

Universidade Estadual Paulista – UNESP

Instituto de Biociências de Botucatu

Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas – AC: Zoologia

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL LONGITUDINAL DAS ASSOCIAÇÕES
ZOOBENTÔNICAS NO RESERVATÓRIO DE ROSANA (RIO
PARANAPANEMA, SP/PR) E NAS LAGOAS MARGINAIS
ASSOCIADAS, E ANÁLISE TOXICOLÓGICA DA ÁGUA E DO
SEDIMENTO**

FABIANA AKEMI KUDO

Orientador: Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências de Botucatu, Universidade
Estadual Paulista – UNESP, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Mestre em Ciências Biológicas – Área de
Concentração: Zoologia.

BOTUCATU – SP

2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO

DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: Selma Maria de Jesus

Kudo, Fabiana Akemi.

Distribuição espacial longitudinal das associações zoobentônicas no
reservatório de Rosana (Rio Paranapanema, SP/PR) e nas lagoas marginais
associadas, e análise toxicológica da água e do sedimento / Fabiana Akemi

Kudo. – Botucatu : [s.n.], 2007

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Biociências de Botucatu, 2007.

Orientador: Marcos Gomes Nogueira.

Assunto CAPES: 20500009

1. Paranapanema, Rio (SP,PR) - Aspectos biológicos 2. Ecologia lacustre
3. Reservatórios - Qualidade

CDD 574.5263

Palavras-chave: Reservatório de Rosana; Rio Paranapanema; Sedimentos;
Toxicidade, Zoobentos

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Iracly e Tomio, e à minha irmã Luciana,
por todo amor, apoio e incentivo em
todos os dias da minha vida.*

Agradecimentos

Ao *Marcos*, pela confiança, ensinamentos, paciência e amizade.

À *Adriana*, minha co-orientadora 'extra-oficial', que muito me ensinou. Obrigada

por toda ajuda, pela paciência e amizade.

Ao **CNPq**, pela bolsa de estudos concedida.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação, **Serginho, Luciene e Maria Helena**, por toda ajuda e paciência.

Ao **Prof. Dr. Evaldo L. G. Espíndola**, por disponibilizar o Laboratório de Ecotoxicologia (CRHEA) para a realização dos testes de toxicidade. E à todos do Laboratório que me receberam tão bem, **Amândio, Marcelo, Mariana, Ana**

Paula e Pedro, muito obrigada.

À **Dra. Clarice M. R. Botta-Paschoal**, um agradecimento especial por ter me

ensinado sobre os testes, por ter me ajudado muito, enquanto eu estava lá e mesmo depois, durante as finalizações do trabalho.

Ao **Thiago**, por ter me abrigado durante toda minha estadia em São Carlos. 'Erv's,

muito obrigada mesmo!'

Ao **Dorival da Conceição**, auxiliar técnico-administrativo do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, pela ajuda na análise do nitrogênio.

Ao **Amauri Mercadante**, do Centro de Assistência Toxicológica (CEATOX) – IBB, pela análise dos pesticidas.

Ao **Prof. Dr. Pedro Padilha**, do Departamento de Química, pela análise dos metais.

À **Profa. Dra. Luzia Trinca**, do Departamento de Bioestatística, por ter me ajudado tanto com as análises estatísticas deste trabalho e por toda (imensa) paciência.

Aos funcionários do Departamento de Zoologia, **Hamilton, seu Pizani, Flávio**

e em especial, à **Juliana**, sempre tão atenciosa e prestativa.

À minha família...

Ao meu querido pai, **Tomio**. Nenhuma palavra nunca vai ser suficiente para agradecer tudo o que você fez por mim... Muitos anos de sacrifício, muitos anos de saudade, muitos anos de ausência física para que eu chegasse até aqui! Obrigada por tudo!

À minha doce mãe, **Iracy**. Acima de tudo, uma grande amiga... Obrigada pela compreensão, pelo incentivo, pelo amor incondicional. Obrigada por entender tanta ausência. Com certeza, tudo o que eu sou hoje, eu devo a você!

À minha querida irmã, **Luciana**, pedra fundamental na minha vida, exemplo de pessoa que eu sempre quis ser... Muito pra agradecer, mas faltam palavras...

Obrigada pela confiança, pela torcida, pelos mimos, pelo colo! Obrigada por me ajudar em tudo, sempre. Sem você nada disso seria possível!

Ao **Sergio**, pela confiança e por todas as inúmeras ajudas! Devo muito a você!

Meu

eterno muito obrigada!

A todos os amigos do Laboratório, pela enriquecedora (e divertida) convivência diária: **Rosa, Danielli, Claudia, Mirian, Silvia, Luciana, Fernanda, Paula, Rose,**

Juliana, Danilo, Gilmar, Rafael, João e Matheus.

À querida amiga **Li**, que mesmo distante, estará sempre 'presente' no laboratório. Quanta falta você faz!

Às sempre amigas, 'irmãs' e companheiras... **Lu, Sil, Mi e Fé.** Vocês foram muito

importantes na minha vida nesses longos, loucos e maravilhosos dois anos de mestrado. Obrigada por toda ajuda, todo apoio e todos os conselhos. Obrigada pela paciência com as minhas constantes alterações de humor. Admiro e amo muito todas vocês!

Às minhas queridas 'irmãs Xapinhas', **Carol 'Nhãinha', Therys 'Tethys', Nahomi**

'Brioxi'. Amo vocês e sinto muitas saudades!

Ao meu 'irmão' **Yuji**, obrigada pelo carinho, atenção e dedicação.

Ao sempre querido, **Eduardo 'Nik'**, pelo ombro amigo, pelos bons momentos compartilhados, pelas risadas, pelo carinho.

Aos **amigos da XXXVI**, e em especial, **Thaís 'Sé', Marco 'Xabi', André 'Pino's',**

Beatriz 'Su', Marcos 'FX', pelos ricos momentos vividos juntos.

Às queridas amigas, **Lu, Vi, Tathi, Mel e Ká.** Amigas de longos anos, muitas histórias, tantas risadas... Momentos inesquecíveis... Saudades!

Ao **Marcio**, companheiro de pós, que em pouco tempo, tornou-se um amigo muito querido.

Ao **Pedro**, obrigada por tudo. Sem sua ajuda naquele início tão conturbado, as coisas teriam sido muito mais difíceis.

À **Duke-Energy – Geração Paranapanema**, pelo apoio logístico nos trabalhos de

campo, e em especial ao **Mauro** e ao **Joãozinho.**

A todos que de alguma forma, me ajudaram, seja diretamente na execução deste trabalho, ou indiretamente, me apoiando e me dando forças para continuar.

APRESENTAÇÃO

Atualmente o ser humano convive com o grave problema da 'crise da água',

conseqüência do uso intensivo dos recursos hídricos e degradação indiscriminada dos mesmos ao longo de toda a história da humanidade. A construção de reservatórios representa uma das grandes causas de modificações do ciclo hidrológico e de impactos ambientais no planeta, com efeitos positivos e negativos. No caso de grandes rios da bacia do alto Paraná, como o Paranapanema, é comum verificar-se reservatórios em série, denominados sistemas em cascata.

O reservatório de Rosana compreende o último da cascata do rio Paranapanema, cuja bacia hidrográfica está localizada nos estados de São Paulo e Paraná. Neste estudo procurou-se estudar a distribuição espacial e temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, bem como realizar uma análise toxicológica da água e do sedimento do reservatório. Os resultados obtidos foram organizados em dois capítulos distintos:

□ Capítulo 1 “*Distribuição espacial e temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no eixo longitudinal do reservatório de Rosana (rio Paranapanema, SP/PR) e de suas lagoas marginais*”;

□ Capítulo 2 “*Avaliação toxicológica da água e do sedimento do reservatório de Rosana (rio Paranapanema, SP/PR)*”.

O primeiro capítulo apresenta os resultados da análise física e química da água (profundidade, transparência, temperatura, pH, condutividade elétrica e concentração de oxigênio dissolvido), das características do sedimento (textura granulométrica, porcentagens de água e de matéria orgânica e concentrações de nitrogênio total e fósforo total) e da distribuição das associações de macroinvertebrados bentônicos (riqueza, abundância e diversidade), de dois períodos sazonais distintos (período chuvoso – Janeiro/2005, e período seco – Julho/2005). Todas estas análises foram realizadas ao longo do eixo longitudinal do reservatório e em quatro lagoas marginais.

O segundo capítulo contém informações sobre a análise toxicológica do reservatório, realizada durante o período seco. Neste estudo, foram contemplados além do reservatório, dois rios tributários (rio Pirapó, PR, e rio Pirapozinho, SP) e dois efluentes (urbano e industrial) localizados na região da montante do reservatório. Foram analisadas as características físicas e químicas da água (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, turbidez e concentrações de nitrogênio total e de fósforo total), as características do sedimento (textura granulométrica, porcentagem de matéria orgânica e concentrações de nitrogênio total, de fósforo total, de metais e pesticidas) e conduzidos testes de ecotoxicidade com amostras de água e do sedimento nos pontos amostrados no reservatório e dos rios tributários e com amostras dos efluentes. Para os testes, foram utilizados como organismos-teste *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia silvestrii* (Cladocera, Crustacea) e *Chironomus xanthus* (Chironomidae, Diptera).

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - “*Distribuição espacial e temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no eixo longitudinal do reservatório de Rosana (rio Paranapanema, SP/PR) e de suas lagoas marginais*”

Resumo	1
Abstract	2

1. Introdução	3
2. Objetivos	8
3. Área de Estudo	9
4. Material e Métodos	12
4.1 Periodicidade de amostragem e localização dos pontos ... de amostragem	12
4.2 Variáveis físicas e químicas da água.....	13
4.3 Variáveis físicas, químicas e porcentagem de matéria orgânica do sedimento	13
4.4 Macroinvertebrados bentônicos	15
4.5 Análise dos dados.....	16
5. Resultados	18
5.1 Variáveis físicas e químicas da água.....	18
5.2 Variáveis físicas, químicas e porcentagem de matéria orgânica do sedimento	26
5.3 Macroinvertebrados bentônicos	37
5.4. Análise dos dados.....	57
6. Discussão	70
7. Conclusões	82
8. Referências Bibliográficas	84
ANEXO	94
Capítulo II - “Avaliação toxicológica da água e do sedimento do reservatório de Rosana (rio Paranapanema, SP/PR)”	
Resumo	108
Abstract	109
1. Introdução	110
2. Objetivos	115
3. Área de Estudo	116
4. Material e Métodos	116
4.1 Localização dos pontos de amostragem.....	116
4.2 Variáveis físicas e químicas da água.....	117
4.3 Variáveis físicas, químicas e porcentagem de matéria orgânica do sedimento	117
4.4 Testes ecotoxicológicos	120
5. Resultados	126
5.1 Variáveis físicas e químicas da água.....	126
5.2 Variáveis físicas, químicas e porcentagem de matéria orgânica do sedimento	130
5.3 Testes ecotoxicológicos	135
6. Discussão	143

7. Conclusões	148
8. Referências Bibliográficas	149

CAPÍTULO I

“Distribuição espacial e temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no eixo longitudinal do reservatório de Rosana (rio Paranapanema, SP/PR) e de suas lagoas marginais”

RESUMO

O presente estudo procurou caracterizar a distribuição espacial longitudinal e temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos do reservatório de Rosana, último da série em cascata do rio Paranapanema (SP/PR), bem como a estrutura da comunidade das lagoas marginais associadas. Os trabalhos de campo ocorreram em janeiro e julho de 2005 (período chuvoso e seco, respectivamente). Foram estabelecidos seis pontos de amostragem ao longo dos 90 Km do canal principal do reservatório, e também um ponto em cada uma das quatro lagoas marginais estudadas. *In situ*, foram medidas a profundidade, a transparência da água (disco de Secchi), a temperatura, o pH, a concentração de oxigênio dissolvido e a condutividade elétrica. Em cada ponto amostrado, foram coletadas quatro amostras de sedimento com draga Van Veen, sendo uma destinada à análise do sedimento (textura granulométrica, porcentagens de água e de matéria orgânica e concentrações de nitrogênio total e de fósforo total) e as demais destinadas à análise dos macroinvertebrados bentônicos (composição, abundância e diversidade). Entre os períodos estudados houve uma marcada diferença nas variáveis ambientais, o que foi evidenciado pela análise de componentes principais. Também foi possível detectar a formação de um gradiente ao longo do eixo longitudinal do reservatório, principalmente em função da textura granulométrica. Com relação à fauna estudada, notou-se um predomínio do bivalve invasor *Corbicula fluminea* sobre os demais taxa encontrados ao longo de todo o reservatório. A família Chironomidae (Diptera) também apresentou elevada abundância, sendo que *Coelotanypus* e *Djalmabatista pulcher* foram bastante representativos ao longo do reservatório. As lagoas marginais apresentaram elevados valores de riqueza e diversidade quando comparadas ao reservatório. Através da análise de correspondência efetuada com os dados de abundância dos taxa encontrados, também foi possível verificar que as lagoas marginais são ambientes mais estáveis que o reservatório, por apresentarem uma menor amplitude de variação na composição faunística, quando comparados os dois períodos de estudo.

ABSTRACT

This study aimed to characterize the spatial longitudinal and temporal distribution of the benthic macroinvertebrate community from Rosana Reservoir, the last one of a cascade of reservoirs in the Paranapanema River (SP/PR), as well as the structure of the marginal lakes associated communities. Fieldwork occurred in January and July 2005 (rainy and dry periods, respectively). It was established six sampling sites along the 90 Km of the main channel of the reservoir, and also one sampling site at each studied marginal lake. *In situ*, it was measured: depth, water transparency (Secchi disk), temperature, pH, dissolved oxygen concentration, and electric conductivity. At each site four sediment samples were collected with Van Veen dredge, being one for sediment analysis (granulometric texture, water and organic matter percentage, total nitrogen and total phosphorus concentrations), and the others used for benthic macroinvertebrates analysis (composition, abundance, and diversity). Among the studied periods there was a remarkable difference in the environmental variables, what was shown by the Principal Component Analysis. It was also possible to detect the formation of a gradient along the longitudinal axis in the reservoir, especially due to the granulometric texture. In relation to the associated fauna, it was noticeable a predominance of an invasive bivalve *Corbicula fluminea* over the others found along the reservoir. The Chironomidae (Diptera) family also presented high abundance, being *Coelotanypus* and *Djalmabatista pulcher* very representative along the reservoir. Marginal lakes presented high richness and diversity values when compared to the reservoir. Through the correspondence analysis done with abundance data from the taxa found, it was also possible to verify that the marginal lakes are more stable environments than the reservoir, because they present smaller variation amplitude in the faunistic composition when compared to both periods of study.

3 1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios foram e estão sendo construídos em todos os continentes e têm sido utilizados para múltiplas finalidades ao longo da história da humanidade. Entre elas estão: produção de alimentos (pesca e aquicultura), abastecimento de água, hidroeletricidade, recreação, água para irrigação, turismo e navegação (Tundisi, 2006). Segundo este mesmo autor, trata-se de sistemas complexos, que dependem da interação de processos físicos, químicos e biológicos em diferentes escalas temporais e espaciais, podendo ser influenciados pelo tipo de construção, pelas funções de forças externas e também, por peculiaridades de cada sistema.

A construção de reservatórios para atender a demanda de usinas hidrelétricas teve grande desenvolvimento no século XX, sendo que na segunda metade deste século, o volume das águas represadas para este fim aumentou consideravelmente. No Brasil, cerca de 85% da energia elétrica é gerada através da operação de reservatórios (Tundisi, 2003).

Reservatórios construídos pela barragem de rios, especialmente aqueles de grande porte, apresentam grande heterogeneidade espacial e temporal, sendo os processos ecológicos muito influenciados pela morfometria do sistema (Tundisi *et al.*, 1993). Estes autores também salientam que a presença de grandes corpos d'água artificiais não só altera radicalmente a ecologia e limnologia das bacias hidrográficas como também resulta em mudanças econômicas e sociais.

Na América do Sul, praticamente todas as principais bacias hidrográficas já foram reguladas pela construção de represas, produzindo inúmeros efeitos nos sistemas aquáticos, terrestres e atmosféricos com os quais interagem (Straškraba *et al.*, 1993; Tundisi, 1994; Valencio *et al.*, 1999).

No Brasil vários rios apresentam reservatórios em cascata ao longo de seu curso, e em especial os grandes rios do estado de São Paulo, rios Tietê, Paranapanema e Grande. Estes sistemas causam impactos cumulativos, transformando completamente as condições biogeofísicas, econômicas e sociais na bacia de drenagem (Tundisi *et al.*, 1988). Há vários anos, tem sido apontada a necessidade de se ampliar os estudos limnológicos sobre estes sistemas para que sejam compreendidos os seus mecanismos de funcionamento e se

4

estabeleçam os fundamentos de utilização da água de uma forma racional (Marouelli *et al.*, 1988).

Sendo considerados como fragmentos de rios de origem antrópica (Espíndola *et al.*, 2003), os reservatórios exercem um importante impacto nos ecossistemas por afetarem as condições limnológicas físicas e químicas, bem como a estrutura e funcionamento das comunidades bióticas (Tundisi *et al.*, 1999). Por modificar o fluxo natural de matéria e energia ao longo dos rios, os represamentos produzem mudanças no ciclo de nutrientes, especialmente do nitrogênio e fósforo, e no aporte de substratos orgânicos, afetando direta ou indiretamente as comunidades bióticas, entre elas a bentônica, objeto de estudo do presente trabalho.

Grande parte da variabilidade dos reservatórios ocorre no eixo longitudinal sendo determinada por gradientes de velocidade de fluxo, profundidade, largura, sedimentação de partículas, transparência e penetração de luz, estratificação térmica, entre outros (Henry & Maricatto, 1996; Nogueira *et al.*, 1999; Pagioro & Thomaz, 2002). Tais mudanças físicas nas massas d'água refletem-se na organização das comunidades bióticas. Em reservatórios do rio Paranapanema, por exemplo, tem sido verificada uma maior riqueza de espécies nas zonas de montante quando comparada com a zona de barragem, tanto para o zooplâncton (Nogueira, 2001; Panarelli *et al.*, 2003) como para peixes (Carvalho & Silva, 1999) em Jurumirim; e peixes em Taquaruçu (Britto, 2003).

A idade, morfometria, tempo de residência e altura da saída da água também são fatores que contribuem para a complexidade espacial do sistema (Tundisi, 2006). Em reservatórios em série, pode ocorrer uma melhoria progressiva da qualidade da água, como no caso do rio Tietê (SP) (Barbosa *et al.*, 1999). Porém, segundo Straškraba & Tundisi (2000), esta melhora só irá ocorrer se não existirem

novos focos de poluição ao longo do curso do rio. Assim, a entrada de tributários pode ter grande influência sobre a qualidade da água do reservatório (e.g. reservatório de Barra Bonita – rio Tietê, SP) (Moretto & Nogueira, 2003) e no transporte de nutrientes e de sedimentos em suspensão (e.g. rio Paranapanema, SP/PR) (Feitosa *et al.*, 2006). Além da entrada de tributários, a presença de lagoas marginais é um fator importante na determinação da heterogeneidade espacial lateral. Estas podem estar

5

permanente ou temporariamente conectadas ao corpo d'água principal (Henry, 2003) e são de grande importância para os ciclos biogeoquímicos, retenção de sedimentos, manutenção dos recursos tróficos e da biodiversidade do sistema como um todo. Nestas áreas, geralmente zonas de remanso, é comum observar-se o desenvolvimento de macrófitas aquáticas. Estas fornecem microhabitats com maior estabilidade e heterogeneidade espacial, promovendo a sobrevivência, recuperação e persistência das comunidades (Rice *et al.*, 2001).

A presença de vegetação com espécies nativas tem vários aspectos positivos, tanto em termos de quantidade como de qualidade de água (Straškraba & Tundisi, 2000). No caso específico do reservatório de Rosana, a interação com a vegetação terrestre tem grande importância devido à presença de extensa área de floresta nativa (c.a. de 40 Km de margem) pertencente ao Parque Estadual do Morro do Diabo, que compreende a maior área de floresta nativa contínua do interior de São Paulo.

A distribuição da comunidade bentônica nos diferentes meios é controlada por vários fatores, entre eles a disponibilidade e qualidade do alimento, o tipo de sedimento, a temperatura e as concentrações de oxigênio e de ácido sulfídrico (Esteves, 1988).

As barragens dos cursos d'água construídos para a formação dos reservatórios transformam sistemas hídricos lóticos em lênticos ou semi-lênticos, por promoverem atenuações significativas nas velocidades de corrente. Isto pode alterar o tipo de substrato e, conseqüentemente, modificar a composição e estrutura da fauna bentônica do local (Gumiero & Salmoiraghi, 1998). Estes autores observaram uma redução nos valores de abundância e biomassa do zoobentos em um ambiente regulado, concluindo que a construção de barragens acarreta em uma descontinuidade e mudança considerável ao longo de um gradiente longitudinal.

A fauna bentônica tem grande importância no fluxo de energia e também na ciclagem de nutrientes, por ter um papel relevante na decomposição da matéria orgânica e na liberação de compostos do sedimento para a coluna d'água através de suas atividades metabólicas e mecânicas (Margalef, 1983; Esteves, 1988; Clavero *et al.*, 1992).

6

Os macroinvertebrados bentônicos também exibem algumas características que os tornam úteis em programas de biomonitoramento: são organismos que

possuem pouca mobilidade e, portanto, sua presença ou ausência no ambiente pode estar intimamente relacionada às condições locais; algumas espécies apresentam ciclo de vida relativamente longo (e.g. em relação ao plâncton), podendo indicar efeitos cumulativos no ecossistema; a maioria das espécies reside na interface água-sedimento, local de concentração de muitos poluentes; as espécies podem ser classificadas em diferentes grupos funcionais por apresentarem diferentes graus de tolerância às variáveis ambientais (Rosenberg & Resh, 1993).

De um modo geral, estudando ambientes livres de influência antrópica, encontra-se alta diversidade de organismos bentônicos, em contraste à reduzida riqueza taxonômica observada em ecossistemas aquáticos impactados (Callisto & Gonçalves, 2005; Fusari & Fonseca-Gessner, 2006). Nos estudos da comunidade zoobentônica, dois parâmetros usualmente analisados, a riqueza taxonômica e a abundância numérica, representam ferramentas imprescindíveis para uma rápida e precisa detecção das alterações nos ecossistemas, devido ao grau de sensibilidade dos organismos aos diferentes agentes poluentes e contaminantes (Wright *et al.*, 1994). Contudo, a maioria dos parâmetros que ainda se utiliza para a avaliação da qualidade de água é de caráter físico-químico (Alba-Tecedor, 1996).

Em reservatórios, alguns estudos têm sido realizados utilizando-se macroinvertebrados bentônicos como indicadores ambientais. Ogbeibu & Oribhabor (2002) verificaram que a construção de uma barragem causa alterações na estrutura da comunidade zoobentônica, com uma redução na riqueza, na abundância e na diversidade na região da barragem e à jusante dela, em comparação com a região da montante de um reservatório na Nigéria.

Porém, de acordo com Moulton (1998) este tipo de estudo ainda é recente no Brasil, mas alguns trabalhos têm sido feitos, como nos reservatórios do rio Tietê (Kuhlmann & Watanabe, 2001), na represa Billings em São Paulo (Kuhlmann *et al.*, 1998), em Itaipu no rio Paraná (Loyola & Treuersch, 1998), no reservatório de Mogi-Guaçu (Brandimarte *et al.*, 1999; Brandimarte *et al.*, 2005) e

no reservatório de Americana no rio Atibaia (Dornfeld *et al.*, 2006; Pamplin *et al.*, 2006).

Desta forma, este estudo pretende contribuir para a caracterização da estrutura espacial do reservatório de Rosana, particularmente no que se refere à distribuição espaço-temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e sua relação com as diferentes características do meio.

8 2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo pretende contribuir para o conhecimento da estrutura espacial do reservatório de Rosana, através da análise da distribuição espacial longitudinal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, desde a montante até a barragem, bem como nas lagoas marginais associadas, em dois períodos do ano – estações chuvosa (janeiro/2005) e seca (julho/2005).

2.2 Objetivos específicos

- ⌚ Analisar as variáveis físicas e químicas da água: transparência, temperatura, pH, condutividade elétrica e concentração de oxigênio dissolvido.
- ⌚ Analisar as variáveis físicas e químicas do sedimento (textura do sedimento, porcentagem de água e concentração de nutrientes – nitrogênio total e fósforo total) e porcentagem de matéria orgânica.
- ⌚ Realizar uma análise comparativa, espacial e temporalmente, da riqueza, abundância e diversidade dos macroinvertebrados bentônicos do reservatório e das lagoas marginais associadas.
- ⌚ Estabelecer uma correlação entre a composição e abundância dos macroinvertebrados bentônicos e os fatores ambientais analisados.

9 3. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Paranapanema localiza-se entre as coordenadas 22° - 26°S e 47° - 54°W, estendendo-se pelo sudoeste do estado de São Paulo e norte do estado do Paraná. A área drenada é de 100.800 km², sendo 47% no território paulista e 53% no Paraná (Figura 1).

O curso principal do rio, em direção Leste-Oeste, tem uma extensão de 929 km, com 570 m de desnível, desenvolvendo-se entre as altitudes de 809 e 239 m.

A declividade relativamente elevada ($0,6 \text{ m.Km}^{-1}$), com restritas planícies de inundação, é uma característica importante do rio Paranapanema (Agostinho *et al.*, 1995).

Nas últimas quatro décadas, onze usinas hidrelétricas foram construídas pela CESP (Companhia Energética de São Paulo), no curso principal do rio Paranapanema. No final da década de 1990 houve a privatização da concessão de exploração das usinas hidrelétricas do Rio Paranapanema, a qual foi adquirida pela empresa norte-americana Duke Energy International.

O reservatório de Rosana, objeto deste estudo, é o último da série de represas construídas no Rio Paranapanema (Figura 2), estando sua barragem localizada a $22^{\circ}36'S$ e $52^{\circ}52'W$. Sua área de drenagem é de 11.000 km^2 , com superfície do espelho d'água de $276,14 \text{ km}^2$ (CESP, 1987).

Trata-se de um reservatório do tipo “fio d'água” com tempo de residência médio da água calculado em 18,5 dias (CESP - USP, 1994). Recentemente o tempo de residência teórico foi calculado em 21,3 dias, média para 2000, e 18 dias, média para 2001 (Nogueira *et al.*, 2002a). Em base a dados de Nogueira *et al.* (2002b), no reservatório de Rosana não ocorre estratificação térmica, sendo que a temperatura da superfície da água pode atingir valores bastante elevados, de até 32°C . A vazão média defluente freqüentemente ultrapassa $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, sendo a média para 2000 e 2001 de $1054,8$ e $1255,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente (Nogueira *et al.*, 2002a).

Utilizando dados de transparência da água, concentração de clorofila *a* e de fósforo, o Reservatório de Rosana pode ser classificado como oligotrófico na zona

10

da barragem e por vezes mesotrófico na sua zona de montante (Nogueira *et al.*, 2002a).

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Paranapanema.

Figura 2: Distância entre reservatórios do rio Paranapanema a partir do rio Paraná e cotas altimétricas em relação ao nível do mar (Fonte: Duke Energy International – Geração Paranapanema).

Na Figura 3 é apresentada a imagem de satélite do reservatório em questão.

Devido à grande extensão da bacia do Paranapanema, diversos ecossistemas podem ser observados na área. No estado de São Paulo e em torno às nascentes do Paranapanema, observa-se uma área de transição de

biomas, com floresta atlântica e campos cerrados. A ação antrópica tem erradicado a vegetação nativa, originalmente composta por florestas semidecíduas na maior parte da bacia. Na região centro-sul destacam-se as plantações de pinheirais, principalmente no estado do Paraná, e pinheiros e *Eucalyptus*, no estado de São Paulo. Também nesta região, a expansão agrícola extensiva e a atividade garimpeira (estado do Paraná) têm comprometido a qualidade do solo e da água da bacia. Finalmente, no último trecho da bacia, além de se observar uma área de transição ecológica com pinheirais no Sul e cerrado no Norte, tem se observado a intensificação de processos erosivos em ambos os estados (MMA, 1996).

Em termos climatológicos, trata-se de uma região de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e climas mesotérmicos do tipo temperado de latitudes médias. Considerando-se o regime de temperatura, a bacia se encontra na área de maior diversidade climática do país. A região proposta para o estudo possui duas estações diferenciadas pelo regime pluviométrico: estação chuvosa e seca. A pluviosidade média anual para a área da bacia é de 1250 mm, com valores máximos registrados entre dezembro e janeiro (40%). A temperatura média anual é de 20°C, com máximas absolutas de 38 – 40°C e médias mínimas de 8°C (Nimer, 1979).

Figura 3: Imagem TM/LandSat do reservatório de Rosana e foz do Rio Paranapanema (Julho/1998).

12 4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Periodicidade de amostragem e localização dos pontos de amostragem

Neste estudo procurou-se caracterizar o ambiente em dois períodos climáticos distintos: verão (período chuvoso) e inverno (período seco). Para tanto, as campanhas de amostragens ocorreram em janeiro e em julho de 2005.

Ao longo dos 90 Km do canal principal do reservatório foram estabelecidos seis pontos de amostragem que foram denominados P1, P2, P3, P4, P5 e P6, da montante à barragem, distribuídos aproximadamente a cada 15 Km (Figura 4). As coordenadas geográficas dos pontos de coleta encontram-se na Tabela I. Não foi possível realizar amostragens no trecho inicial do reservatório (primeiros 15 Km) devido ao fundo ser predominantemente rochoso. Também foram selecionados pontos de coleta em quatro lagoas marginais ao reservatório, três localizadas na margem direita, estado de São Paulo (Lagoas A, B e D), e uma na margem esquerda, estado do Paraná (Lagoa C). Duas lagoas são provenientes de cavas de mineração inundadas com a construção da represa (próximo à zona urbana do Município de Teodoro Sampaio – Lagoas A e B) e as outras duas são naturais (Lagoas C e D).

Tabela I: Coordenadas geográficas dos pontos amostrados no reservatório e nas lagoas marginais.

Ponto	Latitude	Longitude
P1	22°38'04"S	52°09'19"W
P2	22°37'32"S	52°17'24"W
P3	22°36'34"S	52°26'04"W
P4	22°34'49"S	52°34'28"W
P5	22°37'01"S	52°42'47"W
P6	22°35'36"S	52°51'43"W
Lagoa A	22°34'03"S	52°09'11"W
Lagoa B	*	*

Lagoa C 22°37'29"S 52°09'21"W

Lagoa D 22°38'22"S 52°09'29"W

* dados não obtidos

13

Figura 4: Localização dos pontos de coleta (LA: Lagoa A; LB: Lagoa B; LC: Lagoa C; LD: Lagoa D).

4.2 Variáveis físicas e químicas da água

4.2.1 Transparência da água

A transparência da água foi determinada através do desaparecimento visual do disco de Secchi.

4.2.2 Temperatura, pH, condutividade elétrica e concentração de oxigênio dissolvido

Estas variáveis foram medidas na superfície da água e próximo ao fundo, através de um aparelho multisensor da marca Horiba modelo U-10. No período seco não foi possível tomar a medida de condutividade elétrica devido a problemas no sensor.

4.3 Variáveis físicas, químicas e porcentagem de matéria orgânica do sedimento

Para a análise destes parâmetros foi coletada uma amostra de sedimento com draga Van Veen (324cm² de área) em cada ponto de amostragem. O material obtido foi armazenado em frasco plástico e mantido sob congelamento até o momento da análise.

N
14

4.3.1 Textura granulométrica

A textura granulométrica foi determinada pelo peneiramento úmido do sedimento. O sedimento seco foi pesado e lavado em peneiras com diferentes aberturas de malha: 2,0 mm, 1,0 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm e 0,063 mm. O material retido em cada peneira foi colocado em um béquer individual, e levado à estufa a 65°C para, após a secagem completa, ser novamente pesado. As porcentagens das diferentes frações de areia e da fração silte + argila foram determinadas seguindo os métodos descritos em Håkanson & Jansson (1983) e os valores expressos em escala phi. Para as pesagens utilizou-se balança Metler Toledo modelo PB 3002 (0,01 g de precisão).

4.3.2 Porcentagem de matéria orgânica

Esta análise foi efetuada seguindo a metodologia descrita por Håkanson & Jansson (1983), através da perda de peso por ignição do sedimento. O sedimento seco foi pesado em balança analítica da marca Metler modelo H20T (0,00001 g de precisão) e levado ao forno Mufla (Fanem, modelo 413) a 550°C, durante uma hora. Após resfriamento em dessecador, o sedimento foi pesado novamente. O cálculo para a determinação da matéria orgânica segue abaixo:

$$\text{Porcentagem de matéria orgânica} = \left(\frac{P_s - P_i}{P_s} \right) \times 100$$

Onde: Ps = Peso do sedimento seco

Pi = Peso do sedimento incinerado

4.3.3 Porcentagem de água

Este parâmetro foi determinado através da diferença de peso entre o sedimento úmido e o sedimento seco (Håkanson & Jansson, 1983). O sedimento úmido foi pesado com o auxílio de uma balança da marca Metler Toledo modelo PB 3002 (0,01 g de precisão), levado à estufa a 65°C por 24 horas e então, pesado novamente. A porcentagem de água foi determinada através da seguinte fórmula:

$$\text{Porcentagem de água} = \left(\frac{P_u - P_s}{P_u} \right) \times 100$$

15

Onde: Pu = Peso do sedimento úmido

Ps = Peso do sedimento seco

4.3.4 Concentração de nitrogênio total

A concentração de nitrogênio total (NT) foi determinada pelo método Kjeldhal. Para o período chuvoso utilizou-se o analisador de nitrogênio da marca Buchi modelo B343 e para o período seco, o destilador de nitrogênio da marca TECNAL.

4.3.5 Concentração de fósforo total

A concentração de fósforo total foi determinada pelo método descrito por Andersen (1976), de extração por ebulição com HCl 1N e análise espectrofotométrica pelo método de azul de molibdênio.

4.4 Macroinvertebrados bentônicos

As amostras para a análise dos macroinvertebrados bentônicos foram coletadas em trélicas, para cada ponto, utilizando-se uma draga do tipo Van Veen com área de 324 cm². O material coletado foi lavado no local com rede de 250 µm de abertura de malha e fixado com álcool 70%. Em laboratório, o material foi novamente lavado em peneira de 250 µm de abertura e corado com rosa de bengala. A triagem foi realizada sob estereomicroscópio (Zeiss modelo Stemi SV 6) e a identificação, sob estereomicroscópio e microscópio óptico (Zeiss modelo Axiostar). Os indivíduos encontrados foram conservados em álcool 70%.

Para identificar os indivíduos encontrados foram utilizadas como principais referências os trabalhos de Würdig & Pinto (1999) e de Horne *et al.* (2002) e as seguintes chaves de identificação: Wiederholm (1983), Brinkhurst & Marchese, (1989); Pennak (1989); Lopretto & Tell (1995); Trivinho-Strixino & Strixino (1995); Merritt & Cummins (1996) e o sistema de classificação zoológica (grandes grupos) de Brusca & Brusca (2002).

A abundância (indivíduos.m⁻²) foi calculada utilizando-se a somatória das três réplicas, através da fórmula:

$$\text{Abundância} = \frac{16}{N} \cdot A$$

Onde: N: somatória do número total de indivíduos das três réplicas

A: área da draga (m²) multiplicado por 3

A riqueza de cada ponto de amostragem foi estimada pela contagem do número de taxa presentes, considerando-se as três réplicas.

A diversidade dos pontos amostrados foi calculada utilizando o Índice de Shannon-Wiener, através do programa Krebs/Win versão 0.9 (1997), considerando-se os valores totais correspondentes às três réplicas obtidas em cada ponto.

4.5 Análise dos dados

Para tentar verificar se existem compartimentos distintos no reservatório e descrever a associação entre as estações de amostragem, através dos dados obtidos e dos fatores responsáveis pela variabilidade dos mesmos, foi realizada uma análise de componentes principais (ACP). Para executar a análise utilizou-se o conjunto de variáveis físicas e químicas da água e do sedimento e porcentagem de matéria orgânica e o programa PC-Ord para ambiente Windows, versão 3.11 (1997).

Uma análise de variância (ANOVA – dois fatores) também foi realizada a fim de verificar quais fatores estudados indicariam melhor a variabilidade espacial do reservatório. Para atender a condição desta análise (necessidade de réplicas), optou-se por agrupar, para cada período, os pontos em três grupos: zona lótica (pontos P1 e P2), zona de transição (pontos P3 e P4) e zona lântica (pontos P5 e P6). Esta análise foi executada através do programa R 2.3.1 (2006).

Para verificar as possíveis relações entre riqueza, abundância total e diversidade dos macroinvertebrados bentônicos com os parâmetros ambientais analisados, foi feita uma matriz de correlação simples/coeficiente de correlação de r de Pearson, através do programa Statistica para Windows versão 5.1 (1996).

Finalmente, foi realizada uma Análise de Correspondência para verificar a ordenação dos pontos, nos dois períodos de estudo, em relação aos diferentes

17

taxa da fauna de macroinvertebrados bentônicos. Esta análise também foi feita através do programa R 2.3.1.

○ ○ ○

]

μ

μ

μ

μ

μ

μ

]

ϕ

—

—

ϕ

—

—

—

02461111802468 %

Pontos de coletP1 P2 P3 P4a P5 P6

5.4 Análise dos dados

A análise de componentes principais efetuada com base nas variáveis físicas e químicas dos ambientes estudados, permitiu explicar 83,79% dos dados, considerando-se o primeiro (eixo 1) (48,22%) e o segundo componente (eixo 2) (35,57%).

A Tabela VII apresenta os escores das variáveis ambientais estudadas nos dois primeiros componentes. A percentagem de areia apresentou o maior escore positivo para o primeiro componente (CP 1), enquanto que os menores escores para o mesmo componente foram atribuídos para as percentagens de água (-0,701) e de matéria orgânica (-0,387). Desta forma, estas variáveis são as que exercem maior influência sobre a disposição dos pontos em função do eixo 1. Para o segundo componente (CP 2), a concentração de nitrogênio total e a percentagem de matéria orgânica receberam os maiores escores (0,753 e 0,327, respectivamente). Em contrapartida, às percentagens de areia e de água foram conferidos os menores escores (-0,397 e -0,276, respectivamente).

Através da distribuição dos pontos em função das variáveis ambientais, verifica-se a formação de dois grupos distintos, separando os dois períodos de estudo (Figura 35). A concentração de nitrogênio total no sedimento e a temperatura da água parecem influenciar a distribuição dos pontos do período chuvoso no lado positivo do eixo 1, uma vez que neste período foram encontrados os maiores valores para estas variáveis. Em contrapartida, a maioria dos pontos do período seco, distribuiu-se no lado negativo do mesmo eixo, dados os seus menores valores para as mesmas variáveis. A distribuição dos pontos referentes ao período seco no quadrante negativo para os dois eixos, deve-se à maior percentagem de areia e menores percentagens de matéria orgânica, principalmente. Além disso, nestes pontos também foram constatadas as maiores transparências.

Para o período chuvoso a análise de componentes principais também demonstrou que os pontos com características mais contrastantes entre si foram, de um lado a Lagoa C e do outro as estações P6 e P1. Isto ocorreu em virtude da diferença na concentração de nitrogênio total nos sedimentos destes pontos, uma vez que nesta lagoa foi observada uma das maiores concentrações deste

nutriente enquanto que nestes pontos foram observados os menores valores. Também, na Lagoa C foi verificada a maior percentagem de sedimentos finos

para o período, e em contrapartida, nestes pontos do reservatório, observou-se as maiores porcentagens de areia. Contudo, verificou-se, de um modo geral, uma tendência de aumento no conteúdo arenoso da montante à barragem.

No período seco, a tendência observada na distribuição dos pontos foi a oposta. Ao longo do eixo longitudinal do reservatório, verificou-se uma tendência do conteúdo arenoso diminuir em direção à barragem. Também foi possível observar que as lagoas, por apresentarem maior porcentagem de sedimentos finos, maior porcentagem de matéria orgânica e conseqüentemente de nutrientes, ficaram distanciadas dos pontos do reservatório, com exceção dos pontos P2 e P6 que apresentaram altas porcentagens de sedimentos finos.

Tabela VII: Escores das variáveis físicas e químicas para o primeiro e segundo componentes da Análise de Componentes Principais para os dois períodos de estudo.

Variável CP 1

(Eixo 1)

CP 2

(Eixo 2)

Profundidade (Z) 0,168 -0,217

Transparência (Secchi) -0,089 -0,153

Temperatura (Temp) 0,052 0,050

pH 0,031 -0,001

Oxigênio dissolvido (OD) -0,025 -0,088

Tamanho médio de grão (phi) -0,077 0,081

Porcentagem de areia (areia) 0,495 -0,397

Porcentagem de matéria orgânica (matorg) -0,387 0,327

Porcentagem de água (água) -0,701 -0,276

Concentração de nitrogênio total (NT) 0,218 0,753

Concentração de fósforo total (PT) -0,139 0,071

59

P1c

P2c

P3c

P4c

P5c

P6c

LagoaAc

LagoaBc

LagoaCc

LagoaDc

P1s

P2s

P3s

P4s

P5s

P6s

LagoaAs

LagoaCs LagoaBs

LagoaDs

Z

Secchi

Temp

pH

OD

phi

areia

matorg

água

NT

PT

Eixo 1

Eixo 2

Período chuvoso

Período seco

Figura 35: Ordenação dos pontos amostrados pelos Componentes Principais 1 e 2, da Análise de Componentes Principais com base nas variáveis físicas e químicas da água e do sedimento.

As variáveis que melhor indicaram a compartimentalização espacial do reservatório de Rosana, a partir da análise de variância realizada para as variáveis ambientais (água e sedimento), foram a transparência e a temperatura da água.

No caso da transparência da água, a média para os pontos da zona lótica (P1 e P2) foi 1,18 m, da zona de transição (P3 e P4) foi 1,65 m e da zona lântica (P5 e P6) foi 2,61 m (Tabela VIII). O erro padrão calculado a partir do Quadrado Médio dos resíduos foi 0,177 (n=4). Entre os períodos, a média para o chuvoso foi 1,33 m e para o seco, 2,30 m. O erro padrão calculado foi de 0,144 (n=6).

Através da Tabela IX, verifica-se que houve diferença significativa na transparência da água entre as três zonas do reservatório ($p=0,001$), assim como entre os períodos de estudo (0,002). Contudo, não foi verificada interação entre os dois fatores. De um modo geral, foram verificados menores valores de transparência na zona lótica do reservatório e maiores valores na zona lântica do

reservatório. O teste de Tukey (Tabela X) revelou evidência muito forte de diferença entre os pontos das zonas lótica e lântica ($p<0,01$), e forte evidência entre os pontos das zonas de transição e lântica ($p=0,01$).

Tabela VIII: Média dos valores de transparência da água para os fatores analisados pela ANOVA – dois fatores (zonação longitudinal e período do ano). (EP: erro padrão)

Zona

Lótica Transição Lântica EP

1,18 1,65 2,61 0,177

Período

chuvoso seco EP

1,33 2,30 0,144

Tabela IX: Resultado da análise de variância para a transparência da água (m), no nível de 5% de significância. (gl: graus de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio).

Tabela de Análise de Variância

gl SQ QM valor F p

Zona 2 4,22 2,11 16,826 0,001

Período 1 2,8 2,8 22,365 0,002

Resíduos 8 1 0,125

Tabela X: Resultado do teste de Tukey para a transparência da água (m), comparando-se as zonas do reservatório, no nível de significância de 5%.

Zona p

Lótica-Lântica 0,001**

Transição-Lântica 0,013*

Transição-Lótica 0,207_{ns}

ns: não significativo

* alguma evidência de diferença

** forte evidência de diferença

Os valores médios das temperaturas entre as zonas analisadas pela Anova estão apresentados na Tabela XI. A temperatura média da zona lótica foi 24,53°C, da zona de transição 25,13°C e por último, da zona lântica, 25,18°C. O erro padrão foi calculado em 0,12 (n=4). O valor médio para o período chuvoso foi 27,75°C e para o período seco foi 22,13°C, sendo o erro padrão 0,1 (n=6).

61

Para a temperatura da água, também foi possível verificar uma certa compartimentalização do reservatório quanto às três zonas consideradas (Tabela XII). Para esta variável foi verificada interação entre a zona do reservatório e o período de estudo (p=0,03).

A Tabela XIII apresenta os resultados do teste de Tukey efetuado para se tentar verificar as interações entre as zonas do reservatório e os períodos de estudo. Assim, para o período chuvoso, o teste de Tukey denotou forte evidência de diferença entre as zonas lótica e lântica (p=0,01), pouca evidência de diferença entre as zonas lótica e de transição (p=0,05) e sem diferença significativa entre as zonas de transição e lântica do reservatório (p=0,71). Para o período seco, não houve diferença significativa entre as diferentes zonas do reservatório.

Comparando-se as diferentes zonas do reservatório entre os dois períodos de estudo, verificou-se uma evidência muito forte de diferença (p<0,01).

Tabela XI: Valores médios da temperatura da água para os fatores analisados pela ANOVA – dois fatores (zonação longitudinal e período do ano).

Zona

Lótica Transição Lântica EP

24,53 25,13 25,18 0,12

Período

chuvoso seco EP

27,75 22,13 0,099

Zona*Período

Período

Zona chuvoso seco EP

Lótica 27 22,05

Transição 27,95 22,3

Lântica 28,3 22,05

0,172

Tabela XII: Resultado da análise de variância para a temperatura da água.

Tabela de Análise de Variância

gl SQ QM valor F p

Zona 2 1,047 0,523 8,8451 0,02

Estação 1 94,641 96,461 1599,563 1,633E-08

Zona:Estação 2 0,847 0,423 7,1549 0,03

Resíduos 6 0,355 0,059

62

Tabela XIII: Resultado do teste de Tukey para a temperatura da água (°C), comparando-se as zonas do reservatório, no nível de significância de 5%.

Zona-período p

Lótica chuvoso – Lântica chuvoso 0,013**

Lótica chuvoso- Transição chuvoso 0,054*
 Transição chuvoso- Lântica chuvoso 0,708_{ns}
 Lótica seco – Lântica seco 1,00_{ns}
 Lótica seco – Transição seco 0,893_{ns}
 Transição seco – Lântica seco 0,893_{ns}
 Lótica chuvoso – Lótica seco < 0,00001***
 Transição chuvoso – Transição seco < 0,00001***
 Lântica chuvoso – Lântica seco < 0,00001***

ns: não significativo

* alguma evidência de diferença

** forte evidência de diferença

*** evidência muito forte de diferença

Na Tabela XIV são apresentados os resultados significativos ($p < 0,05$) da correlação efetuada entre as variáveis analisadas (água, sedimento e macroinvertebrados bentônicos). Os resultados obtidos permitiram verificar a existência de correlação significativa entre algumas variáveis medidas.

Por exemplo, a profundidade (Z) apresentou-se positivamente correlacionada com a abundância total (Abund. total), assim como com a transparência do disco de Secchi. A concentração de oxigênio dissolvido

mostrouse positivamente correlacionada com a transparência e a temperatura também apresentou correlação significativa com a concentração de oxigênio dissolvido, porém de forma negativa. O tamanho médio de grão (Md) apresentou correlação negativa com a porcentagem de areia (% areia), uma vez que quanto menor o valor de phi, maior o tamanho do grão, de forma que sedimentos com menores tamanhos médios de grão apresentam, geralmente, maiores porcentagens de areia. O tamanho médio de grão apresentou correlação significativa positiva com a porcentagem de matéria orgânica (% mat. org.), assim como com a porcentagem de água (% água) e com a concentração de fósforo total no sedimento (PT). Assim, a porcentagem de areia apresentou correlação negativa significativa com as porcentagens de matéria orgânica e de água e com a concentração de fósforo total. A porcentagem de matéria orgânica por sua vez apresentou correlação significativa positiva com a porcentagem de água e com a concentração de fósforo total.

63

Tabela XIV: Matriz de correlação (r – Pearson) entre as variáveis analisadas - água, sedimento e macroinvertebrados bentônicos, para $p < 0,05$ (n=20).

	ABUND	RIQ	DIV	Z	SCH	TEMPSP	TEMPFD	PHSP	PHFD	ODSP	KSPMD	AREIA	MATORG	AGUA	NT	PT
ABUND	1															
RIQ	0,54	1														
DIV			1													
Z				1												
SCH					1											
TEMPSP						1										
TEMPFD							1									
PHSP								1								
PHFD									1							
ODSP										1						

ODFD 0,60 -0,47 -0,46 0,89 1
KSP 0,55 0,50 1
MD 1
AREIA -0,97 1
MATORG 0,80 -0,89 1
AGUA 0,54 -0,75 -0,75 0,51 0,45 -0,52 0,68 1
NT -0,48 0,73 0,74 -0,53 -0,54 1
PT 0,80 -0,86 0,89 0,69 1
64

Na Tabela XV são apresentados os escores dos taxa de macroinvertebrados bentônicos para os componentes da Análise de Correspondência efetuada para o reservatório de Rosana. O autovalor (que representa a correspondência do escore dos taxa com o escore dos pontos amostrados) do componente 1 (CA1) foi 0,53 e do componente 2 (CA2) 0,30.

Na Figura 36 é representado graficamente o resultado da Análise de Correspondência efetuado para os pontos do reservatório de Rosana, nos dois períodos de estudo. Foram realizados alguns agrupamentos de taxa para a melhor visualização gráfica. Os taxa pertencentes ao mesmo agrupamento receberam os mesmos escores na análise de correspondência.

Verifica-se a formação de um agrupamento dos pontos P1 e P2 (períodos chuvoso e seco), P3 (período chuvoso) e P4 (período seco). Este grupo teve forte influência da espécie *Corbicula fluminea* na sua distribuição, uma vez que em todos estes pontos esta foi a espécie mais abundante.

A posição do ponto P5 (período chuvoso) em relação aos componentes está intimamente associada ao fato deste local ter sido o único durante o período chuvoso onde se observou a presença de Nematoda.

Um outro grupo que pôde ser observado foi aquele formado pelos pontos P3 (período seco), P4 (período chuvoso) e P5 (período seco), cuja influência foi exercida pelo grupo GD, composto por Cyprididae, *Djalmabatista pulcher* e *Coelotanypus*. Verificou-se uma elevada abundância destes taxa nestes pontos. É importante ressaltar que no ponto P3 (período seco), a maior abundância foi detectada para o *Genero B*, sendo que este exerceu forte influência na posição deste ponto, em relação aos demais do mesmo agrupamento.

A posição do ponto P6 (período chuvoso) foi fortemente influenciada pelo grupo GA, uma vez que os taxa constituintes deste grupo foram encontrados apenas neste ponto para o referido período.

Por último, a disposição do ponto P6 (período seco) parece ter sido influenciada pelo gênero *Helobdella*.

65

Tabela XV: Escores dos taxa para o primeiro e segundo componentes da análise de correspondência dos pontos localizados no reservatório de Rosana.

Táxon CA1 CA2

GA (*Nais*, *Pristinella*, *Darwinula stevensoni*, Hydracarina, *Tanytarsus*, *Djalmabatista sp2*, *Neureclipsis* e Thiaridae) -1,623 -0,612
GB (Ceratopogonidae, *Polypedilum (Polypedilum) sp2*, *Ablabesmyia grupo annulata*, *A. (Karelia)*, *Labrundinia*, *Heleobia*, *H. piscium*) 0,70 1,88
GC (*Genero A sp4*, *Harnischia sp2*) 1,71 -3,70
GD (Cyprididae, *Djalmabatista pulcher*, *Coelotanypus*) 1,682 -1,787

GE (*Pseudochironomus*, Planorbidae) 1,12 0,44
Nematoda (Nem) 1,336 -0,334
Helobdella (Helob) 2,054 -3,234
Darwinula (Darw) 1,18 0,06
D. serricaudata espinosa (Dsesp) -1,50 -0,46
Genero B (GenB) 0,32 -2,65
P. (Tripodura) (Ptrip) -0,64 -0,19
Tribelos sp2 (Tribsp2) 1,10 2,02
Chironomini ni (Chirni) 0,70 -0,21
Tanypodinae ni (Tanyjni) 1,99 -3,14
Pupa de Diptera (Pup Dip) 0,06 0,20
Gastropoda ni (Gastrni) 0,03 1,17
Corbicula fluminea (Cflum) 0,30 0,69

Nota: Na representação gráfica foram utilizadas as abreviações indicadas

66

Figura 36: Resultado gráfico da Análise de Correspondência dos pontos do reservatório de Rosana nos dois períodos de estudo, em relação aos taxa de macroinvertebrados bentônicos (Período chuvoso em azul e período seco em vermelho; para abreviações, ver Tabela XV).

Os escores dos taxa para os componentes da Análise de Correspondência efetuada para as lagoas marginais encontram-se na Tabela XVI. O autovalor do componente 1 foi 0,65 e do componente 2, 0,62. A representação gráfica desta análise encontra-se na Figura 37.

Os resultados obtidos através desta análise indicaram o agrupamento da Lagoa C nos dois períodos de estudo, bem como da Lagoa D, também em ambos os períodos. Isso denota a correspondência das abundâncias das principais espécies encontradas em cada lagoa nos diferentes períodos.

De fato, ao se analisar os dados de abundância da Lagoa C, verifica-se que a espécie *Darwinula stevensoni* foi a mais abundante neste ambiente, independente do período de estudo, apesar de terem ocorrido algumas

67

modificações quanto aos demais taxa em cada período. Para a Lagoa D nos dois períodos estudados, Nematoda foi o táxon mais abundante.

Entretanto, ao se verificar a distribuição das Lagoas A e B, verifica-se que a composição dos principais grupos taxonômicos nestes ambientes variou amplamente entre um período e outro. Na Lagoa A durante o período chuvoso, os taxa que compõem o grupo GE (*Coelotanytus* e *Corbicula fluminea*) apresentaram elevada abundância de indivíduos. Por outro lado, no período seco, o táxon *Genero A* sp4 predominou em abundância na lagoa e por isso, teve maior influência na distribuição deste local ao longo dos componentes da análise. Além disso, os taxa formadores do grupo GD foram encontrados somente nesta lagoa e apenas durante o período seco, exercendo assim, influência sobre a disposição desta lagoa ao longo dos eixos do gráfico.

Da mesma forma, a composição taxonômica da Lagoa B variou amplamente entre um período e outro. No período chuvoso, os taxa *Darwinula* sp, Hydracarina e o grupo GE influenciaram na localização deste ponto entre os eixos. Por outro lado, no período seco, a elevada abundância de *Neureclipsis* bem como de

Ancylidae e de *Dicrotendipes* sp3, exerceram forte influência sobre a posição do ponto LBs entre os eixos.

68

Tabela XVI: Escores dos taxa para o primeiro e segundo componentes da análise de correspondência das lagoas marginais nos dois períodos de estudo.

Grupo/Taxa CA1 CA2

GA (*Dero*, *Aulodrilus*, *Polypedilum* (*Polypedilum*)
sp2, Chironomini ni, *Ablabesmyia* grupo *annulata*,
Tanytus stellatus, Pupa de Diptera,
Ephemeroptera ni, Gastropoda ni, Planorbidae)
-2,39 0,72

GB (*Homochaeta*, Cyprididae) 0,77 0,38

GC (*Nais*, *Genero B*, *Polypedilum* (*Asheum*),
Paralauterboniella, *Larsia*, *Tricorythodes*)
0,81 0,92

GD (*Cladopelma*, *Harnischia* (?) sp2, *Oxyethira*) -2,24 -0,61

GE (*Coelotanytus*, *Corbicula fluminea*) 0,47 0,11

GF (Nematoda, *Darwinula serricaudata espinosa*,
Ceratopogonidae, *Aylacostoma guaranitica*)
0,18 -2,01

Pristinella (Prist) 0,16 0,55

Stephensoniana (Stephen) -1,03 -1,79

Helobdella (Helob) -0,89 -0,27

Cytheridella ilosvayi (Cilosv) -0,98 -1,36

Darwinula sp (Darw) -0,12 -0,42

D. stevensoni (Darwstev) 0,78 0,72

Hydracarina (Hydrac) -0,13 -0,76

Chironomus grupo *decorus* (Cdecor) -2,31 0,06

Dicrotendipes sp3 (Dicrotsp3) -1,43 0,78

Genero A sp4 (GenAsp4) -1,86 -0,33

Polypedilum (*Tripodura*) (Ptrip) -1,04 0,53

Tanytarsus (Tanyt) 0,18 0,88

Djalmabatista pulcher (Djpulch) 0,62 -0,17

Procladius (Proc) -0,20 -0,33

Ablabesmyia (*Karelia*) (AbKar) -0,79 0,82

Neureclipsis (Neurec) -1,36 0,73

Ancylidae (Ancyl) -2,38 0,58

Heleobia piscium (Hpisc) 0,18 -2,96

Thiaridae (Thiar) 0,50 -1,02

Nota: Na representação gráfica foram utilizadas as abreviações indicadas

69

Figura 37: Resultado gráfico da análise de correspondência das lagoas marginais nos dois períodos de estudo, em relação aos taxa encontrados (Período chuvoso em azul e período seco em vermelho; para abreviações, ver Tabela XVI).

70

6. DISCUSSÃO

O desenvolvimento econômico, aumento populacional e a diversificação da

sociedade levaram aos usos múltiplos dos recursos hídricos, de modo que os impactos sobre os mesmos foram sendo ampliados e diversificados (Tundisi, 2003). Apesar de dependerem da água para a sobrevivência e desenvolvimento, as sociedades humanas utilizam este recurso de forma indiscriminada, seja poluindo ou degradando os ambientes aquáticos.

A construção de reservatórios consiste em um importante impacto sobre os ambientes de água doce, apresentando vários efeitos tanto positivos quanto negativos. De acordo com Tundisi *et al.* (1993), a presença destes corpos d'água nas bacias não só altera radicalmente sua limnologia e ecologia como também resulta em mudanças econômicas e sociais.

Segundo Straškraba *et al.* (1993), os reservatórios em cascata devem ser considerados como sistemas limnologicamente distintos, dado os efeitos que um reservatório tem sobre o seguinte, sendo que todos sofrem modificações em algum grau. Assim, não se pode compreender a limnologia de um reservatório em particular, que pertença a uma série em cascata, sem o conhecimento dos processos que ocorrem em toda a cadeia antes dele. No caso de Rosana, em particular, por tratar-se do último de uma série de 11 reservatórios em cascata, é de se esperar que as modificações ocorram de forma mais intensa, uma vez que ele sofre todas as alterações ocorridas na bacia de drenagem.

Os estudos realizados em reservatórios que envolvem a descrição espacial podem abordar diferentes eixos: vertical, lateral e longitudinal, sendo que este último destaca-se em importância em reservatórios pouco dendríticos, (Pagioro *et al.*, 2003), como no caso do reservatório de Rosana.

Ao longo do eixo longitudinal dos reservatórios, em geral pode-se observar a formação de três zonas distintas diferenciadas pelas propriedades físicas, químicas e biológicas da água: zona fluvial, de transição e lacustre (Thornton, 1990).

71

Contudo, a análise de variância aplicada às variáveis limnológicas medidas nos diferentes pontos do reservatório de Rosana permitiu a distinção da formação destas zonas somente através de algumas variáveis.

Para a transparência da água no período chuvoso, por exemplo, na região superior do reservatório correspondente à zona lótica, verificou-se uma baixa penetração de luz. Porém, na região referente à zona de transição houve um aumento na transparência da água. A tendência de a transparência aumentar ao longo do eixo longitudinal do reservatório pode ser devido à ocorrência de taxas mais elevadas de sedimentação na região da barragem, fato que também foi verificado por Nogueira *et al.* (2002b), para o mesmo reservatório em um estudo realizado entre os anos de 2000 e 2001 e também para o reservatório de Jurumirim (Nogueira *et al.*, 1999), o primeiro da série do rio Paranapanema. A correlação positiva significativa observada entre a profundidade e a transparência pode ter ocorrido em virtude da existência de características mais lênticas nos locais mais profundos, havendo menor turbulência da água. Assim, ocorre menor ressuspensão das partículas acarretando em maiores valores de transparência. A diferença observada nesta variável entre os períodos deve-se ao fato de que em épocas de chuvas mais intensas, como no verão, há um grande aumento de entrada de partículas orgânicas e inorgânicas suspensas (Tundisi *et*

al., 1993).

Com relação às lagoas estudadas, as menores transparências verificadas durante o período chuvoso, devem-se, principalmente, à entrada de detritos oriundos das terras adjacentes e provavelmente, a presença de macrófitas aquáticas neste ambiente também deve influenciar esta variável, seja retendo partículas como liberando, devido à sua decomposição.

Durante a estação chuvosa (verão) ocorre a maior incidência de radiação, que ao ser absorvida pelos corpos d'água transforma-se em energia calorífica (Esteves, 1988). Isto explica os maiores valores de temperatura observados durante o período chuvoso. Entre as lagoas verificou-se uma menor amplitude de variação entre os períodos estudados. Durante o período chuvoso, os valores de temperatura das lagoas apresentaram-se um pouco mais baixos que os observados no reservatório. Isso pode ser devido à presença das macrófitas

72

aquáticas, que proporcionam maiores taxas de reflexão da luz e de sombreamento. Dados os valores muito elevados da temperatura da água do reservatório durante o verão (c.a. 30 °C), as temperaturas um pouco mais baixas das lagoas podem ser de grande importância para os padrões de distribuição dos organismos, pois podem permitir uma economia energética em função de menores taxas metabólicas.

Uma vez que a transparência da água corresponde à camada iluminada da coluna d'água, é de se esperar que em locais com maior transparência sejam encontradas maiores concentração de oxigênio dissolvido proveniente da produção fotossintética pelo fitoplâncton (Esteves, 1988). De fato, no presente estudo, houve uma correlação significativa positiva entre a transparência da água e a concentração do oxigênio dissolvido. No caso específico do reservatório, como a transparência ao longo do eixo longitudinal aumentou, o mesmo foi observado para o oxigênio dissolvido. As baixas concentrações de oxigênio verificadas na porção superior do reservatório durante o período chuvoso devem ter sido conseqüência dos baixos valores de transparência nesta região em virtude das chuvas fortes ocorridas durante o período de coleta. Na ocorrência destes eventos, há um aumento da entrada de sólidos em suspensão provenientes dos rios Pirapó (PR) e Pirapozinho (SP), que deságuam nessa região, assim como um aumento no aporte de material em suspensão oriundo dos ambientes terrestres adjacentes.

A correlação negativa significativa verificada entre a concentração de oxigênio dissolvido e a temperatura d'água deve-se ao fato da temperatura da água exercer influência direta sobre a solubilidade de oxigênio na água, onde sob condições iguais de pressão atmosférica, a solubilidade aumenta com a diminuição da temperatura (Esteves, 1988). Assim, as diferenças na temperatura bem como na transparência da água, entre os períodos e os compartimentos longitudinais, mostraram-se como fatores determinantes para a concentração de oxigênio dissolvido.

Valores um pouco mais reduzidos de pH e oxigênio dissolvido nas lagoas, sobretudo quando se observa as camadas de fundo, mostram que tais ambientes são mais redutores que o reservatório propriamente, provavelmente devido a

73

intensos processos de decomposição biológica e que também devem ter uma influência na distribuição espacial dos organismos.

A condutividade elétrica constitui uma das variáveis mais importantes em estudos limnológicos por fornecer informações sobre o metabolismo do ambiente e sobre fenômenos que ocorrem na bacia de drenagem (Esteves, 1988). No caso da bacia do rio Paranapanema, os valores médios de condutividade oscilam entre 50 e 145 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Nogueira *et al.*, 2002b). Assim, os valores encontrados no presente trabalho, encontram-se dentro da média observada em estudos anteriores. A maior variabilidade entre os valores de condutividade elétrica observada nas lagoas indica um metabolismo diferenciado e mais variável nestes ambientes, onde em virtude principalmente da presença de macrófitas aquáticas, ora predominam os processos de produção ora os de decomposição, reduzindo e aumentando os valores de condutividade, respectivamente.

O predomínio de sedimentos arenosos no reservatório de Rosana deve estar relacionado com o tempo de residência teórico relativamente baixo, em torno de 20 dias (Nogueira *et al.*, 2006), que acarreta em maior fluxo e conseqüentemente em uma menor deposição de sedimentos finos (Callisto & Esteves, 1996). A sedimentação das partículas é fortemente influenciada pelo fluxo da água (Nelson & Lieberman, 2002), sendo que em locais com um baixo tempo de retenção, pode ocorrer pouca sedimentação, sendo a maioria das partículas carregada (Straškraba *et al.*, 1993). Entretanto, em ambientes lênticos como as lagoas estudadas, espera-se que ocorra uma maior sedimentação, além da entrada de sedimentos finos carregados das terras adjacentes.

A matéria orgânica encontrada nos ecossistemas aquáticos pode ter origem alóctone ou autóctone, ou uma combinação de ambos, e a sua distribuição vai ser afetada por variáveis distintas como profundidade da coluna d'água, hidrodinâmica, diâmetro das partículas, entre outras (Sommaruga & Conde, 1990). Estes autores observam que a distribuição da matéria orgânica está associada ao tamanho de grão, sendo os maiores valores encontrados em sedimentos mais finos. No presente trabalho, foi verificada uma correlação negativa significativa entre as porcentagens de areia e a de matéria orgânica. Segundo Depetris (1995) isto é esperado uma vez que em geral, quanto mais fina a textura do sedimento, mais abundante o conteúdo de matéria orgânica. Assim,

74

os pontos que apresentaram sedimentos classificados como orgânicos foram aqueles em que houve predomínio de silte/argila no sedimento.

Apesar do predomínio de sedimentos finos em todas as lagoas e de um modo geral em ambos períodos de estudo, verificou-se que as Lagoas A e B apresentaram porcentagens de matéria orgânica relativamente baixas quando comparadas às Lagoas C e D. Este fato denota a influência do aporte alóctone proveniente da vegetação terrestre adjacente, pois estas últimas lagoas (C e D), compreendem ambientes naturais adjacentes ao Parque Estadual do Morro do Diabo enquanto que as outras duas lagoas artificiais, apresentam predominantemente no seu entorno, áreas de pastagem.

Da mesma forma que a matéria orgânica, a porcentagem de água apresentou relação negativa com a textura do sedimento uma vez que quanto maior o tamanho do grão, menor a capacidade de adsorção. O teor de água é

importante uma vez que o maior fluxo de água no sedimento permite maior oxigenação do mesmo (Esteves, 1988).

Importantes mudanças nas características texturais do sedimento foram observadas numa mesma região (ponto de coleta) do reservatório, conforme o período de estudo. Isto pode ser devido à existência de uma grande variabilidade espacial do tipo de sedimento no reservatório (distribuição na forma de mosaicos) e da amostragem utilizada ter sido insuficiente para uma caracterização mais precisa. Outra possibilidade é que por se tratar de um reservatório do tipo fio d'água (fluxo rápido), relativamente recente e localizado em uma região com marcada diferença sazonal no regime de precipitações, as condições junto ao sedimento são muito dinâmicas e ainda não se estabilizaram.

A concentração de nutrientes nos sedimentos, em especial do fósforo total, apresentou forte correlação positiva com a porcentagem de matéria orgânica e forte correlação negativa com o conteúdo arenoso dos mesmos. Isto se deve ao fato da matéria orgânica (autóctone ou alóctone) ser a principal fonte de nutrientes, e assim, a sua concentração tende a ser mais elevada nos locais onde o conteúdo orgânico é maior.

Esta correlação entre a textura granulométrica, conteúdo orgânico e concentração de nutrientes também foi verificada por Jorcin & Nogueira (2005a, 75

2005b) para os sedimentos da cascata de reservatório do rio Paranapanema em um estudo efetuado durante os anos de 2000 e 2001. Com exceção dos resultados de nitrogênio total encontrados no presente trabalho, os demais dados encontram-se dentro da faixa de variação obtida para o reservatório de Rosana por estes autores.

É importante mencionar o fato de que na região entre a montante e o trecho médio do reservatório, existem dois efluentes, um de despejo da companhia de tratamento de água do município de Teodoro Sampaio e outro de uma indústria de laticínios. Desta forma, estes efluentes podem estar contribuindo de forma relevante para a concentração de nutrientes no reservatório.

Houve uma acentuada diferença sazonal encontrada nas concentrações de nitrogênio total, com valores bem mais elevados durante o período chuvoso. Isto pode estar relacionado a significativas entradas deste nutriente devido aos efeitos das chuvas sobre a bacia ou ainda devido à mudança dos equipamentos utilizados na sua determinação.

Os macroinvertebrados bentônicos têm importante papel no fluxo de energia e ciclagem de nutrientes em ambientes aquáticos, por participarem da decomposição da matéria orgânica e também, através de processos de bioturbação (Margalef, 1983; Esteves, 1988; Callisto & Esteves, 1996).

Segundo Tundisi *et al.* (1993), a composição das comunidades em reservatórios é influenciada por diversos fatores tais como os processos que ocorrem nas regiões superiores, o regime de fluxo, a natureza do substrato, a severidade das flutuações no nível da água, a química da água, entre outros.

A estrutura e função da comunidade de macroinvertebrados bentônicos têm sido amplamente utilizadas para avaliar a qualidade dos recursos hídricos e caracterizar as causas e fontes de impactos em ecossistemas aquáticos lóticos e lênticos (Davis & Lathrop, 1992).

Nogueira *et al.* (2006) verificaram, através de uma análise preliminar de dados sobre o zoobentos da cascata de reservatórios do rio Paranapanema, uma diminuição na abundância dos organismos no sentido montante-barragem. Neste mesmo trabalho, estes autores verificaram maiores valores de riqueza e

76

diversidade nos ambientes com prevalência de condições lóxicas (desembocadura de tributários e reservatórios de menor profundidade e tempo de retenção).

O tempo de retenção de um reservatório é um fator importante no estudo das comunidades biológicas, uma vez que a velocidade da correnteza exerce forte influência sobre a composição e a distribuição das mesmas. Nelson & Lieberman (2002), estudando o rio Sacramento (EUA), verificaram diferenças na composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em trechos do rio com velocidades de correnteza diferentes. É de se supor, portanto, que quando da construção de um reservatório ocorram modificações mais severas, uma vez que ocorre a transformação de um ambiente lótico em lêntico ou semi-lêntico. Contudo, são poucos os estudos feitos previamente à construção de um reservatório. Estudando o impacto da construção do reservatório de Mogi Guaçu (SP) sobre a comunidade bentônica, Brandimarte *et al.* (2005) verificaram pouca alteração sobre a composição taxonômica no decorrer de três anos após a implantação do reservatório. Por outro lado, Santos *et al.* (2006) constataram que a construção das barragens de Canoas I e II (rio Paranapanema, SP/PR) causou um impacto sobre a comunidade bentônica, apesar dos efeitos sobre a mesma terem sido intensificados por um evento coincidente de seca prolongada. O tipo de empreendimento, considerando o tempo teórico de retenção, é uma característica importante a ser avaliada neste tipo de estudo, pois de acordo com Straškraba *et al.* (1993), um reservatório com tempo de retenção menor que 10 dias, mantém características de um ambiente lótico.

No presente estudo, as diferenças observadas nos valores de abundância total entre os períodos amostrados podem ser decorrentes do maior influxo de água durante o período chuvoso. Isto pode acarretar na instabilidade dos sedimentos, principalmente ao longo do reservatório, dado o predomínio de areia, mais facilmente perturbável. Tal fato permite explicar os menores valores nesta variável durante o período chuvoso, fato também observado por outros autores (Pamplin *et al.*, 2006; Kudo *et al.*, 2006).

Segundo Callisto & Esteves (1996), a heterogeneidade do sedimento é um fator fundamental para a distribuição e dominância dos taxa de invertebrados bentônicos. Em locais com predomínio de areia, estes autores encontraram

77

densidades de organismos significativamente menores que em locais com predomínio de silte e com maiores teores de matéria orgânica, nitrogênio total e fósforo nos sedimentos, onde houveram maiores densidades distribuídas em maior riqueza de taxa.

No presente estudo, isto nem sempre foi verificado, uma vez que foram encontrados elevados valores de abundância no reservatório, apesar do sedimento ter sido classificado na maioria das vezes como arenoso. Contudo, isto se deve ao fato da espécie *Corbicula fluminea* ter apresentado elevada abundância em relação aos demais taxa, em praticamente todos os pontos

amostrados. Entretanto, de um modo geral verifica-se que para os demais grupos as maiores abundâncias foram encontradas nos pontos onde houve predomínio de sedimentos finos, tanto ao longo do reservatório, quanto nas lagoas marginais. *Corbicula fluminea* é uma espécie de origem asiática, e apresenta a mais extensa distribuição no continente americano entre os bivalves invasores de água doce, uma vez que o seu rápido crescimento, maturidade precoce, alta taxa de fecundidade e a adaptabilidade a diferentes condições de habitat permitem a colonização de novos ambientes (Darrigran, 2002). Este autor realça que a introdução de espécies exótica ameaça a biodiversidade nativa, o funcionamento do ecossistema, além de ser esperado que ocorra deslocamento de espécies nativas.

Esta espécie foi o único bivalve encontrado nos pontos amostrados no reservatório de Rosana durante os períodos estudados. No mesmo local de estudo, Takeda *et al.* (2005) verificaram um domínio desta espécie sobre os demais bivalves encontrados, atribuindo este fato ao sedimento predominantemente arenoso do reservatório. Outros estudos também verificaram o maior desenvolvimento de *C. fluminea* em termos de biomassa e em termos de abundância neste tipo de sedimento (Bagatini *et al.*, 2003; Kudo *et al.*, 2006). Nematoda também se mostrou importante em alguns pontos, em especial na Lagoa D, marginal ao Parque estadual do Morro do Diabo. Trata-se de um grupo de importante papel ecológico na transferência de matéria e no fluxo de energia nos ecossistemas lacustres, contudo pouco se sabe sobre a ecologia deste grupo nos trópicos (Callisto & Esteves, 1996).

78

Um outro grupo bastante abundante no reservatório de Rosana foi a família Chironomidae (Diptera). Estima-se que existam mais de 15000 espécies de quironomídeos no mundo (Cranston, 1995). A alta plasticidade alimentar (Berg, 1995) e a diversidade ecológica e fisiológica (Cranston, *op cit.*) permitem que esta família apresente ampla distribuição e seus espécimes sejam, freqüentemente, os insetos mais abundantes em ambientes de água doce. Segundo Pinder (1995), em ambientes lóticos com alta velocidade de correnteza, elevada concentração de oxigênio dissolvido e sedimentos predominantemente grosseiros (rochas), há um predomínio de indivíduos da subfamília Orthocladiinae. Em ambientes com características lênticas, águas menos oxigenadas e sedimentos mais finos (areia, silte e argila) verifica-se a maior dominância de Chironominae. No reservatório de Rosana verificou-se um predomínio da subfamília Tanypodinae, com uma abundância relativamente baixa de Chironominae. Apenas o ponto P6, durante o período chuvoso, apresentou um incremento tanto na riqueza quanto na abundância desta última subfamília. Por outro lado, nas lagoas marginais, onde os sedimentos eram mais finos, verificou-se o predomínio de Chironominae. No reservatório de Jurumirim, o primeiro da série em cascata do rio Paranapanema, Santos & Henry (2001) encontraram Chironominae como a subfamília mais representativa. Ao contrário do reservatório de Rosana, o reservatório de Jurumirim é um reservatório de acumulação com características predominantemente lênticas dado o seu elevado tempo de residência (Nogueira *et al.*, 2006).

Coelotanypus e *D. pulcher* (Tanypodinae) foram os quironomídeos mais

abundantes no reservatório de Rosana. Strixino & Trivinho-Strixino (1998) consideraram *Coelotanypus* como um gênero característico de um pequeno reservatório artificial, cujo sedimento era predominantemente arenoso e Roque *et al.* (2004), através de um estudo de revisão, verificaram a presença de *Coelotanypus* em muitos reservatórios no estado de São Paulo. Os taxa pertencentes à subfamília Tanypodinae são geralmente conhecidos como predadores, sendo a dieta geralmente baseada em outros animais, em especial Oligochaeta (Berg, 1995). Mas segundo Tokeshi (1995), a maioria é melhor descrita como sendo onívora, alimentando-se não apenas de outros animais, mas também de detritos, algas e outras fontes de matéria orgânica.

79

Darwinula stevensoni foi a espécie de Ostracoda mais abundante ao longo do reservatório de Rosana. De acordo com Mezquita *et al.* (1999), os Ostracoda apresentam pouca tolerância a ambientes degradados. Porém, segundo Ylmaz & Külköylüoğlu (2006), *D. stevensoni* é uma espécie cosmopolita com ampla distribuição geográfica que apresenta altos níveis de tolerância a diferentes condições ambientais. Estes últimos autores verificaram diferenças sazonais na ocorrência desta espécie, relacionando a sua presença a temperaturas mais frias da água. Contudo, neste estudo o mesmo não foi verificado, visto que as maiores abundâncias de *D. stevensoni* foram obtidas durante o período chuvoso, quando a temperatura da água foi elevada, chegando a valores próximos de 29°C.

O gênero *Neureclipsis* (Trichoptera) parece estar relacionado aos sedimentos finos, uma vez que neste estudo, ele apresentou pouca ocorrência, (apenas em um ponto do reservatório e em três lagoas), porém em elevada abundância nos locais que apresentaram sedimentos finos. Em um estudo nas várzeas do rio Paranapanema, Kudo *et al.* (2006) também verificaram a presença deste gênero em ambientes lênticos com sedimentos finos.

Os valores de riqueza de taxa e do índice de diversidade obtidos no presente estudo são similares aos obtidos para o zoobentos da cascata de reservatórios do rio Paranapanema entre os anos de 2000 e 2001 (Nogueira *et al.*, 2006). Comparando-se apenas o reservatório de Rosana, verifica-se que no presente estudo houve um leve aumento da riqueza uma vez que a média para o estudo anterior foi de dois taxa na região de montante e três na região da barragem e neste trabalho o menor valor de riqueza verificado foi quatro taxa. Da mesma forma, o índice de diversidade apresentou maiores valores no presente estudo.

Os resultados obtidos permitem verificar a ocorrência de uma maior diversidade de macroinvertebrados nas lagoas estudadas quando comparadas com o reservatório. Estes ambientes apresentam maior heterogeneidade de habitats, principalmente em função das macrófitas aquáticas presentes nestes locais. A diversidade das comunidades biológicas em lugares mais complexos tende a aumentar devido à provisão de ambientes menos estressantes que promovem a sobrevivência, recuperação e persistência dos organismos nestes locais (Rice *et al.*, 2001). De acordo com Straškraba & Tundisi (2000), a presença

80

deste tipo de ambiente é de extrema importância aos reservatórios. Estes auxiliam na melhoria da qualidade da água por reterem sedimentos, compostos

químicos (tóxicos ou não) e comportam-se como berçário de organismos, podendo assim auxiliar na manutenção da diversidade dos reservatórios. Verifica-se através do presente estudo a existência de uma marcada variação sazonal no reservatório de Rosana, evidenciada pela Análise de Componentes Principais, em função da temperatura da água, concentração de nitrogênio e transparência da água, principalmente.

Durante o período seco, verificou-se um gradiente na distribuição dos pontos durante o período seco, da região superior (maior porcentagem de areia) à região inferior (menor porcentagem de areia) do reservatório. Contudo, no período chuvoso, o gradiente observado foi o oposto, com uma tendência de aumento no conteúdo arenoso em direção à barragem. Foi evidente a separação das lagoas dos pontos do reservatório, devido ao fato das mesmas terem apresentado sedimentos mais finos, enquanto que ao longo do reservatório, de um modo geral, houve predomínio de sedimento arenoso.

Ao longo do reservatório houve uma ampla variação na composição dos taxa de macroinvertebrados bentônicos, assim como entre os dois períodos estudados, como foi verificado através da Análise de Correspondência. Por outro lado, constatou-se que as lagoas são ambientes mais estáveis, sofrendo menor perturbação que o reservatório em função das diferenças sazonais. Ainda, entre as lagoas estudadas, verificou-se através desta mesma análise que as lagoas naturais (C e D) apresentaram maior estabilidade que as lagoas artificiais (A e B), tanto em termos de composição taxonômica como de diversidade.

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam a influência exercida pelo bivalve invasor *Corbicula fluminea* sobre a comunidade zoobentônica do reservatório de Rosana, uma vez que houve um predomínio, em termos de abundância, desta espécie sobre os demais taxa encontrados. Isto denota que pode estar ocorrendo, se já não ocorreu, o deslocamento de espécies nativas, uma vez que não foi detectada a presença de nenhum outro bivalve ao longo do eixo longitudinal do reservatório. Primack & Rodrigues (2002) apontam a

81

introdução de espécies exóticas como uma das principais ameaças à diversidade biológica resultante de atividades humanas.

Também ficou demonstrada a importância das lagoas marginais aos ambientes aquáticos, dada sua maior diversidade, e que apesar disso, encontram-se seriamente ameaçados (Kira, 1990). Assim, este estudo evidenciou a necessidade de se proteger estes ambientes, mais estáveis, que apresentam relevante capacidade de proteção à fauna, que são amplamente diversificados tanto no que se refere à estruturação de ambiente como em relação à fauna bentônica.

82

7. CONCLUSÕES

- O reservatório de Rosana apresentou um gradiente de variação longitudinal no canal principal, tanto em função de algumas características da água (transparência e temperatura), mas principalmente em função da textura

granulométrica.

- Por ser um reservatório do tipo fio d'água (baixo tempo de retenção), com características mais próximas de um ambiente lótico, o sedimento preponderante foi arenoso, havendo uma tendência de aumento de sedimentos mais finos na região da barragem, onde ocorre maior sedimentação.
- As tendências observadas na distribuição das variáveis abióticas analisadas no eixo longitudinal do reservatório mostraram-se influenciadas pela variação sazonal.
- O conteúdo orgânico do sedimento está intimamente associado à textura granulométrica, sendo a maior porcentagem de matéria orgânica obtida nos locais onde o tamanho do grão e a porcentagem de areia são menores. A concentração de nitrogênio total e fósforo total, por sua vez, exibe alta correlação positiva com o teor orgânico dos sedimentos.
- O predomínio de sedimentos arenosos parece favorecer a presença do bivalve invasor *Corbicula fluminea*, que apresentou elevada abundância em praticamente todos os pontos do reservatório.
- A família Chironomidae (Diptera) foi a que apresentou maior riqueza de taxa, sendo que a abundância relativa deste grupo também foi bastante alta. *Coelotanypus* e *Djalmabatista pulcher* foram os organismos mais representativos pertencentes a este grupo, ao longo do reservatório.
- As perturbações causadas no ambiente, em virtude da variação sazonal, exercem maior influência sobre a fauna do reservatório, que apresentou ampla variação na composição de espécies entre os períodos. Por outro lado, as lagoas marginais naturais (Lagoas C e D) demonstraram ser os ambientes mais estáveis, uma vez que a composição de espécies e a diversidade apresentaram as menores variações sazonais.
- A maior diversidade de macroinvertebrados bentônicos verificada nas lagoas marginais está relacionada à maior diversidade de habitats, maior provisão de recursos alimentares e maior estabilidade que estes ambientes oferecem à fauna.

84

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho, A. A., A. E. A. de M. Vazzoler & S. M. Thomaz, 1995. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In Tundisi, J. G., C. E. M. Bicudo & T. Matsumura-Tundisi, (eds), **Limnology in Brazil**. ABC/SBL, Rio de Janeiro: 59-103.
- Alba-Tecedor, J., 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. **IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)**. v.II. Almería: 203-213.
- Andersen, J. M., 1976. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. **Water Res.** 10: 329-331.
- Bagatini, Y. M., J. Higuti, M. A. Takahashi & E. Benedito-Cecilio, 2003. Variação

sazonal e longitudinal da biomassa de *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) no Reservatório de Rosana (Paraná/São Paulo). In Rodrigues, L., A. A. Agostinho, L. C. Gomes & S. M. Thomaz (eds), **Anais do Workshop “Produtividade em Reservatórios e Bioindicadores”**. Pronex/CT-Hidro, Maringá: 161-168.

Barbosa, F. A. R., J. Padisák, E. L. G. Espíndola, G. Borics & O. Rocha, 1999. The Cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC) and its application to the river Tietê-Basin, São Paulo state, Brazil. In Straškraba, M. & J. G. Tundisi (eds), **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences & Backhuys Publishers. São Carlos: 425-437.

Berg, M. B., 1995. Larval food and feeding behaviour. In Armitage, P., P. S. Cranston & L. C. V. Pinder (eds), **The Chironomidae – Biology and ecology of non-biting midges**. Chapman & Hall, London: 136-168.

Brandimarte, A. L., M. Anaya & G. Y. Shimizu, 1999. Comunidades de Invertebrados Bentônicos nas Fases Pré-e-Pós Enchimento em Reservatórios: Um Estudo de Caso no Reservatório de Aproveitamento Múltiplo do Rio Mogi-Guaçu (SP). In Henry, R. (ed.), **Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Fapesp/Fundibio, Botucatu: 375-407.

85

Brandimarte, A. L., M. Anaya & G. Y. Shimizu, 2005. Downstream impact of Mogi-Guaçu River damming on the benthic invertebrates (São Paulo State, Brazil). **Acta Limnol. Bras.** 17(1): 27-36.

Brinkhurst, R. O. & M. R. Marchese, 1989. **Guide of the freshwater aquatic Oligochaeta of South and Central America**. Col. Climax 6, Santo Tomé: 179 pp.

Britto, S. G. de C., 2003. Atributos da ictiofauna do reservatório de Taquaruçu (baixo rio Paranapanema, SP/PR), como modelo referencial dos efeitos dos represamentos na bacia hidrográfica. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências – UNESP, Botucatu: 74 pp.

Brusca, R. C. & Brusca, G. J., 2002. **Invertebrates**. 2ª ed. Sinauer, Sunderland: 936pp.

Callisto, M. & F. A. Esteves, 1996. Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: Lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e lago Mussurá (Brasil). **Acta Limnol. Brasil.** 8: 137-147.

Callisto, M. & J. F. Gonçalves Jr., 2005. Bioindicadores bentônicos. In Roland, F., D. Cesar & M. Marinho (eds), **Lições de limnologia**. Rima, São Carlos: 371-379.

Carvalho, E. D. & V. F. B. Silva, 1999. Aspectos ecológicos da ictiofauna e da produção pesqueira do Reservatório de Jurumirim (Alto do Paranapanema, São Paulo). In Henry, R. (ed.), **Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Fapesp/Fundibio, Botucatu: 769-800.

CESP, 1987. **A usina hidroelétrica de Rosana e o Parque Estadual do Morro do Diabo: impactos, conservação e perspectivas**. São Paulo: 77pp.

CESP – USP, 1994. **Alterações ecológicas provocadas pela construção da barragem da usina hidroelétrica de Rosana sobre o baixo Rio**

Paranapanema, SP/PR. Série divulgação e informação, 175. CESP-IBUSP. São Paulo: 153pp.

Clavero, V., J. A. Fernandez & F. X. Niell, 1992. Bioturbation by *Nereis* sp and its effects on the phosphate flux across the sediment-water interface in the Palmones River estuary. **Hidrobiologia**, 235/236: 687-692.

86

Cranston, P. S., 1995. Introduction. In Armitage, P., P. S. Cranston & L. C. V. Pinder (eds), **The Chironomidae – Biology and ecology of non-biting midges**. Chapman & Hall, London: 1-7.

Darrigran, G., 2002. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological Invasions**, 4: 145-156.

Davis, W. S. & J. E. Lathrop, 1992. Freshwater benthic macroinvertebrate community structure and function. **EPA 823-R-92-006: Sediment classification methods and compendium**. US EPA: 8.1 – 8.26

Depetris, P. J., 1995. Los sedimentos fluviales y lacustres: granulometria e contenido de materia organica. In Lopretto, E. C. & Tell, G. (eds),

Ecosistemas de aguas continentales. Metodologias para su estudio.

Tomo I. Ediciones Sur, La Plata: 67-78.

Dornfeld, C. B., R. G. Alves, M. A. Leite & E. L. G. Espíndola, 2006. Oligochaeta in eutrophic reservoir: the case of Salto Grande reservoir and their main affluent (Americana, São Paulo, Brazil). **Acta Limnol. Bras.** 18(2): 189-197.

Espíndola, E. L. G., M. B. C. Branco, R. Fracácio, A. M. Guntzel, E. M. Moretto, R. H. G. Pereira, A. C. Rietzler, O. Rocha, S. Rodgher, W. S. Smith, & K. S.

Tavares, 2003. Organismos Aquáticos. In Rambaldi, D. M. & D. A. S. Oliveira (orgs), **Fragmentação de Ecosistemas: Causas, Efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de Políticas Públicas**. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF: 231-238.

Esteves, F. A., 1988. **Fundamentos de Limnologia**. 1. ed. Interciência, Rio de Janeiro: 575 pp.

Feitosa, M. F., M. G. Nogueira & N. C. Vianna, 2006. Transporte de nutrientes e sedimentos no rio Paranapanema (SP/PR) e seus principais tributários nas estações seca e chuvosa. In Nogueira, M. G., R. Henry & A. Jorcin (orgs), **Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2ª ed. Rima, São Carlos: 435-459.

87

Fusari, L. M. & A. A. Fonseca-Gessner, 2006. Environmental assessment of two small reservoirs in southeastern Brazil, using macroinvertebrates community metrics. **Acta Limnol. Bras.** 18(1): 89-99.

Gumiero, B. & G. Salmoiraghi, 1998. Influence of an impoundment on benthic macroinvertebrate habitat utilization. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** 26: 2063-2069.

Håkanson, L. & M. Jansson, 1983. **Principles of lakes sedimentology**. Springer-Verlag, Berlin: 316pp.

Henry, R., 2003. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância. Estudo de aplicação em lagoas marginais ao Rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na

- Represa Jurumirim. In Henry, R. (ed.), **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. Rima, São Carlos:1-28.
- Henry, R. & F. E. Maricatto, 1996. Sedimentation rates of tripton in Jurumirim reservoir (São Paulo, Brasil). **Limnologica**, 25: 15-25.
- Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. Taxonomy, morphology and living Ostracoda. In Holmes, J. A. & A. R. Chivas (eds), **The Ostracoda Applications in Quaternary Research**. Washington, DC: 5-36.
- Jorcin, A. & M. G. Nogueira, 2005a. Phosphate distribution in the sediments along a cascade of reservoirs (Parapanema river, SE, Brazil). In Serrano, L. & H. L. Golterman, (eds), **Phosphates in sediments. Proceedings of the 4th International Symposium**. Backhuys Publishers, The Netherlands: 77-86.
- Jorcin, A. & M. G. Nogueira, 2005b. Temporal and spatial patterns based on sediment and sediment-water interface characteristics along a cascade of reservoirs (Parapanema river, south-east Brazil). **Lakes & Reservoirs: Research and Management** 10:1-12.
- Kira, T., 1990. Foreword. In Jørgensen, S. E. & H. Löffler (eds), **Guidelines of lakes management**. Lake shore management. v.3. International Lake Environment Committee Foundation & The United Nations Environment Programme. Otsu.
- 88
- Kudo, F. A., A. Jorcin & M. G. Nogueira, 2006. Composição e distribuição da comunidade zoobentônica em áreas de várzea do rio Parapanema (SP/PR). In Nogueira, M. G., R. Henry & A. Jorcin (orgs), **Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2ª ed. Rima, São Carlos: 379-416.
- Kuhlmann, M. L. & H. M. Watanabe, 2001. Avaliação da Comunidade Bentônica nos Sedimentos dos Reservatórios do Rio Tietê. In Mozeto, A., W. F. Jardim & G. A. Umbuzeiro (eds), **Bases Técnico-Científicas para o Desenvolvimento de Critérios de Qualidade de Sedimentos: Experimentos de Campo e Laboratório**. UFSCar, São Carlos: 41-46.
- Kuhlmann, M. L. & A. C. Truzzi & G. Johnscher-Fornasaro, 1998. The benthos community of the Billings Reservoir (São Paulo, Brazil) and its use in environmental quality assessment. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** 26: 2083-2087.
- Lopretto, E. C & G. Tell, 1995. **Ecosistemas de águas continentales. Metodologias para su estudio**. Tomo II. Ediciones Sur. La Plata: 1401pp.
- Loyola, R. G. N. & M. Treuersch, 1998. Benthic macroinvertebrates in tributaries of the Itaipu Reservoir, Parana State, Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** 26: 2088-2092.
- Margalef, R., 1983. **Limnología**. Omega, Barcelona: 1010pp.
- Marouelli, M. H., R. H. S. Emeric, C. G. B. Cavalcanti, E. Rutkowski, M. E. C. Sales, S. M. A. Segundo, G. D. Forattini, R. H. Pera & I. Castro, 1988. Bases para um manejo racional de reservatórios. In Tundisi, J. G. (ed.), **Limnologia e manejo de represas. Série Monografias em Limnologia**, 1 (t. II). ACIESP, São Paulo: 225-287.
- Merrit, R. W. & K. W. Cummins, 1996. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3ª ed. Kendall/Hunt, Dubuque: 862 pp.

Mezquita, F., R. Hernández & J. Rueda, 1999. Ecology and distribution of ostracods in a polluted Mediterranean river. **Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.** 148:87-103.

89

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1996. **Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento.** Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília, DF: 188 pp

Moretto, E. M. & M. G. Nogueira, 2003. Physical and chemical characteristics of Lavapés and Capivara rivers, tributaries of Barra Bonita Reservoir (São Paulo – Brasil). **Acta Limnol. Brasil.** 15(1): 27- 39.

Moulton, T. P., 1998. Saúde e integridade do ecossistema e o papel dos insetos aquáticos. In Neissimian, J. L. & A. L. Carvalho (eds), **Ecologia de Insetos Aquáticos.** Séries Oecologia Brasiliensis. v. V. PPGE-UFJR. Rio de Janeiro: 281-298.

Nelson, S. M. & D. M. Lieberman, 2002. The influence of flow and other environmental factors on benthic invertebrates in the Sacramento river, U.S.A. **Hydrobiologia**, 489: 117-129.

Nimer, E., 1979. **Climatologia do Brasil.** IBGE, Rio de Janeiro: 422pp.

Nogueira, M. G., 2001. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, 455: 1-18.

Nogueira, M. G., R. Henry & F. E. Maricatto, 1999. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research and Management** 4: 107-120.

Nogueira, M. G., A. Jorcin, N. C. Vianna & Y. C. T. Britto, 2002a. Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP-PR), Brasil. In Cirelli, A. & G. Marquisa (eds), **El Agua en Iberoamerica, de la limnologia a la gestión en Sudamerica.** CYTED, Buenos Aires: 91-106.

Nogueira, M. G., A. Jorcin, N. C. Vianna, & Y. C. T. Britto, 2002b. A two- year study on the limnology of a cascade reservoir system in a large tropical river in Southeast Brazil. 4th International conference on reservoir limnology and 90

water quality. August 12- 16. **Èeské Budjovice. Extended abstracts.** 254-257.

Nogueira, M. G., A. Jorcin, N. C. Vianna, & Y. C. T. Britto, 2006. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (Fitoplâncton, Zooplâncton e Zoobentos) – Um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In Nogueira, M. G., R. Henry & A. Jorcin (orgs), **Ecologia de Reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata.** 2ª ed. Rima, São Carlos: 83-126.

Ogbeibu, A. E. & B. J. Oribhabor, 2002. Ecological impact of river impoundment using benthic macro-invertebrates as indicators. **Water Res.** 36: 2427-2436.

Pagioro, T. A. & S. M. Thomaz, 2002. Longitudinal patterns of sedimentation in a deep, monomitic subtropical reservoir (Itaipu, Brazil- Paraguay). **Arch.**

Hydrobiol. 154(3): 515-528.

Pagioro, T. A., M. C. Roberto, S. M. Thomaz, S. A. Pierini, & M. Taka, 2003. Variáveis limnológicas abióticas: zonação longitudinal em reservatórios. In Rodrigues, L., A. A. Agostinho, L. C. Gomes & S. M. Thomaz (eds), **Anais do Workshop “Produtividade em reservatórios e Bioindicadores”**. Pronex/CT-Hidro, Maringá: 27-36.

Pamplin, P. A. Z., T. C. M. Almeida, & O. Rocha, 2006. Composition and distribution of benthic macroinvertebrates in Americana reservoir (SP, Brazil).

Acta Limnol. Bras. 18(2): 121-132.

Panarelli, E., S. M. C. Casanova, M. G. Nogueira, P. M. Mitsuka & R. Henry, 2003. A comunidade zooplânctônica ao longo de gradientes longitudinais no Rio Paranapanema/Represa de Jurumirim (São Paulo, Brasil). In Henry, R. (ed.), **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. Rima, São Carlos: 129-160.

Pennak, R. W., 1989. **Freshwater invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca**. 3^a ed. John Wiley & Sons, Nova York: 628 pp.

Pinder, L. C. V., 1995. The habitats of chironomid larvae. In Armitage, P., P. S. Cranston & L. C. V. Pinder (eds), **The Chironomidae – Biology and ecology of non-biting midges**. Chapman & Hall, London: 107-135.

91

Primack, R. B. & E. Rodrigues, 2002. **Biologia da conservação**. Vida, Londrina: 328pp.

Rice, S. P., M. T. Greenwood & C. B. Joyce, 2001. Tributaries, sediment sources and the longitudinal organization of macroinvertebrate fauna along river systems. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 58: 824-840.

Roque, R. O., L. C. S. Correia, S. Trivinho-Strixino & G. Strixino, 2004. A review of Chironomidae studies in lentic systems in the state of São Paulo, Brazil.

Biota Neotropica 4(2): 1-19.

Rosenberg, D. M. & V. H. Resh, 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In Rosenberg, D. M. & V. H. Resh (eds), **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Chapman & Hall, New York: 1-9.

Santos, C. M. & R. Henry, 2001. Composição, distribuição e abundância de Chironomidae (Diptera, Insecta) na Represa de Jurumirim (rio Paranapanema – SP). **Acta Limnol. Bras.** 13(2): 99-115.

Santos, C. M., R. A. R. Ferreira & R. Henry, 2006. Alterações na organização da comunidade bentônica no complexo Canoas (rio Paranapanema – SP) durante as fases pré e pós-enchimento. In Nogueira, M. G., R. Henry & A. Jorcin (orgs), **Ecologia de Reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2^a ed. Rima, São Carlos: 183-204.

Sommaruga, R. & D. Conde, 1990. Distribución de materia orgánica em los sedimentos recientes de la laguna de Rocha (Rocha, Uruguay). **Atlantica** 12(1): 35-44.

Straškraba, M., J. G. Tundisi & A. Duncan, 1993. State-of-the-art of reservoir limnology and water quality management. In Straskraba, M., J. G. Tundisi & A. Duncan (eds), **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands:

213-288.

Straškraba, M. & J. G. Tundisi, 2000. **Gerenciamento da qualidade da água de represas**. Diretrizes para o gerenciamento de lagos. v. 9. International Lake 92

Environment Committee & International Institute of Ecology, São Carlos: 258pp.

Strixino, G. & S. Trivinho-Strixino, 1998. Povoamentos de Chironomidae (Diptera) em lagos artificiais. In Nessimian, J. L. & A. L. Carvalho (eds), **Ecologia de Insetos Aquáticos**. Séries Oecologia Brasiliensis. v. V. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro: 141-154.

Takeda, A. M., M. C. D. Mansur & D. S. Fujita, 2005. Ocorrência de moluscos bivalves em diferentes reservatórios. In Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (orgs), **Biocenoses em reservatórios – Padrões espaciais e temporais**. Rima, São Carlos: 161-168.

Thornton, W. K., 1990. Perspectives on reservoir limnology. In Thornton, K. W., B. L. Kimmel & E. F. Payne (eds), **Reservoir Limnology: ecological perspectives**. John Wiley & Sons, New York: 1-13.

Tokeshi, M., 1995. Species interactions and community structure. In Armitage, P., P. S. Cranston & L. C. V. Pinder (eds), **The Chironomidae – Biology and ecology of non-biting midges**. Chapman & Hall, London: 297-335.

Trivinho-Strixino, S. & G. Strixino, 1995. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo. Guia de Identificação e diagnose dos gêneros**. PPG-ERN/ UFSCAR, São Carlos: 229pp.

Tundisi, J. G., 1994. Tropical South America: present and perspectives. In Margalef, R. (ed.), **Limnology now: a paradigm of planetary problems**. Elsevier. Amsterdam: 353- 424.

Tundisi, J. G., 2003. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. Instituto Internacional de Ecologia, Rima, São Carlos: 248pp.

Tundisi, J. G., 2006. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – Estudos de caso e perspectivas. In Nogueira, M. G., R. Henry & A. Jorcin (orgs), **Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2ª ed. Rima, São Carlos: 1-21.

Tundisi, J. G., T. Matsumura-Tundisi, R. Henry, O. Rocha & K. Hino, 1988. Comparações do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In Tundisi, J. G. (ed.), **Limnologia e manejo de represas**. Série monografias em limnologia, 1 (t.I). ACIESP, São Paulo: 165-204.

Tundisi, J. G., T. Matsumura-Tundisi & M. C. Calijuri, 1993. Limnology and management of reservoirs in Brazil. In Straskraba, M., J. G. Tundisi & A. Duncan (eds), **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands: 25-55.

Tundisi, J. G., T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha, 1999. Ecossistemas de águas interiores. In Rebouças, A. C., B. Braga & J. G. Tundisi (eds), **Águas doces no Brasil. Capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras, São Paulo: 195-223.

Valencio, N. F. L. S., J. C. Gonçalves, K. C. Vidal, R. C. Martins, M. V. Rigolin, L. C. Laureço, S. A. T. Mendonça & A. A. Leme, 1999. O papel das hidroelétricas no processo de interiorização paulista: O caso das Usinas Hidroelétricas de Barra Bonita e Jurumirim. In Henry, R. (ed.), **Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Fapesp/Fundibio, Botucatu: 185-218.

Wiederholm, T., 1983. **Chironomidae of the Holartic region. Keys and diagnosis**. Part 1: Larvae. Supplement n° 19. Entomologica Scandinava, Motala: 457pp.

Würdig, N. & I. D. Pinto, 1999. Classe Ostracoda. In Buckup, L., F. Bond-Buckup (eds), **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Universidade/UFRGS, Porto Alegre: 116-143.

Wright, J. F., M. T. Furse & P. D. Armitage, 1994. Use of macroinvertebrate communities to detect environmental stress in running waters. In Sutcliffe, D. W. (ed.), **Water quality and stress indicators in marine and freshwater systems: linking levels of organization (Individuals, Populations and Communities)**. Freshwater Biological Association, Cumbria: 15-34.

Yilmaz, F. & O. Külköylüoğlu, 2006. Tolerance, optimum ranges, and ecological requirements of freshwater Ostracoda (Crustacea) in Lake Aladağ (Bolu, Turkey). **Ecol. Res.** 21: 165-173.

ANEXO

95

Djalmabatista pulcher

Lígula e (Escala: 50 µm)

Mandíbula (Escala: 50 µm)

96

Coelotanypus

Labro (Escala: 50 µm)

Lígula (Escala: 50 µm)

97

Tanypus stellatus

Lígula e paralígula (Escala 50 µm)

Mandíbula (Escala: 50 µm)

98

Polypedilum (Tripodura)

Placa ventromental (Escala: 50 µm) Mentum (Escala: 50 µm)

Antena (Escala: 50 µm) Pente epifaríngeo (Escala: 50 µm)

99

Tanytarsus

Mentum e placa ventromental (Escala: 50 µm)

Antena (Escala: 50 µm)

100

Dicrotendipes sp3

Mentum e pré-mandíbula (Escala: 50 µm) Antena (Escala: 50 µm)

Placa ventromental (Escala: 50 µm) Pré-mandíbula (seta preta) e pente epifaríngeo (seta branca)

(Escala: 50 µm)

101

Genero A sp4

Vista geral da cápsula cefálica

(Escala: 100 µm)

Mentum (Escala: 50 µm)

Antena (Escala: 50 µm)

Mandíbula (Escala: 50 µm)

102

Harnischia sp2

Mentum (Escala: 50 µm)

Antena (Escala: 50 µm)

103

Polypedilum (Polypedilum) sp2

Antena (Escala: 50 µm)

104

Darwinula serricaudata espinosa

Detalhe para a impressão muscular em forma de roseta (seta). (Escala: 100 µm)

105

Neureclipsis

Garra anal (Escala: 100 µm)

106

Corbicula fluminea

(Escala: 1 cm)