de desnivelamento bastante duradouros e com variação temporal de diferentes parâmetros sempre maior que a estratificação vertical. Esses ambientes reúnem algumas características comuns: a) ausência de estratificações térmicas de longa duração; b) forte zonação horizontal de diferentes parâmetros bióticos e abióticos, mais expressiva que os gradientes verticais, c) quase sempre altas concentrações de nutrientes, com a decorrente tendência à eutrofização (Löffler, 1982).

A Figura 2 refere-se às variações sazonais das amplitudes térmicas nos três ambientes estudados. Referidos ecossistemas apresentaram um padrão de variação temporal caracterizado por uma pequena oscilação da temperatura na coluna d'água, observando-se apenas, em algumas épocas do ano, pequenas estratificações atribuídas à baixa intensidade do vento:

a) No Lago de Viana

Sacuã: maio/97, maio/98, agosto/98 e maio/99; Cajari-Montante: maio/97, novembro/97, março/98 e agosto/98.

b) Na bacia do Rio Pericumã

Lago Grande: novembro/97, março/98 e maio/98, agosto/98, e maio/99; Irrigação 1: maio/97, março/98, agosto/98 e dezembro/98;

c) Na bacia do Rio Turiaçu

Bate-Terra: em todos os períodos de coleta, exceto dezembro/98; Arrodiador: em todos os períodos de coleta, exceto dezembro/98.

No Lago de Viana, os valores extremos registrados foram de 36°C, na estação de Touro, em dezembro/98 e 27,5°C, na estação de Sumaúma. Na bacia do Pericumã, a máxima e a mínima foram, respectivamente, de 31,5°C, (registrada em agosto/98 no Lago Grande e em maio/97 na estação Irrigação 2) e de 26°C, medida na estação Irrigação 2, em novembro/97. Já o sistema do Turiaçu, registrou a máxima de 33°C, nos lagos Caboclo e Cabeludo, ambos em novembro/97, tendo a mínima, de 27,5°C, sido registrada também neste último ambiente. O amplitude térmica do conjunto dos três ecossistemas foi de 10°C, sendo que a máxima de 36°C foi medida em Viana, em dezembro/98, e a mínima, 26°C, no Pericumã, em novembro/97.

A amplitude térmica de 10°C, no conjunto dos três ecossistemas, com máxima de 36°C e mínima de 26°C, durante os três ciclos de inundação que compuseram o horizonte da pesquisa, caracteriza-os como corpos d'água tipicamente tropicais, portanto sem maiores perturbações térmicas.

Embora as microestratificações térmicas registradas não tenham ocorrido sempre necessariamente em todas as bacias nas mesmas épocas, é possível afirmar que houve uma maior incidência nos períodos de menor intensidade de vento (final de novembro a julho). Deve-se observar, outrossim, a grande instabilidade de algumas variáveis meteorológicas na região, que já sofre forte influência da floresta amazônica no estado do Maranhão.

Os processos de microestratificação são fundamentais para a ciclagem de nutrientes e podem explicar a maior diversidade das águas tropicais, estabelecendo padrões de heterogeneidade espacial (Tundisi, 1981).

A condutividade elétrica oscilou bastante, especialmente no lago de Viana (2800 a 80  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e na bacia do rio Pericumã (850 a 50  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Os valores máximo e mínimo de condutividade elétrica medidos no conjunto dos três sistemas durante o período estudado foram de 2800  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e de 30  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , registrados respectivamente no Lago de Viana (estação Balneário, dez./98) e na bacia do rio Turiaçu (no lago Bate-Terra, mai./99) (Figura 3).

Dos três ecossistemas estudados, o Lago de Viana apresentou maior amplitude nos valores de condutividade elétrica, o que pode ser explicado em razão da maior influência

marinha e do incremento da evaporação no período de seca plena, quando chegaram a ser registrados valores da ordem de 2800  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , atípicos para essa variável nos demais ambientes.

Por sua vez, os valores elevados registrados na bacia do rio Pericumã podem ser atribuídos às elevadas taxas de decomposição de macrófitas aquáticas, ali abundantes.

Do ponto de vista da variação do nível de eletrólitos, parece ser a bacia do rio Turiaçu a mais estável.

As concentrações de material em suspensão (Figura 4) foram extraordinariamente elevadas no lago de Viana, vindo a seguir as da bacia do rio Turiaçu. As menores concentrações foram registradas na bacia do rio Pericumã, coincidindo com a máxima transparência relativa de todo o período, também ali observada, nos meses de novembro e março. Os valores mínimos de transparência relativa, bem como os de menor transparência relativa média ocorreram no lago de Viana, provavelmente em decorrência do grande aporte de sólidos suspensos carregados pelo rio Pindaré através do canal Maracu, como também pela ação de búfalos existentes em grande densidade no ecossistema, no qual permanecem durante todo o ano. Sendo bastante pesados, estes animais, no pisoteio que praticam sobre os sedimentos argilosos amolecidos, provocam na coluna d'água a ressuspensão de grande quantidade de material sólido, causando elevação nos níveis de turbidez do ambiente, como uma das conseqüências imediatas, que provocam alterações em outras variáveis, principalmente na concentração de oxigênio dissolvido.

No que se refere à penetração de energia radiante na coluna d'água, durante o período da pesquisa, a variação fica melhor evidenciada quando se determina a relação entre a profundidade do disco de Secchi,  $Z_{DS}$  e a profundidade máxima do ambiente estudado,  $Z_{max}$ , em cada coleta, nesta pesquisa denominada de Coeficiente de Transparência Relativa-CTR (Figura 5, Tabela 1-a, b e c).

As amplitudes dos valores do pH em cada bacia foram: a) no lago de Viana (9,60 e 5,13); b) na bacia do rio Pericumã (6,30 e 3,30); e c) na bacia do rio Turiaçu (8,13 e 5,60) (Figura 6 e Tabelas 2 e 3).

Quanto à alcalinidade, os valores máximo e mínimo, em meq.L<sup>-1</sup>, para cada ambiente, foram, respectivamente: 0,253 e 0,049; 0,195 e 0; 0,322 e 0,103 (Figura 7 e Tabelas 2 e 3).

Tornaram-se bastante evidentes as diferenças na capacidade de tamponamento dos três ecossistemas. A bacia do rio Turiaçu apresentou relativa estabilidade nas amplitudes do pH e nos valores máximos e mínimos de alcalinidade, os quais apresentaram pequena variação ao longo da pesquisa. Este foi o ecossistema que apresentou as águas mais alcalinas. Proença & Bittencourt (1994) referem-se à faixa de pH entre 6 e 9 como sendo ótima para aqüicultura, o que pode contribuir para explicar a elevada piscosidade deste ecossistema. Por outro lado, a bacia do rio Pericumã chamou atenção pela forte relação que guardam entre si o ciclo de acidez, o de transparência e o da cor aparente da água, todos eles associados ao ciclo de

inundação, como foi observado também por Ibañez *et al.* (2000) no mesmo ecossistema. Esta é normalmente precedida por um curto período de chuvas, que costuma ocorrer logo no início de janeiro, quando o coeficiente de transparência relativa da água já está bastante elevado. Neste mês, o pH, que faz um ciclo inverso ao da transparência, decresce até seu valor aproximar-se do mínimo, estando a água de cor já bem esverdeada.

Após uma estiagem de duração variável, começa o período de chuvas mais intensas e duradouras, quando ocorre a inundação que resulta do trabalho de vetores bem definidos, que atuam juntos na transformação dos campos em lagos:

No início do período de enchente, nos meses de fevereiro e março, o pH atinge seu valor mínimo (3,2), enquanto o CTR atinge o seu máximo valor. Provavelmente as primeiras chuvas carregam para os lagos que ressurgem, substâncias químicas que atuam como coagulantes ou floculantes, a ponto de imprimir à água essa elevada transparência, ainda que temporariamente.

Quando o nível da água sobe, o pH aumenta até atingir seu valor máximo no momento em que o ambiente atinge cheia plena, que normalmente se estende de março até maio. A transparência, pelo contrário, vai diminuindo até atingir nesse período o seu valor mínimo, quando as águas, embora já turvas, adquirem uma coloração semelhante à de chá mate, própria daquelas ricas em ácidos húmicos.

No início do período de vazante, a coloração da água muda para uma tonalidade



acinzentada. A transparência e a acidez vão gradativamente aumentando, de modo que na seca plena o pH já se encontra bastante baixo, a coloração aparente já está esverdeada e com uma crescente transparência. Recomeçam as chuvas e um novo ciclo de inundação.

As seguintes hipóteses têm sido levantadas para explicar valores tão baixos do pH nesse ecossistema: a) a decomposição da elevada biomassa de macrófitas aquáticas (cerca de 5 kg. m<sup>-2</sup> de massa fresca), bem como a presença de bancos de “turfeira”; b) a geoquímica da bacia, com os solos relativamente ácidos da região; c) a diminuição da área de penetração da cunha salina, mais rica em carbonatos e bicarbonatos, como consequência; d) a formação de chuvas ácidas na bacia, devido ao transporte pelo vento de efluentes do processo industrial na ilha de São Luís.

Esteves (1998), ao abordar a questão dos rios e lagos sob influência de chuvas ácidas, chama a atenção para a alta transparência da água, como resultante do fato de que em pH baixo, aumenta a solubilidade dos íons metálicos especialmente o alumínio, carregado pelo escoamento superficial para os ambientes. Por serem os solos geralmente menos ácidos do que a água que chega durante as chuvas ácidas, a solubilidade do alumínio é reduzida e este precipita-se como hidróxido, adsorvendo e arrastando para o sedimento a matéria orgânica dissolvida na água.

Relatório de monitoramento de algumas variáveis limnológicas realizado no rio Pericumã em 1989, registrou pH com valo-

res de 2,9 a 3,1, medido na época seca, e de 4,9 a 5,5, na época chuvosa (Ördög, 1989). Referido estudo foi realizado com o objetivo de diagnosticar causas de problemas em um projeto de piscicultura que viera a fracassar, entre outras razões, devido a essa elevada acidez.

Os valores extremos de oxigênio dissolvido durante toda a pesquisa situaram-se entre 10,92 mg.L<sup>-1</sup> e 0,10 mg.L<sup>-1</sup>, registrados respectivamente no lago de Viana (dezembro/98) e na bacia do rio Turiaçu (março/98) (Tabela 4).

A análise dessa variável, por bacia, indica os seguintes valores extremos a) No Lago de Viana: 10,92 mg.L<sup>-1</sup>, em dez./98 e 0,71 mg.L<sup>-1</sup>, em nov./97; b) Na bacia do rio Pericumã: 7,75 mg.L<sup>-1</sup>, em novembro/97 e 1,31 mg.L<sup>-1</sup>, em maio/99; c) Na bacia do rio Turiaçu: 7,61 mg.L<sup>-1</sup>, em agosto 98 e 0,10 mg.L<sup>-1</sup>, em março/98.

Deve-se registrar, todavia, que valores igualmente elevados de amplitudes foram registrados entre as várias estações de cada ecossistema, na mesma coleta, o que se pode explicar tanto pelas peculiaridades de cada estação de coleta, como pela profundidade e também pelo horário em que esta foi realizada.

A acentuada oscilação nas concentrações de oxigênio dissolvido na coluna d'água dos três ambientes tende a refletir a complexidade do seu metabolismo. Os fortes ventos que ocorrem em toda a região no período de agosto a dezembro, e o fato de se tratar de ambientes rasos podem explicar a ausência de anoxia na coluna d'água nesse período. No caso específico do rio Pericumã, deve ser

considerada a contribuição para a oxigenação de toda a coluna d'água provocada pela maximização do CTR, ocorrida nos períodos seco e de inundação, o que possibilita às macrófitas submersas e presas no sedimento realizarem fotossíntese. Valores baixos de OD no período de cheia plena podem ser justificados em virtude do aporte de grande quantidade de carga orgânica com a decorrente elevação da DBO, com as especificidades de cada bacia: o lago de Viana sofre a influência de materiais oriundos do rio Pindaré ou da contribuição de excrementos de búfalos; na bacia do rio Turiaçu, são as folhas, restos de frutos e galhos de árvores, capturados pelas águas sob as matas de igapó por ocasião do transbordamento do rio; na bacia do rio Pericumã, são os restos de macrófitas que, com o final do inverno anterior, ficaram nos campos em processo de decomposição e mineralização e, além disso, a presumível ação de búfalos, que têm nessa bacia a sua segunda maior densidade da região.

Ordög (op.cit.), tendo encontrado para a bacia do Pericumã valores de concentrações de OD, variando de 5,7 mg.L<sup>-1</sup>, no mês de fevereiro/89, a 2,1 mg.L<sup>-1</sup>, em abril/89, concluiu a respeito que, na época seca, com uma alta transparência, os valores foram quase sempre mais altos que na cheia plena, quando as cargas orgânicas de material em suspensão consomem oxigênio da coluna d'água durante os processos de mineralização.

Antonio et al. (1999) ao estudarem o consumo de oxigênio na mineralização de folhas, galhos, cascas e serapilheira,

concluíram como inequívocas as tendências globais dos processos de consumo de OD, devido ao afogamento da vegetação. Por outro lado, Pagioro et al. (1999) estudando a influência da decomposição de *Eichhornia azurea* sobre variáveis limnológicas abióticas selecionadas em diferentes ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná, chegaram à conclusão de que, durante o processo de decomposição, uma grande quantidade de nutrientes é liberada pelas macrófitas aquáticas. Desse modo, os corpos d'água da planície de inundação, dependendo das características da água e de sua vegetação são influenciados diferentemente pela decomposição das macrófitas aquáticas. No início da decomposição, houve uma redução das concentrações de OD e pH e um aumento na condutividade elétrica, na alcalinidade total e no CO<sub>2</sub> livre. Nas fases finais da decomposição, os valores de pH, nitrogênio amoniacal e as concentrações de oxigênio dissolvido aumentaram, enquanto as concentrações de compostos fosfatados decresceram.

Farjalla et al. (1999), por sua vez, ao pesquisarem o consumo de OD nos estádios iniciais da decomposição de macrófitas aquáticas e dos detritos da vegetação marginal de uma lagoa costeira tropical concluíram que o processo de decomposição das macrófitas aquáticas *N. ampla* e *P. stenostachys* apresentou as maiores taxas de consumo de oxigênio.

A concentração de pigmentos totais durante a pesquisa variou de 113,19 µg.L<sup>-1</sup>, registrada na bacia do rio Turiaçu (nov/97),

a um mínimo de 0,28  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no rio Pericumã (dez/98) (Tabela 5).

Em cada bacia foram registrados como valores extremos: Lago de Viana - 80,22  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 0,66  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; Pericumã - 26,92  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 0,28  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; Turiaçu - 113,19  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 2,64  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . É possível de se observar que os valores extremos encontrados na bacia do rio Pericumã ocorreram em estações de coleta diferentes, embora no mesmo período. Thomaz et al. (1997), fazendo a caracterização limnológica dos ambientes aquáticos da planície de inundação do alto rio Paraná determinaram valores para a clorofila-*a* compreendidos entre 0,2  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 64,7  $\mu\text{g.L}^{-1}$  para lagoas; 0,4  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 35,7  $\mu\text{g.L}^{-1}$  para ambientes semilóticos; 0,1  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 4,9  $\mu\text{g.L}^{-1}$  para o rio Ivinhema; e 0,1  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 6,3  $\mu\text{g.L}^{-1}$  para o rio Paraná.

### CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa confirma a complexidade do funcionamento dos ecossistemas estudados, bem como sua elevada vulnerabilidade às ações antrópicas. Tal constatação, evidencia ser indispensável aprofundar-se a investigação científica tanto nessas bacias como em outros ecossistemas relevantes da Baixada, para orientar um novo modo de intervenção nesses ambientes, fundamentado no conhecimento científico sobre a sua ecologia e sua sustentabilidade. Assim, será possível desenhar-se a médio prazo um projeto de desenvolvimento sustentado para a região, com base nos seus recursos ambientais.

### AGRADECIMENTOS

Os autores manifestam seu agradecimento ao CNPq, pelo financiamento deste estudo e à Prefeitura Municipal de Viana - MA, pela acolhida e também por haver viabilizado o início da pesquisa, no período que antecedeu a liberação dos recursos para a sua execução.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONIO, R.M., BITAR, A.L. & BIANCHIVI Jr., I., 1999. Consumo de oxigênio na mineralização de folhas, galhos, cascas e serapilheira. *Acta Limnol. Bras.* 11(2): 65-78.
- COSTA NETO, J.P., 1996. Maranhão: Um Estado que precisa ser criado para a cidadania. *Des. & Cidadania*, nº - 18, p. 7-11.
- ESTEVES, F.A., 1998. *Fundamentos de Limnologia*. (2ª ed.) Rio de Janeiro. Editora Interciência Ltda. 602p.
- FARJALLA, V.F., MARINHO, C.C. & ESTEVES, F.A., 1999. The uptake of oxygen in the initial stages of decomposition of aquatic macrophytes and detrities from terrestrial vegetation in a tropical coastal lagoon. *Acta Limnol. Bras.* 11(2): 185-193.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S., 1969. *Methods for chemical analysis of freshwaters*. IBP Handbook, 8. Blackwell Sci. Publ, Oxford.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. & OHSNTAD, M.A.M., 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. 2 ed. IBP Handbook, 8. Blackwell Sci. Publ, Oxford.

- IBAÑEZ, M.S.R., CAVALCANTE, P.R.S., COSTA NETO, J.P., BARBIERI, R., PONTES, J.P., SANTANA, S.C.C., SERRA, C.L.M., NAKAMOTO, N. & MITAMURA, O., 2000. Limnological characteristics of three aquatic systems of the pre-amazonian floodplain, Baixada Maranhense (Maranhão, Brazil). *Aquat. Ecos. Health. & Manag.* 3: 521-531.
- JUNK, W.J. & PIEDADE, M.T.F., 1997. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. Junk (ed.) *The Central Amazon floodplain, Ecological Studies*, vol. 126. p. 147-185. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- JUNK, W.J., 1980. Áreas inundáveis: um desafio para a Limnologia. *Acta Ama.* 10:775795.
- KIRK, J.T., 1986. Optical limnology: A manifesto. In: WILLIAMS, W.D.; DECKKER, P. Netherlands. *Dr. W. Junk Publ.*
- LÖFFLER, H., 1982. Limnological aspects of shallow lakes. In: *Ecosystem dynamics freshwater wetlands and shallow water bodies*. URSS, Scope/UNEP. p. 37-62.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. & TALLING, J.F., 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association. Scientific Publications n° 36 Titus Wilson & Son Ltd., Kendall.
- MINTE-VERA, C.V., 1999. A convenção Ramsar e a conservação das áreas úmidas. *Cad. Biodivers.* 2(1): 42-52.
- ÖRDÖG, V. 1989. Investigações limnológicas no vale do rio Pericumã e na estação de piscicultura do DNOS em Pinheiro - MA. Relatório técnico, Petrolina (PE). 54p.
- PAGIORO, T.A. & THOMAZ, S.M., 1999. Influence of the decomposition of *Eichhornia azurea* on selected abiotic limnological variables of different environments of the floodplain of the High Paraná River. *Acta Limnol. Bras.* 11(2): 157-171.
- PROENÇA, C.E.M. & BITTENCOURT, P.R.L., 1994. *Manual de piscicultura tropical*. IBAMA: Brasília, 196p.
- RAWSON, D.S., 1955. Morphometry as a dominant factor in the productivity of larger in the productivity of larger lakes. *Verh. Internat. Ver. Limnol.*, 12: 164-175.
- SUDENE/UFPE, 1989. *Ecossistemas e potencialidades dos recursos naturais do Nordeste*. vol. 3, p. 501-738.
- TUNDISI, J.G., 1969. *Produção primária "standing-stock" e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia*. São Paulo. Tese (doutorado) Universidade de São Paulo.
- TEIXEIRA, C. et al., 1965. Plankton studies in a mangrove II: the standing-stock and some ecological factors. *Bol. Inst. Oceanogr.*, n° 24, São Paulo. p. 23-41.
- THOMAZ, S.M., ROBERTO, M.C. & BINI, L.M., 1997. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: Vazzoler, A.E.A.M.; Agostinho, A.A. & Hahn, N.S. *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Editora da Universidade Estadual de Maringá. 460p.
- TUNDISI, J.G., 1981. Shallow water in South America: present knowledge and perspectives for future research and management. In: *Ecosystem dynamics freshwater wetlands and shallow water bodies*. URSS, Scope/UNEP. p. 12-26.

\* Distribuído em junho de 2003.

**Tabela 1.** Variação dos valores do coeficiente de transparência relativa durante o período da pesquisa.

a)

Ambiente	Data									
Viana	15.5.97	8.11.97	17.3.98	30.5.98	26.8.98	02.12.98	06.5.99	MÉD.	MÁX.	MÍN.
SUM	0,15		0,13	0,12	0,25		0,24	<b>0,18</b>	<b>0,25</b>	<b>0,12</b>
CAJ.M	0,09	0,05	0,01	0,30	0,02		0,23	<b>0,12</b>	<b>0,30</b>	<b>0,01</b>
CAJ.J	0,28	0,06	0,04	0,21	0,01	0,04	0,12	<b>0,11</b>	<b>0,28</b>	<b>0,01</b>
TOU	0,50	0,20	0,12	0,15	0,50		0,18	<b>0,28</b>	<b>0,50</b>	<b>0,12</b>
SACUÃ	0,18		0,10	0,07	0,20	0,20	0,19	<b>0,16</b>	<b>0,20</b>	<b>0,07</b>
BALN	0,45		0,12			0,55	0,30	<b>0,36</b>	<b>0,55</b>	<b>0,12</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,27</b>	<b>0,10</b>	<b>0,09</b>	<b>0,17</b>	<b>0,20</b>	<b>0,26</b>	<b>0,21</b>			
<b>MÁXIMA</b>	<b>0,50</b>	<b>0,20</b>	<b>0,13</b>	<b>0,30</b>	<b>0,50</b>	<b>0,55</b>	<b>0,30</b>			
<b>MÍNIMA</b>	<b>0,09</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	<b>0,12</b>			

b)

Ambiente	Data									
Pericumã	15.5.97	8.11.97	17.3.98	30.5.98	26.8.98	02.12.98	06.5.99	MÉD.	MÁX.	MÍN.
PISCIC	0,16	1,00		0,17	0,54	0,14	0,28	<b>0,38</b>	<b>1,00</b>	<b>0,14</b>
L.GR	0,23	0,15	1,00	0,36	0,30	0,08	0,10	<b>0,32</b>	<b>1,00</b>	<b>0,08</b>
FAV		0,30	0,49	0,13	0,19	0,08		<b>0,24</b>	<b>0,49</b>	<b>0,08</b>
IRRIG1	0,39		1,00	0,32	0,32	0,23	0,34	<b>0,43</b>	<b>1,00</b>	<b>0,23</b>
IRRIG2	0,33		1,00	0,32	0,48	0,20	0,19	<b>0,42</b>	<b>1,00</b>	<b>0,19</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,28</b>	<b>0,48</b>	<b>0,87</b>	<b>0,26</b>	<b>0,37</b>	<b>0,14</b>	<b>0,23</b>			
<b>MÁXIMA</b>	<b>0,39</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,36</b>	<b>0,54</b>	<b>0,23</b>	<b>0,34</b>			
<b>MÍNIMA</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,49</b>	<b>0,13</b>	<b>0,19</b>	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>			

c)

Ambiente	Data									
Turiaçu	15.5.97	8.11.97	17.3.98	30.5.98	26.8.98	02.12.98	06.5.99	MÉD.	MÁX.	MÍN.
CABEL	0,18	0,17	0,17	0,17	0,32		0,20	<b>0,20</b>	<b>0,32</b>	<b>0,17</b>
BTERRA	0,19	0,33	0,15	0,17	0,25		0,14	<b>0,20</b>	<b>0,33</b>	<b>0,14</b>
ARROD	0,15	0,50	0,15	0,16	0,17		0,14	<b>0,21</b>	<b>0,50</b>	<b>0,14</b>
QPOTE	0,13	0,30	0,09	0,14	0,17		0,14	<b>0,16</b>	<b>0,30</b>	<b>0,09</b>
CABOCLO	0,14	0,33	0,13	0,14	0,37		0,16	<b>0,21</b>	<b>0,37</b>	<b>0,13</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,16</b>	<b>0,33</b>	<b>0,13</b>	<b>0,16</b>	<b>0,25</b>		<b>0,16</b>			
<b>MÁXIMA</b>	<b>0,19</b>	<b>0,50</b>	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>	<b>0,37</b>		<b>0,20</b>			
<b>MÍNIMA</b>	<b>0,13</b>	<b>0,17</b>	<b>0,09</b>	<b>0,14</b>	<b>0,17</b>		<b>0,14</b>			

**Tabela 2.** Amplitude dos valores do pH e da alcalinidade, no conjunto dos três ambientes, em cada coleta

Bacia	pH		ALCAL. (meq.L <sup>-1</sup> )	
	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN
Mai	6,70 (V)	5,13 (V)	0,2083 (T)	0,0730 (P)
Nov	8,13 (T)	3,88 (P)	0,2393 (T)	0,0 (P)
Mar	6,90 (T)	3,30 (P)	0,2593 (T)	0,0 (P)
Mai	7,90 (V)	5,67 (P)	0,2784 (T)	0,0914 (P)
Ago	7,10 (T)	4,50 (P)	0,1709 (T)	0,013 (P)
Dez	9,60 (V)	4,10 (P)	0,3225 (T)	0,0 (P)
Mai	6,80 (V)	5,6 (P)	0,2785 (T)	0,0851 (P)
Na Pesquisa	9,60 (V)	3,3 (P)	0,3225 (T)	0,0 (P)

P = Bacia do Rio Pericumã

V = Lago de Viana

T = Bacia do Rio Turiaçu

**Tabela 3.** Amplitudes dos valores do pH e da alcalinidade em cada bacia, durante toda pesquisa.

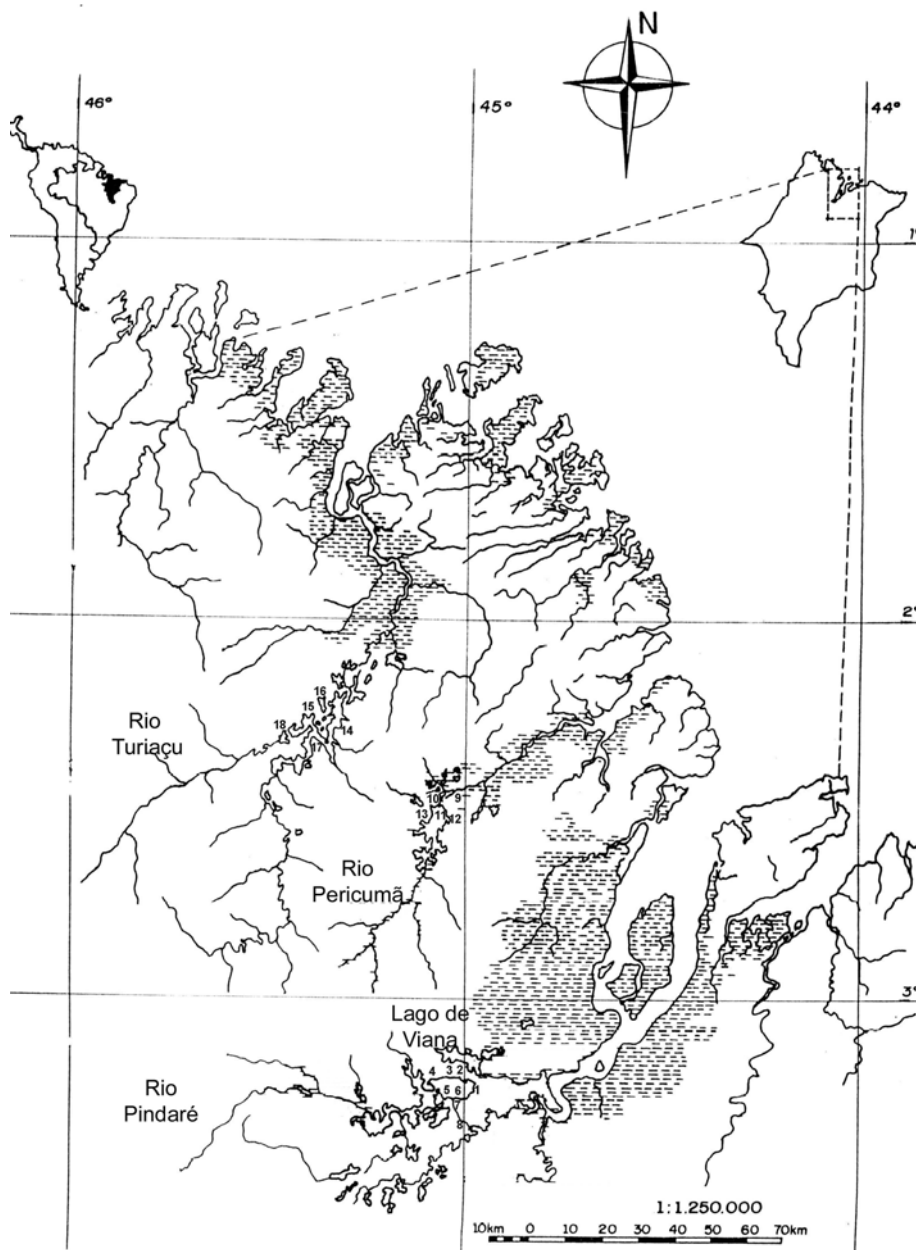
Bacia	pH		Alcalinidade (meq.L <sup>-1</sup> )	
	MÁX.	MÍN.	MÁX.	MÍN.
Lago de Viana	9,6 (dez/98)	5,13 (mai/97)	0,253 (dez/98)	0,0486 (mar/98)
Rio Pericumã	6,30 (ago/97)	3,3 (mar/98)	0,1953 (mai/98)	0,0 (nov/97, mar/98 e dez/98)
Rio Turiaçu	8,13 (nov/97)	5,7 (mai/97)	0,3225 (dez/98)	0,1029 maio/99)

**Tabela 4.** Amplitudes dos valores de oxigênio dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>) nos três ecossistemas durante os períodos de coleta.

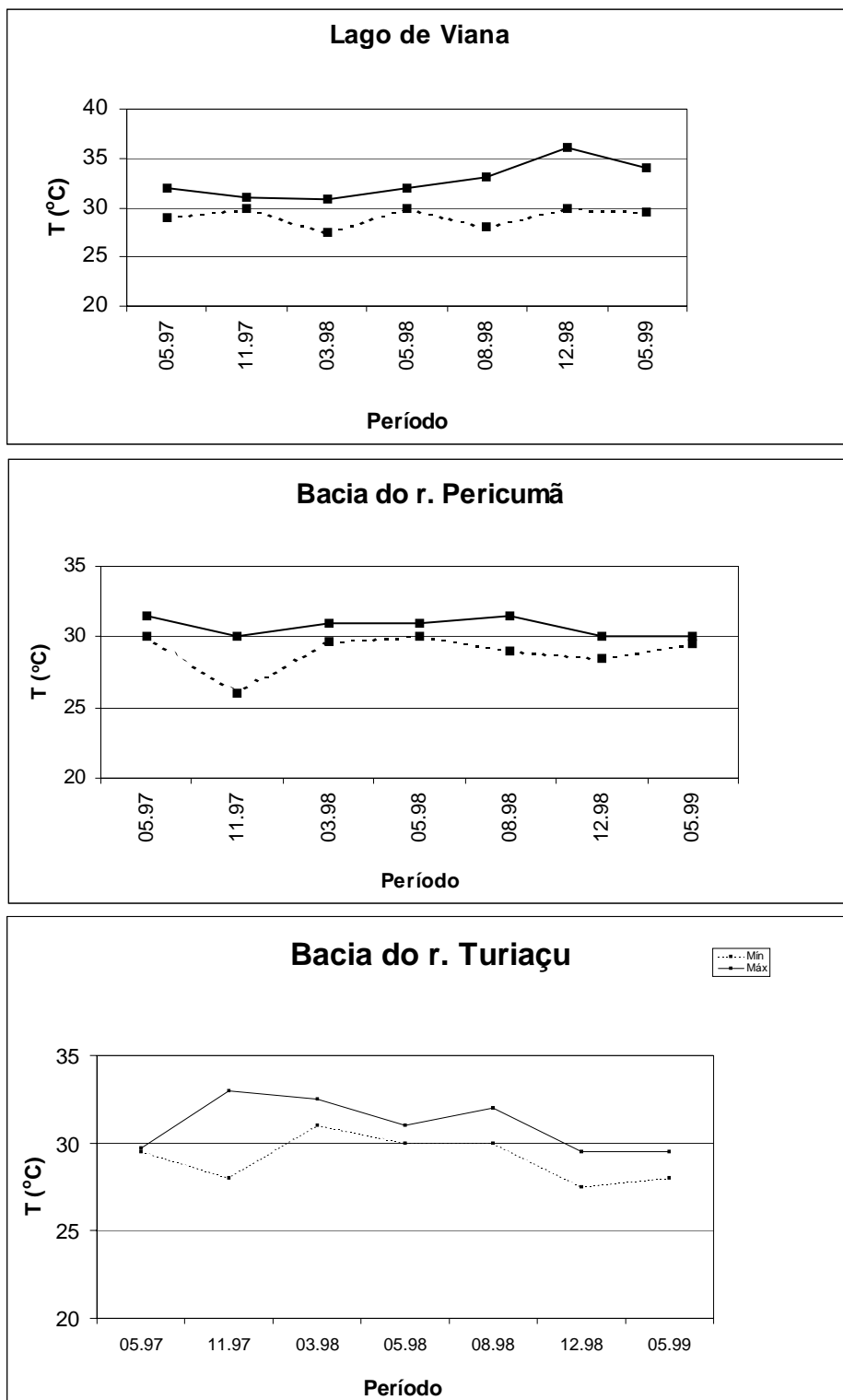
Bacia	CONCENTRAÇÃO								
		MAI	NOV	MAR	MAI	AGO	DEZ	MAI	NA PESQUI.
VIANA	MÁX	6,29	6,23	4,21	7,30	7,21	10,92	6,64	<b>10,92</b>
	MÍN	1,22	0,71	1,01	2,23	3,19	5,48	1,65	<b>0,71</b>
PERICUMÃ	MÁX	5,02	7,75	3,95	3,40	7,58	7,11	3,87	<b>7,75</b>
	MÍN	3,30	6,23	3,04	1,92	3,66	5,33	1,31	<b>1,31</b>
TURIAÇU	MÁX	4,81	7,20	3,65	6,08	7,61	6,53	5,01	<b>7,61</b>
	MÍN	2,95	3,90	0,10	4,41	6,84	4,55	3,03	<b>0,10</b>
NA COLETA	MÁX	<b>6,29</b>	<b>7,75</b>	<b>4,21</b>	<b>7,30</b>	<b>7,61</b>	<b>10,92</b>	<b>6,64</b>	<b>10,92</b>
	MÍN	<b>1,22</b>	<b>0,71</b>	<b>0,10</b>	<b>1,92</b>	<b>3,19</b>	<b>4,55</b>	<b>1,31</b>	<b>0,10</b>

**Tabela 5.** Amplitudes dos valores de pigmentos totais ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nos três ambientes, durante a pesquisa.

Bacia		Mai	Nov	Mar	Mai	Ago	Dez	Mai	
VIANA	MAX	12,455	2,418	26,741	10,440	80,221	22,803	9,671	<b>80,221</b>
	MIN	4,506	0,660	9,616	5,220	5,496	6,045	2,418	<b>0,660</b>
PERICUMÃ	MAX	16,759	23,993	3,626	13,187	9,891	26,924	11,209	<b>26,924</b>
	MIN	3,572	6,227	1,044	2,983	3,077	0,275	2,198	<b>0,275</b>
TURIAÇU	MAX	11,356	113,189	56,830	15,275	15,275	62,089	3,077	<b>113,189</b>
	MIN	4,945	35,167	7,536	3,114	3,114	23,627	2,638	<b>2,638</b>

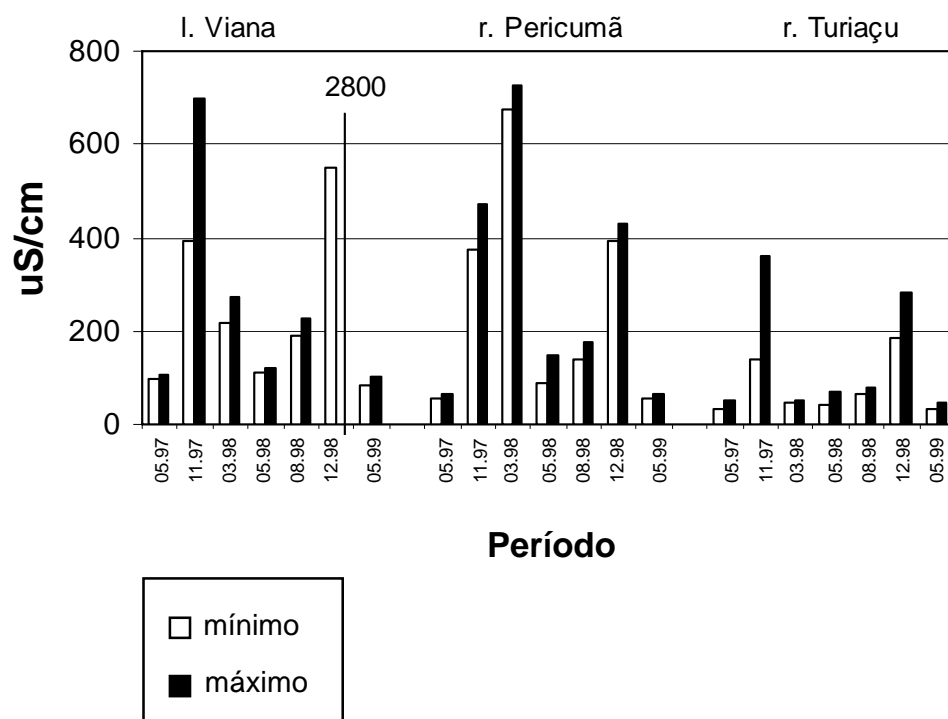


**Figura 1.** Localização da área de estudo e das estações de coleta.

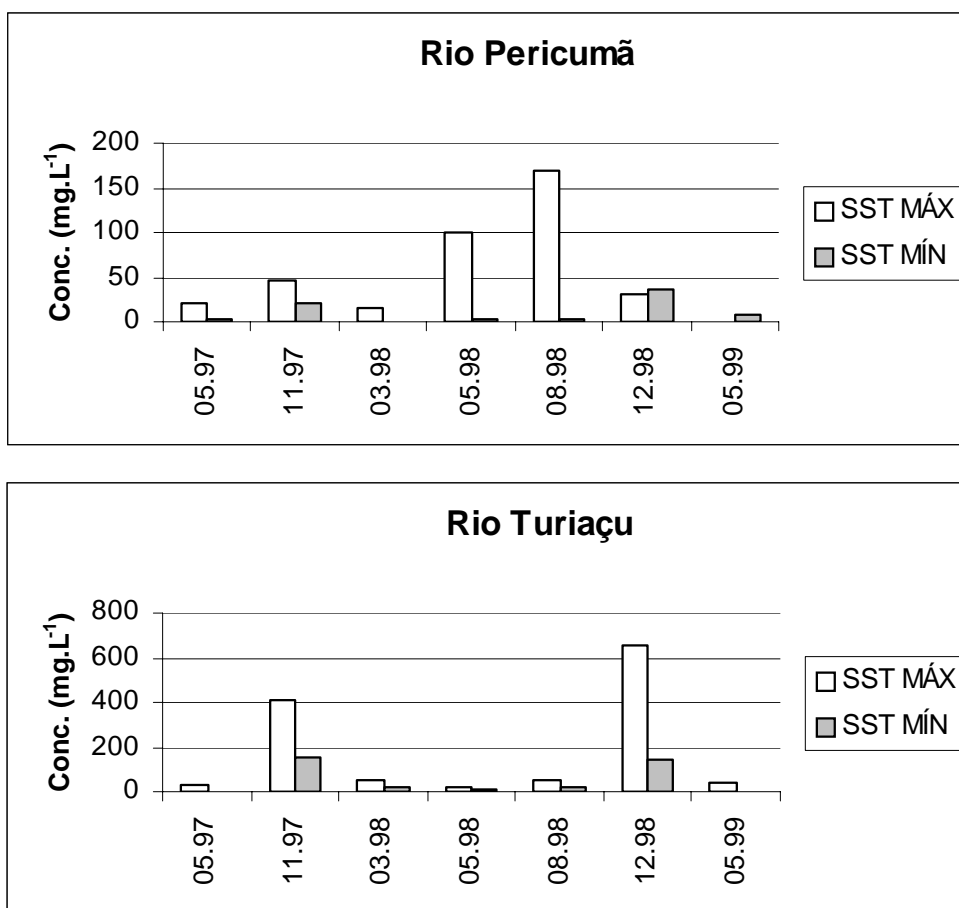


**Figura 2.** Variação sazonal da amplitude térmica nos três ambientes, durante o período da pesquisa (mês.ano).

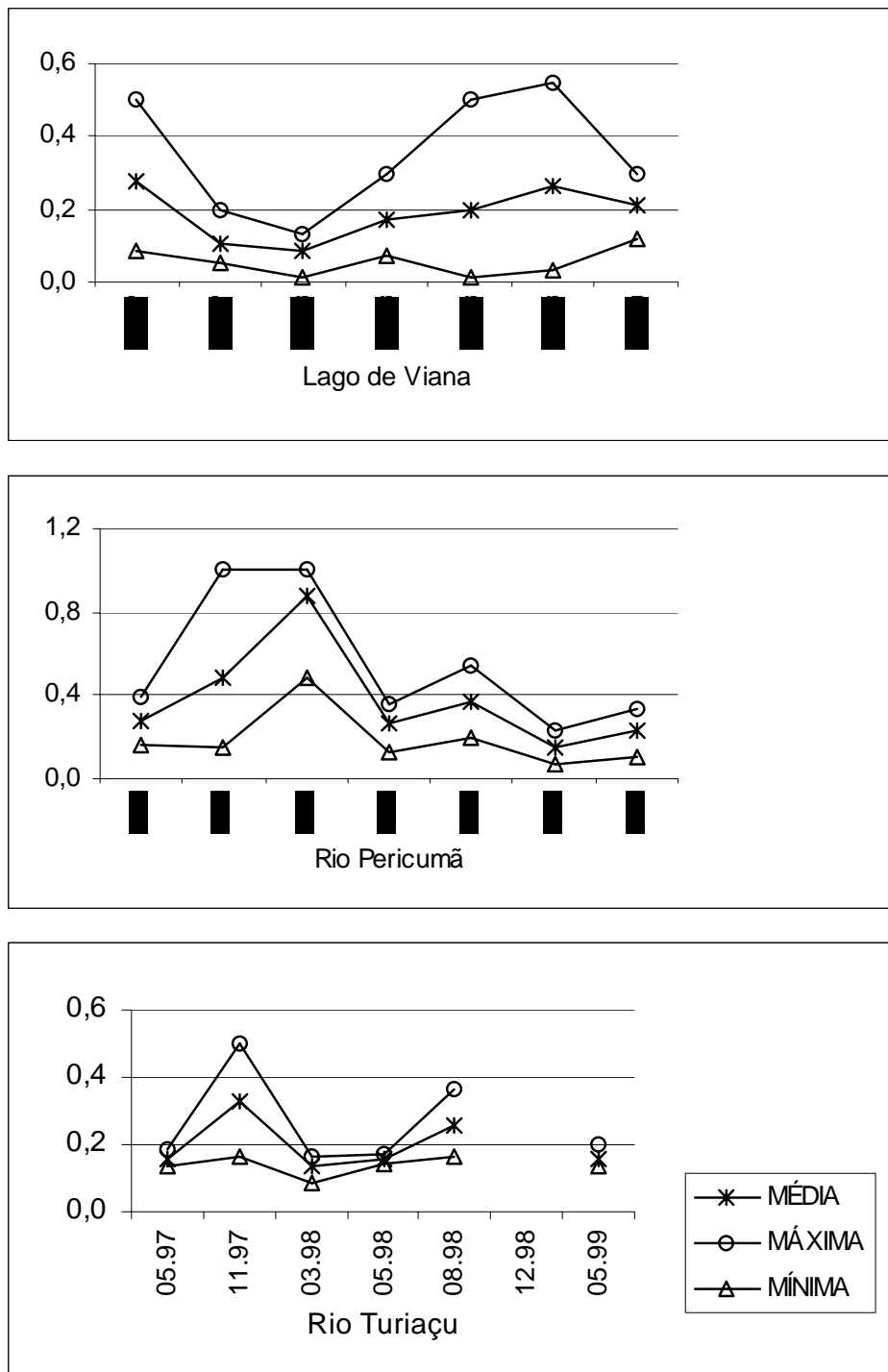




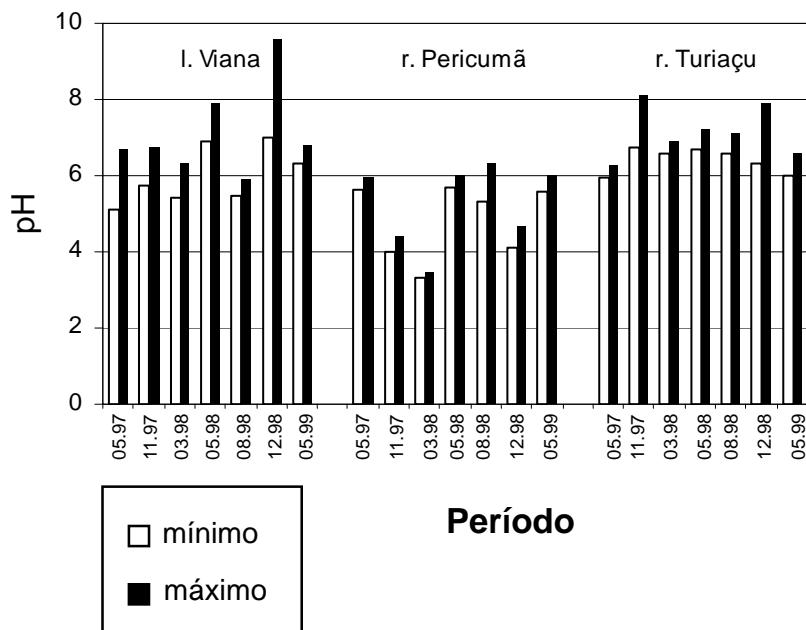
**Figura 3.** Variação sazonal dos valores da amplitude da condutividade elétrica nas três bacias estudadas, durante o período da pesquisa



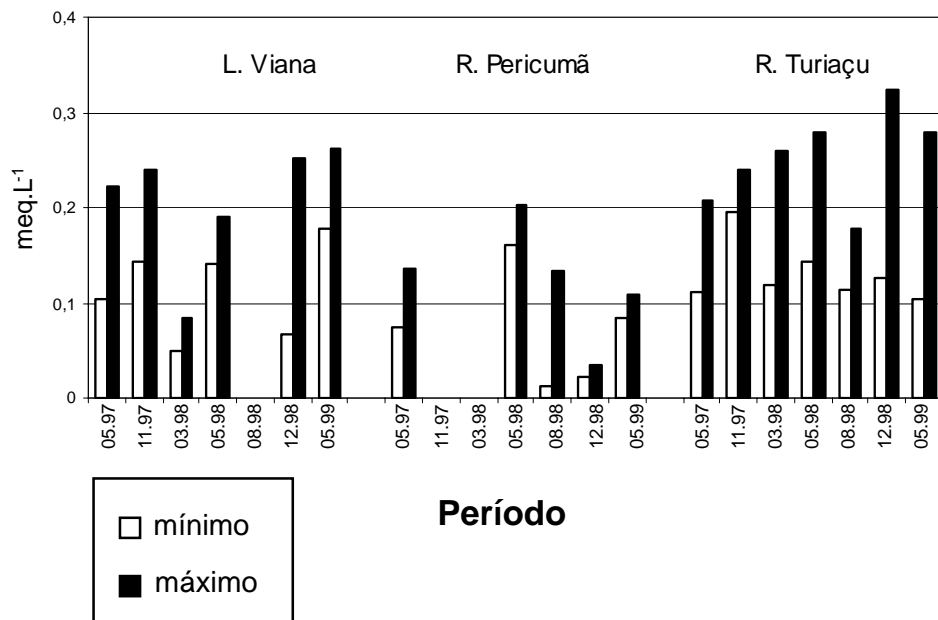
**Figura 4.** Variação da amplitude dos valores das concentrações de Sólidos Suspensos Totais nos três ecossistemas, nos diversos períodos de coleta (mês.ano).



**Figura 5.** Variação do Coeficiente de Transparência Relativa nos ecossistemas estudados, durante o período de pesquisa (mês.ano).



**Figura 6.** Variação sazonal dos valores da amplitude do pH nas três bacias estudadas, durante o período da pesquisa



**Figura 7.** Variação sazonal dos valores da amplitude de alcalinidade nas três bacias estudadas, durante o período da pesquisa