



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Estrutura da Comunidade Zooplanctônica e Qualidade da Água no Lago Paranoá, Brasília – DF.

Clayton Andreoni Batista

Brasília
Julho / 2007

Clayton Andreoni Batista

Estrutura da Comunidade Zooplanctônica e Qualidade da Água
no Lago Paranoá, Brasília – DF.

Dissertação aprovada junto ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da
Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em
Ecologia.

Banca examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Claudia Padovesi Fonseca
Orientadora – UnB

Prof^ª. Dr^ª. Luciana de Mendonça Galvão
Membro Titular – UCB

Prof^ª. Dr^ª. Maria Júlia Martins Silva
Membro Titular – UnB

Prof^ª. Dr^ª. Paula Petracco
Suplente

Brasília, julho de 2007



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Estrutura da Comunidade Zooplanctônica e Qualidade da Água no Lago Paranoá, Brasília – DF.

Clayton Andreoni Batista

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ecologia da Universidade de
Brasília, como requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Claudia Padovesi Fonseca

Brasília, Julho de 2007

***“Dedico esta dissertação a meu pai
Geraldo, meu exemplo de vida, à minha
mãe Vilma, meu porto seguro e à minha
irmã Daniela, minha eterna amiga e
companheira.”***

***“A minha vida só tem sentido com vocês
ao meu lado... obrigado meu Deus por ter
escolhido a dedo esses três espíritos
perfeitos, para compartilhar comigo todos
os momentos da minha passagem aqui na
terra.”***

***“Alles ist aus dem Wasser entsprungen,
Alles wird durch das Wasser erhalten”***

***“Tudo surgiu da água
Tudo é mantido pela água”***

(Goethe)

Agradecimentos

Em especial à professora Dra. Cláudia Padovesi Fonseca, pela orientação, carinho, compreensão e atenção durante esses seis anos de convívio, desde que era apenas um aluno de Iniciação Científica (PIBIC).

Aos membros da banca, Dra. Luciana de Mendonça Galvão, Dra. Maria Júlia Martins Silva e Dra. Paula Petracco pela leitura do trabalho e valiosas contribuições e sugestões.

À professora Dra. Luciana de Mendonça Galvão pela amizade, paciência e disposição em sanar dúvidas gerais, pelas referências bibliográficas, discussões extremamente produtivas, idéias, identificações taxonômicas e tantas outras coisas.

À professora Dra. June Springer Freitas pelas sugestões e auxílio em algumas análises estatísticas.

À professora Dra. Bárbara Medeiros pela amizade, auxílio em algumas análises estatísticas, idéias e discussões pertinentes, pelo empréstimo de bibliografia e programas estatísticos.

Aos professores Dra. Mercedes Bustamante (Ecologia - UnB) e Dr. Geraldo Rezende Boaventura (Geociências – UnB) pelas facilidades no laboratório e utilização de equipamentos.

À CAESB pela gentileza em disponibilizar dados de pluviosidade.

Ao 1º (BBS) e 2º (SAER) batalhões de busca e salvamento do corpo de bombeiros militar do Distrito Federal (CBMDF) pelo empréstimo de equipamentos e pessoal para o auxílio nas coletas.

A meu grande amigo e companheiro de laboratório Newton Tiago (Aedes) pelo auxílio nas coletas e análises, sugestões, discussões pertinentes e principalmente a alegria transmitida.

À amiga e companheira de laboratório Mariana Philomeno pela amizade, auxílio nas coletas e análises e pela companhia agradável durante a resolução de todos os “pepinos”.

À amiga e companheira de laboratório Adriana Marinho pela amizade, sugestões e contribuições pertinentes.

À amiga e companheira de laboratório Patrícia Gomes (laminha) pela amizade, companheirismo e sugestões. “Vai dar tudo certo menina, tenha fé em Deus... estarei sempre ao seu lado”.

Aos meus outros companheiros e amigos de laboratório que contribuíram de alguma forma para a execução deste trabalho.

À grande amiga Cintia Lepesqueur (relaxada sem costume) pela amizade, companheirismo, risadas, sugestões e contribuições.

À Luciana Arutim Adamo por tudo: amizade, carinho, companheirismo, amor, risadas, força, paciência, ensinamentos, sugestões, em fim, por ter feito parte tão intensamente da minha vida como um todo... Sou muito grato por tudo que fez por mim durante todo tempo que estive ao meu lado... Te admiro muito... Obrigado por tudo...

Em especial a minha divina família: Geraldo, Vilma e Daniela pela paciência, amor, compreensão, pela dedicação e apoio incansável em todas as fases dessa dissertação.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Professor Doutor John Du Vall Hay e a coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Sumário

Capítulo 1. Caracterização da Estrutura da Comunidade Zooplanctônica e Qualidade da Água nos Períodos de Seca e Chuva, Lago Paranoá, Brasília – DF.

| | |
|--|-----------|
| Resumo..... | i |
| Abstract..... | ii |
| 1 - Introdução..... | 1 |
| 1-1 - Objetivos..... | 4 |
| 2 - Materiais e Métodos..... | 5 |
| 2-1 - Caracterização da Área de Estudo..... | 5 |
| 2-2 - Amostragem..... | 6 |
| 2-3 - Variáveis Físicas, Químicas e Clorofila a..... | 6 |
| 2-3-1 - Profundidade Local | |
| 2-3-2 - Transparência da Água | |
| 2-3-3 - Temperatura da Água | |
| 2-3-4 - Material em Suspensão e Clorofila a | |
| 2-3-5 - pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido | |
| 2-3-6 - Nutrientes Inorgânicos | |
| 2-3-7 - Precipitação Pluviométrica | |
| 2-4 - Zooplâncton..... | 8 |
| 2-4-1 - Coleta e Preservação | |
| 2-4-2 - Análise Qualitativa | |
| 2-4-3 - Análise Quantitativa | |
| 2-5 - Análise dos Dados..... | 9 |
| 2-5-1 - Zona Eufótica | |
| 2-5-2 - Densidade Diária e Relativa | |
| 2-5-3 - Frequência de Ocorrência e Categorias de Classificação | |
| 2-5-4 - Riqueza (S), Diversidade (H') e Equitabilidade (J') | |
| 2-6 - Análise Estatística..... | 11 |
| 2-6-1 - Estatística Descritiva | |
| 2-6-2 - Relação e Comparação das Variáveis | |
| 2-6-3 - Análise Exploratória das Variáveis Abióticas | |
| 2-6-4 - Análise Integrada das Variáveis Bióticas e Abióticas | |
| 3 - Resultados..... | 13 |
| 3-1 - Variáveis Físicas, Químicas..... | 13 |
| 3-1-1 - Precipitação Pluviométrica | |
| 3-1-2 - Transparência da Água e Zona Eufótica | |
| 3-1-3 - Estrutura Térmica | |
| 3-1-4 - Material em Suspensão | |
| 3-1-5 - pH | |
| 3-1-6 - Condutividade Elétrica | |
| 3-1-7 - Oxigênio Dissolvido | |
| 3-1-8 - Nutrientes Inorgânicos | |
| 3-1-9 - Análise Exploratória das Variáveis Abióticas | |

| | |
|---|-----------|
| 3-2 - Variáveis Biológicas..... | 19 |
| 3-2-1 - Clorofila a | |
| 3-2-2 – Zooplâncton | |
| 3-2-2-1 - Composição e Frequência de Ocorrência | |
| 3-2-2-2 - Riqueza (S), Diversidade (H') e Equitabilidade (J') | |
| 3-2-2-3 - Densidade Total e dos Grupos | |
| 3-2-2-4 - Análise Integradas das Variáveis Bióticas e Abióticas | |
| 4 - Discussão..... | 26 |
| 4-1 - Aspectos Relevantes no Ambiente do Zooplâncton..... | 26 |
| 4-2 - Comunidade Zooplânctônica..... | 31 |
| 4-2-1 - Composição, Ocorrência e Atributos da Comunidade | |
| 4-2-2 - Densidade da Comunidade | |
| 5 - Conclusões..... | 43 |
| 6 - Figuras e Tabelas..... | 44 |
| 7 - Anexo..... | 60 |

Capítulo 2. Distribuição vertical da comunidade zooplanctônica no período de seca, braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, Brasília - DF.

| | |
|---|-----------|
| 1 - Introdução..... | 62 |
| 1-1 - Objetivos..... | 63 |
| 2 - Materiais e Métodos..... | 64 |
| 2-1 - Amostragem..... | 64 |
| 2-2 - Variáveis Físicas, Químicas..... | 64 |
| 2-2-1 - Temperatura da Água | |
| 2-2-2 - pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido | |
| 2-3 - Zooplâncton..... | 65 |
| 2-3-1 - Coleta e Preservação | |
| 2-3-2 - Análise Qualitativa | |
| 2-3-3 - Análise Quantitativa | |
| 2-4 - Análise dos Dados..... | 66 |
| 2-4-1 – Densidade | |
| 2-4-2 - Riqueza (S), Diversidade (H'), Equitabilidade (J') e Similaridade | |
| 2-5 - Análise Estatística..... | 67 |
| 2-5-1 - Estatística Descritiva | |
| 2-5-2 - Comparação das Variáveis e da Comunidade | |
| 2-5-3 - Análise Integrada das Variáveis Bióticas e Abióticas | |
| 3 - Resultados..... | 69 |
| 3-1 - Variáveis Físicas e Químicas..... | 69 |
| 3-1-1 - Estrutura Térmica | |
| 3-1-2 – pH | |
| 3-1-3 - Condutividade Elétrica | |
| 3-1-4 - Oxigênio Dissolvido | |
| 3-2 - Comunidade Zooplanctônica..... | 71 |
| 3-2-1 – Composição | |
| 3-2-2 - Riqueza (S), Diversidade (H'), Equitabilidade (J') e Similaridade | |
| 3-2-3 - Densidade Total e dos Grupos | |
| 3-2-4 - Análise Integradas das Variáveis Bióticas e Abióticas | |

| | |
|---|------------|
| 4 - Discussão..... | 75 |
| 4-1 - O Ambiente Vertical do Zooplâncton..... | 75 |
| 4-2 - Estrutura vertical do Zooplâncton..... | 76 |
| 5 - Conclusões..... | 81 |
| 6 - Figuras e Tabelas..... | 82 |
| 7 - Anexo..... | 91 |
| Referências Bibliográficas..... | 92 |
| Pranchas de Fotos do Zooplâncton..... | 101 |

Resumo

A comunidade zooplanctônica do Lago Paranoá, Brasília (DF), foi estudada nos períodos de chuva e seca, em uma estação fixa situada no Braço do Riacho Fundo, região sul do lago. As coletas foram realizadas semanalmente nos meses de fevereiro e março de 2005 (período de chuva) e agosto e setembro de 2005 (período de seca). Foram coletadas amostras de água com garrafa de Van Dorn, a 1, 3, 6 e 9 metros de profundidade para a análise de condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido e a 1 metro para material em suspensão total (orgânico e inorgânico), clorofila *a* e nutrientes inorgânicos. Foram avaliadas também a precipitação pluviométrica, profundidade local, transparência e temperatura da água (perfil). As amostras para análise do zooplâncton foram coletadas com rede de plâncton de 68 μ m de abertura de malha, em arrasto vertical, a partir de 1 metro de profundidade até a superfície (210 litros filtrados no total) para a abordagem temporal e com garrafa de Van Dorn a 1, 3, 6 e 9 metros de profundidade, filtrando-se 30 litros (em cada profundidade) através de rede de plâncton de mesma abertura de malha, para a abordagem vertical. Os resultados obtidos mostraram uma nítida distinção entre os períodos de chuva e de seca, sendo observadas flutuações de curta duração na comunidade zooplanctônica e nas propriedades físicas e químicas. Foram observadas mudanças significativas na estrutura da comunidade e nas propriedades físicas, químicas e biológicas (clorofila *a*) em relação a estudos anteriores na mesma estação amostral, representando indícios de mudança na qualidade da água do local. Os Rotifera foram o grupo com maior número de táxons em ambos os períodos. Foi observado um predomínio numérico dos Copepoda (sobretudo náuplius) no período de chuvas e dos Rotifera no período seco, acarretando em dominância de zooplâncton de pequeno porte em ambos os períodos de estudo. Contudo a comunidade apresentou aumento expressivo da importância do zooplâncton de maior porte. Os predadores zooplanctônicos avaliados (larvas de *Chaoborus* sp. e *Mesostoma* sp.) foram registrados em baixas densidades, mas de forma freqüente, com provável influência na estrutura da comunidade zooplanctônica. A análise vertical da coluna de água revelou um sistema de intensa mistura, que acabou resultando em semelhança nos atributos da comunidade zooplanctônica entre as diferentes profundidades avaliadas. Para a maioria dos grupos zooplanctônicos foi observada uma distribuição homogênea de densidade entre as profundidades. A distribuição vertical dos Calanoida parece ser influenciada pelo grau de variação dos fatores abióticos, concentração de oxigênio dissolvido e disponibilidade de recurso alimentar. Os resultados obtidos indicaram que a distribuição vertical das espécies zooplanctônicas mostrou ser pouco representativa da variabilidade dos dados.

Abstract

The zooplankton community of Lake Paranoá, Brasília (DF), was studied in the periods of rain and drought, at a fixed station, situated in the Riacho Fundo branch, southern region of the lake. The sample collections were carried weekly through the months of February and March of 2005 (period of rain), and August and September of 2005 (period of drought). Water samples were collected with Van Dorn bottle in a depth distance of 1, 3, 6 and 9 meters, for the analysis of electric conductivity, pH and dissolved oxygen, and in a depth distance of 1 meter for total suspended solids (organic and inorganic), chlorophyll *a* and inorganic nutrients. The rainfall precipitation, local depth, transparency and temperature of the water were also evaluated (profile). The samples for zooplankton analysis were collected with a plankton net of 68 μm of mesh size, in vertical drag, in the depth of 1 meter up to the surface (210 liters filtered in total) for the secular approach, and with Van Dorn bottle, in a depth distance of 1, 3, 6 and 9 meters, filtering 30 liters (in each depth) through a plankton net of the same opening of mesh, for the vertical approach. The results obtained showed a clear distinction between the periods of rain and drought, where short-term fluctuations in the zooplankton community were observed, and in the physical and chemical properties, as well. Significant changes in the structure of the community, and physical, chemical and biological properties were observed when compared to the previous studies in the same sampling station, suggesting a change in the quality of the water at that place. Rotifera was the group with a higher number of taxa in both periods. A numerical predominance of the Copepoda (mostly the nauplii) was noticed in the raining period and of the Rotifera in the dry period, assuring the dominance of small-sized zooplankton in both periods of study. However, the community showed significant increase of the importance of large-sized zooplankton. The evaluated zooplankton predators (*Chaoborus* sp. Larvae and *Mesostoma* sp.) were observed in low densities, but consistently, having a likely influence upon the structure of the zooplankton community. The vertical analysis of the water column disclosed a system of intense mixture, which ended up resulting in similarity of the attributes of the zooplankton community between the different evaluated depths. For the majority of the zooplankton groups, a homogeneous density distribution between the depths was observed. The vertical distribution of the Calanoida seems to be influenced by the degree of variation of the abiotic factors, concentration of dissolved oxygen and availability of food resources. The results obtained indicated that the vertical distribution of the zooplankton species proved to be little representative of the data variability.

Capítulo 1

**Caracterização da Estrutura da Comunidade
Zooplanctônica e Qualidade da Água nos
Períodos de Seca e Chuva, Lago Paranoá,
Brasília – DF.**

Introdução

Os reservatórios são importantes ecossistemas lênticos artificiais, obtidos pelo barramento de um curso d'água (geralmente um rio), para a obtenção de benefícios tais como reserva de água para hidroeletricidade, irrigação, navegação, águas para abastecimento público, recreação e ornamentação (Esteves, 1998; Tundisi, 1999).

Estes ecossistemas aquáticos ocupam uma posição intermediária entre rios e lagos naturais em termos de morfologia, características hidrológicas, entrada e ciclagem de nutrientes (Espíndola et al., 2000). São extremamente dinâmicos, com constantes perturbações, mudanças nos mecanismos de funcionamento relativamente rápidas e gradientes horizontais e verticais de variáveis limnológicas como temperatura e concentração de nutrientes (Takahashi et al., 2005). Podendo ainda ter, segundo Tundisi (1999), grande variação hidrodinâmica (maior que em lagos naturais e menor que em rios). Outras alterações são geradas por tributários, que produzem gradientes espaciais e influenciam nas características físicas, químicas e biológicas da água (Matsumura-Tundisi & Tundisi, 2005).

Ecossistemas de reservatório estão sujeitos às intempéries do tempo. Fatores externos climáticos e hidrológicos interferem nos processos físicos, químicos e biológicos destes lagos, estando entre os mais importantes a precipitação e o vento (Mariani et al., 2006; Padovesi-Fonseca, 1997). Estas variáveis têm grande variação regional no Brasil, dificultando desta forma, generalizações teóricas que sejam válidas para outros ecossistemas semelhantes e fazendo-se assim necessário o estudo pormenorizado das características inerentes de cada reservatório, que responde de maneira individual às variáveis ambientais regionais. O funcionamento e ecologia

destes lagos artificiais estão relacionados ao clima regional, usos específicos, e atividades humanas.

De acordo com Tundisi (1999), as análises físicas, químicas e biológicas dos reservatórios, fornecem indícios das atividades humanas exercidas na bacia de drenagem. Como a maior parte destes reservatórios encontra-se em áreas urbanas, os efeitos do crescimento populacional são refletidos, sobretudo, nestes corpos d'água, que assimilam as conseqüências das atividades antrópicas de seu entorno. Uma das conseqüências mais marcantes relacionadas ao aumento da população humana é um grande lançamento de esgotos nos reservatórios (Straškraba & Tundisi, 2000).

Uma vez que os reservatórios abrigam diversas formas de vida, a avaliação de seus atributos intrínsecos deve levar em consideração não apenas fatores físicos e químicos, mas também aspectos sobre a biota constituinte destes importantes ecossistemas. Neste tocante, dos organismos que habitam os ambientes aquáticos, principalmente lagos e reservatórios, o zooplâncton ocupa papel de destaque. Para Esteves (1988), o estudo do zooplâncton é de suma importância para o entendimento da dinâmica dos ecossistemas aquáticos, já que o mesmo representa um elo de ligação entre os produtores primários e os consumidores.

A dinâmica das populações e a distribuição dos organismos planctônicos são conseqüências de interações complexas entre os fatores ambientais, as necessidades e tolerâncias de cada espécie e a competição interespecífica. Estudos sobre a estrutura e funcionamento das comunidades zooplanctônicas fornecem oportunidades para a investigação dos padrões de respostas às variações cíclicas e distúrbios episódicos que afetam a distribuição destas comunidades em reservatórios (Nogueira, 2001). Esta heterogeneidade freqüentemente observada na dispersão das comunidades é causada por interações entre os processos físicos e biológicos. Sendo tal variabilidade relacionada aos movimentos de massas de água e também à qualidade e quantidade de recursos trazidos dos tributários para o sistema.

A riqueza de espécies planctônicas de um reservatório relaciona-se ao seu estado trófico, heterogeneidade espacial das variáveis verticais e horizontais e a frequência e grau de mistura ou estratificação da coluna de água (Matsumura-Tundisi e Tundisi, 2005). Além de alterar a riqueza de espécies, o processo de eutrofização também modifica a estrutura da comunidade em outros atributos como abundância, dominância e equitatividade (Krienitz et al., 1996). Em geral, comunidades em ambientes poluídos ou desfavoráveis apresentam diversidade reduzida ou curva de espécie-abundância alterada (Odum, 1971; Starling, 2000).

Assim, como os organismos zooplanctônicos respondem de maneira rápida às propriedades do meio, estes organismos constituem-se importantes indicadores biológicos do grau de contaminação de um ambiente. Desta forma não somente a presença ou ausência, mas também a abundância de determinadas espécies, podem ser indicativos de distúrbios nos ecossistemas aquáticos. As comunidades planctônicas vivem sob influência direta de um ambiente físico e químico, refletindo intimamente alterações na qualidade da água (Leitão et al., 2006).

Segundo Tundisi (1999), ecossistemas de reservatório estão sujeitos a rápidas mudanças, efeitos de colonização e pulsos. Estas mudanças produzem uma completa reorganização do sistema, em pouco tempo (dias ou horas). Desta forma é de suma importância à escolha de intervalos e frequências de amostragem adequadas, que levem em consideração as rápidas alterações dos fatores físicos e químicos, bem como o ciclo de vida curto, as altas taxas de desenvolvimento e reprodução do plâncton (Twombly, 1983; Padovesi-Fonseca, 1997).

Neste tocante, o conhecimento das características limnológicas básicas existentes no reservatório e no funcionamento dos mecanismos do ecossistema, constitui uma importante ferramenta de gerenciamento, especialmente para a formulação de ações ecotecnológicas (Straškraba & Tundisi, 2000).

No Brasil há o predomínio de sistemas fluviais (Esteves, 1998), entretanto, os ecossistemas lênticos, notadamente os de reservatório, ganharam importância,

recebendo grande destaque no panorama geral dos recursos hídricos brasileiros. Hoje, estes ecossistemas são vistos de forma mais profunda e holística, sendo tratados como sistemas heterogêneos e compartimentalizados.

1-1 – Objetivos

O presente capítulo tem como objetivos:

- Analisar a estrutura da comunidade zooplanctônica nos períodos de seca e chuva;
- Verificar as relações entre as principais espécies zooplanctônicas e as variáveis físicas, químicas e biológicas (clorofila a);
- Verificar possíveis alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas em relação a estudos anteriores no mesmo ponto.

Material e Métodos

2-1 – Caracterização da Área de Estudo

O Lago Paranoá situa-se no Planalto Central Brasileiro na região urbana de Brasília, mais precisamente entre os paralelos 15° 48' S e 47° 47' W (figura 1). É considerado como um reservatório extenso e relativamente raso com uma área superficial de 37,5 km², profundidade máxima de 38 m e média de 12,4 m e um volume de 498,6 x106 m³. O clima da região é caracterizado como tropical de savana (Aw), de acordo com a classificação de Köppen, apresentando duas estações bem características: uma seca e fria correspondendo ao inverno (de maio a setembro) e outra quente e chuvosa (outubro a abril) no verão.

O reservatório foi formado em 1959 a partir do represamento do Rio Paranoá, com o intuito de fornecer energia elétrica auxiliar, promover recreação, prática de esportes, melhorar o clima da região, composição paisagística e servir como diluidor de efluentes das estações de tratamento de esgotos (Fonseca, 2001). Possui uma região central e quatro braços principais correspondentes aos antigos vales dos principais tributários: ao norte os braços do Bananal e Torto e ao sul o do Gama e o Riacho Fundo (figura 1).

O braço do Riacho Fundo é considerado como a região mais impactada do Lago Paranoá devido aos efluentes que recebe da Estação de Tratamento de Esgotos Sul, além da carga proveniente do tributário Riacho Fundo (Branco, 1991; Altafin et al., 1995). Este tributário é apontado como o mais afetado pela poluição e o que possui a pior qualidade de água entre eles, devido ao processo de assoreamento e as altas

concentrações de nitrogênio e fósforo, conseqüentes principalmente do crescimento urbano intenso em suas proximidades e ocupações irregulares na área de sua bacia (Fonseca & Netto, 2001). Esse braço possui uma área superficial de 4,6 km², volume total de 39,3 x10⁶ m³, profundidade máxima de 19 m e média de 8,6 m (Mattos et al., 1992).

A tabela 1 apresenta um resumo comparativo das características geológicas e morfométricas do Lago Paranoá e do braço do Riacho Fundo, Brasília, DF.

2-2 – Amostragem

As amostras foram coletadas semanalmente em dois meses do período de seca (agosto e setembro) e de chuva (fevereiro e março) durante o ano de 2005, no ponto central do braço do Riacho Fundo (15° 49' 81" S e 47° 53' 18" W), Lago Paranoá, DF (figura 1). As coletas foram realizadas sempre pela manhã entre 9:00 e 11:00 h.

2-3 – Variáveis Físicas, Químicas e Clorofila α

2-3-1 - Profundidade Local

A profundidade da estação de coleta (m) foi medida com auxílio de um cabo graduado de 10 em 10 cm, amarrado a um lastro de chumbo.

2-3-2 – Transparência da Água

Para a avaliação da transparência da água foi utilizado um disco de Secchi.

2-3-3 – Temperatura da Água

A medida da temperatura da água foi realizada por meio do aparelho YSI 30 (*Yellow Springs Instruments* modelo 30), precisão de 0,5°C, que possui um termistor acoplado a extremidade de um cabo de 15 metros. O perfil térmico foi feito de metro a

metro, da superfície até 10 metros de profundidade. Os perfis foram plotados com auxílio do programa Surfer.

2-3-4 – Material em Suspensão e Clorofila a

As amostras para a determinação do material em suspensão e da concentração de clorofila a, foram coletadas com garrafa de Van Dorn, a 1m de profundidade, e armazenadas em galões de 5 litros para posterior processamento em laboratório. Para a determinação de ambas as variáveis, foram filtrados de 500 ml a 1 l de água (dependendo da concentração observada em cada amostra coletada) em filtros millipore Schleicher & Schüll 0,45 µm de malha e 45 mm de diâmetro. Foi utilizado o método gravimétrico para a determinação do material em suspensão total, dado em mg/l, (Wetzel & Likens, 1991) e o método descrito em Golterman et al. (1978), com extração realizada por meio de acetona 90%, para a obtenção da concentração de clorofila a (µg/l).

2-3-5 – pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido

A coleta das amostras de água para a obtenção dos valores de pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, foi feita com o auxílio de garrafa de Van Dorn a 1 m de profundidade. Essas, por sua vez, foram acondicionadas em frascos de vidro com tampa esmerilhada. As amostras de oxigênio dissolvido foram devidamente fixadas em campo, para posterior análise no laboratório.

O pH e a condutividade elétrica (µS/cm) foram medidos em laboratório com um medidor de pH Micronal e um condutivímetro Digimed, devidamente calibrados. O oxigênio dissolvido (mg/l) foi determinado pelo método titulométrico de Winkler, descrito em Golterman et al. (1978). Os resultados obtidos foram expressos tanto em concentração como em porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido.

2-3-6 – Nutrientes Inorgânicos

Para a análise dos nutrientes inorgânicos (íon amônio, nitrito, nitrato, fósforo total e nitrogênio total) foram coletadas amostras de água a 1m de profundidade, com auxílio de garrafa de Van Dorn. Estas amostras foram armazenadas em recipientes de plástico laboratorial apropriado (cedidos pela CAESB - Companhia de Água e Esgotos de Brasília) e levadas ao laboratório de análise de qualidade de água da CAESB. Os resultados obtidos pela CAESB obedecem às técnicas preconizadas pelo “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” da AWWA (American Water Works Association), e são dados em mg/l. Para uma melhor comparação dos dados, estes foram transformados em µg/l.

2-3-7 – Precipitação Pluviométrica

Os valores brutos de precipitação pluviométrica foram fornecidos pela estação de tratamento de esgoto sul (ETE sul) da CAESB (15° 50' 29" S e 47° 54' 31" W) situada no braço do Riacho Fundo, região sul do Lago Paranoá.

2-4 – Zooplâncton

2-4-1 – Coleta e Preservação

Para a coleta do zooplâncton foram realizados três arrastes verticais a partir de 1m de profundidade, totalizando 210 l filtrados, com o auxílio de rede de plâncton de abertura de malha igual a 68 µm.

As amostras foram coradas com Rosa de Bengala, e em seguida preservadas em formaldeído glicosilado com uma concentração final de 4%.

2-4-2 – Análise Qualitativa

A identificação dos organismos foi realizada por meio de microscópio óptico invertido Zeiss modelo Telaval 31(aumento de até 1000x), com o auxílio de obras especializadas como Koste (1978); Brandorff et al. (1982); Matsumura-Tundisi (1983);

Reid (1985); Ruttner-Kolisko (1972); Elmoor-Loureiro (1997); Fernando (2002); Elmoor-Loureiro et al. (2004) e consulta a especialistas.

2-4-3 – Análise Quantitativa

Para a contagem dos organismos, foram utilizadas as recomendações descritas em Edmondson & Winberg (1971).

O volume de cada amostra foi medido em uma proveta graduada, e em seguida, esta foi homogeneizada para retirada de sub-amostras para a análise quantitativa do zooplâncton.

Para a contagem de rotíferos e náuplius foram retiradas sub-amostras, com o auxílio de uma pipeta não seletiva Stempel de capacidade de 1,0 ml, até completar 3,0 ml avaliado para cada amostra. As sub-amostras foram analisadas em câmara de contagem do tipo Sedwick-Rafter sob microscópio óptico invertido Zeiss.

A contagem de microcrustáceos foi realizada a partir de sub-amostras de 4,0 ml (não seletivas), analisadas em câmaras de contagem quadriculada do tipo Bogorov sob lupa estereoscópica com aumento de até 80x. As amostras foram contadas até a obtenção de no mínimo 100 indivíduos da espécie mais abundante (considerando todos os seus estágios de desenvolvimento) ou um total de 300 indivíduos ao final (Kurki et al. 1999).

As diferentes fases de desenvolvimento dos Copepoda foram contadas separadamente em cada amostra.

2-5 – Análise dos Dados

2-5-1 – Zona Eufótica

O cálculo da zona eufótica foi efetuado de acordo com Cole (1994). O valor da profundidade de desaparecimento do disco de Secchi foi multiplicado por 2,7 para a obtenção do valor da zona.

2-5-2 – Densidade Diária e Relativa

Foi calculada a densidade diária para cada taxa, estágio de desenvolvimento (Copepoda), grupo e comunidade total. Os valores de densidade diária de cada estágio de desenvolvimento dos Copepoda (náuplius, copepodito e adultos) foram somados para a obtenção da densidade total da espécie.

O valor de densidade foi obtido através da seguinte fórmula:

$$N^{\circ} \text{ org./l} = (mFC) / V_f;$$

m = número de organismos do taxa observados na contagem;

FC = v_t/v_c , onde: FC = fator de concentração; v_t = volume total da amostra em ml; v_c = volume contado (câmaras);

V_f = volume filtrado pela rede de coleta (em litros);

A densidade relativa de cada taxa e estágio de desenvolvimento (Copepoda) também foi calculada, dividindo-se a densidade do taxa ou estágio pela densidade total.

2-5-3 – Frequência de Ocorrência e Categorias de Classificação

A frequência de ocorrência das espécies (F) foi calculada e expressa em porcentagem, sendo posteriormente classificadas de acordo com o seguinte critério:

esporádicas: $F \leq 10\%$

pouco freqüentes: $10\% < F \leq 20\%$

freqüentes: $20\% < f \leq 50\%$

muito freqüentes: $F > 50\%$.

2-5-4 – Riqueza, Diversidade e Equitabilidade

A riqueza (S) de cada amostra analisada foi avaliada de acordo com o número total de taxa presentes.

A diversidade das comunidades foi estimada pelo índice de diversidade de Shannon-Wiener (H' , dado em bits/indivíduo), utilizando-se logaritmo na base neperiana.

A equitabilidade (J) foi calculada com base no índice proposto por Pielou.

2-6 – Análise Estatística

2-6-1 – Estatística Descritiva

Foi realizada a estatística descritiva das variáveis físicas, químicas e biológicas para ambos os períodos de estudo. Foram calculadas as médias, desvio padrão, valores máximos e mínimos e coeficiente de variação (CV, em %).

2-6-2 – Relação e Comparação das Variáveis

Foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar se as variáveis estudadas apresentavam ou não distribuição normal. Essa verificação foi realizada com o intuito de caracterizar a utilização da análise mais adequada aos dados.

A comparação das variáveis físicas, químicas e biológicas, além de atributos como densidade total e dos grupos, riqueza, diversidade e equitabilidade entre os períodos de chuva e seca foi realizada por meio do teste pareado não-paramétrico de Wilcoxon ($\alpha = 5\%$).

As análises citadas foram realizadas através do programa estatístico SPSS 10.0 (Statistical Package for Social Science) (Nie et al., 1981).

2-6-3 – Análise Exploratória das Variáveis Abióticas

Para a análise exploratória dos dados utilizou-se da Análise de Componentes Principais (ACP). As unidades amostrais de ambos os períodos foram ordenadas em função das variáveis abióticas, com os dados transformados por $\log(x+1)$. Esse processo de transformação dos dados foi utilizado com o intuito de minimizar possíveis distorções ocasionadas pelas diferenças nas escalas das inúmeras variáveis analisadas.

Para a análise foram utilizadas como descritores todas as variáveis abióticas avaliadas no estudo mais a clorofila *a*.

A Análise de Componentes Principais foi feita através do programa PCORD 4.0 – Multivariate Analysis of Ecological Data (McCure & Mefford, 1999).

2-6-4 – Análise Integrada das Variáveis Bióticas e Abióticas

A análise integrada das variáveis bióticas e abióticas foi realizada por meio de Análise de Correspondência Canônica (ACC).

As variáveis abióticas foram selecionadas a partir dos resultados da ACP, priorizando-se as variáveis não colineares e de maiores correlações. De acordo com estes requisitos, foram selecionadas as variáveis condutividade elétrica, temperatura, nitrato, íon amônio, fósforo total e clorofila *a*.

Para a parte biológica foram selecionadas apenas as espécies com densidade média igual ou maior a 1 ind./l em pelo menos um dos períodos avaliados. Os dados de densidade foram transformados por [raiz² de (x + 0,5)] com o intuito de amenizar o peso das espécies dominantes.

A Análise de Correspondência Canônica foi realizada por meio do programa PCORD 4.0 – Multivariate Analysis of Ecological Data (McCure & Mefford, 1999).

Resultados

3-1 - Variáveis Físicas e Químicas

A tabela I em anexo apresenta um resumo da estatística descritiva das variáveis físicas, químicas e biológicas avaliadas no período de chuva (fevereiro e março) e de seca (agosto e setembro) durante o ano de 2005, no Braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. Estão representados os valores de média, desvio padrão (S), coeficiente de variação (CV), mínimo e máximo para cada variável.

3-1-1 - Precipitação Pluviométrica

Durante o período de chuva foram registrados 32 dias de precipitação. Nesse período foi observado um total de 471,4 mm de precipitação, com um pico de 83,8 mm no dia 28 de fevereiro (figura 2).

Os meses de seca foram caracterizados por um período de início de estiagem, com alguns eventos de chuva (figura 2). Foram registrados apenas 6 dias de precipitação, sendo o mês de agosto responsável por apenas 1 destes dias. O primeiro registro de chuva ocorreu no dia 20 de agosto (25,4 mm), só voltando a acontecer no dia 21 de setembro (0,4 mm). A precipitação total no período foi de 78,9 mm, com um pico de 26,2 mm no dia 26 de setembro (figura 2).

3-1-2 - Transparência da Água e Zona Eufótica

Os valores de transparência da água foram relativamente próximos nos dois períodos de estudo (figura 3), não apresentando diferença significativa entre eles (teste de Wilcoxon, $p > 0,05$; tabela 2). A média de transparência observada no

período chuvoso foi de $1,6 \pm 0,5$ m, variando de 0,9 a 2,4 m (CV = 28%), enquanto que no seco foi de $1,7 \pm 0,4$ m, com variação de 1,1 a 2,1 m (CV = 22%) (figura 3).

Os valores de transparência registrados geraram uma variação de zona eufótica de 2,4 a 6,5 m, com valor médio de $4,3 \pm 1,2$ m na chuva e de 3,1 a 5,6 m, com média de $4,5 \pm 1,0$ na seca, não sendo observada diferença significativa entre os dois períodos (teste de Wilcoxon, $p > 0,05$; tabela 2). A zona eufótica não alcançou o fundo do lago em nenhuma oportunidade avaliada, atingindo um máximo de 60% da profundidade na chuva (dia 18/02) e de 47% na seca (dia 01/09) (figura 3).

3-1-3 - Estrutura Térmica

As figuras 4 e 5 mostram a estrutura térmica dos períodos de chuva e seca registrada no braço do Riacho Fundo.

As temperaturas observadas para o período chuvoso foram significativamente superiores as do período seco (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela2).

Os valores de temperatura no período de chuvas variaram de 25 a 29°C, com presença de microestratificações ao longo de quase todo o período. A diferença máxima de temperatura entre a superfície e o fundo de 2,2°C no dia 25 de fevereiro.

O período seco apresentou temperaturas relativamente mais baixas, variando de 20,9 a 26,3°C, com predomínio de perfis mais isotérmicos (até 6 m) e episódios de microestratificações principalmente na segunda metade do período. A máxima diferença encontrada entre a temperatura de superfície e fundo foi de 3,3°C no dia 22 de setembro.

Os perfis do período seco mostram um aumento das temperaturas no decorrer do período.

3-1-4 - Material em Suspensão

A flutuação temporal da concentração de material em suspensão total e sua composição (matéria orgânica e inorgânica) podem ser vistos na figura 6.

As médias de concentração de material em suspensão total foram bem semelhantes nos dois períodos de estudo, entretanto foi observada uma maior variação temporal no período seco (CV= 47%) em relação ao chuvoso (CV = 18%).

A concentração de material em suspensão total variou de 3,4 mg/l a 5,5 mg/l, com valor médio de $4,8 \pm 0,9$ mg/l no período de chuvas.

No período seco a variação na concentração de material em suspensão total foi mais acentuada, apresentando valores de 1,7 mg/l a 8,3 mg/l, com média anual de $4,7 \pm 2,2$ mg/l.

Não houve diferença significativa entre os dois períodos em relação a concentração de material em suspensão total (teste de Wilcoxon, $p > 0,05$; tabela2).

No período chuvoso a matéria inorgânica representou em média, mais de 60% do material em suspensão total. O valor médio de matéria orgânica no período foi de $1,7 \pm 0,32$ mg/l, enquanto o de matéria inorgânica foi de $3,0 \pm 0,7$ mg/l.

Na seca foi observado um predomínio inverso na composição do material em suspensão total, com a matéria orgânica representando em média mais de 70 % da composição total. A concentração média de matéria orgânica no período foi de $3,4 \pm 1,9$ mg/l e de inorgânica $1,3 \pm 1,0$ mg/l.

O teste de Wilcoxon revelou diferença significativa entre os dois períodos para a concentração de matéria orgânica em suspensão e matéria inorgânica em suspensão ($p < 0,05$; tabela 2).

3-1-5 - pH

O pH variou pouco em ambos os períodos (CV = 3%), apresentando valores muito próximos comparativamente (figura 7). O teste de Wilcoxon não revelou diferença significativa entre os dois períodos de estudo ($p > 0,05$; tabela 2).

No período de chuvas foi registrado valores de pH de 6,8 a 7,5, com média de $7,1 \pm 0,2$. O período seco mostrou uma variação semelhante, com valor de média igual a $7,2 \pm 0,2$, e mínimo e máximo de 7,0 e 7,6, respectivamente (figura 7).

3-1-6 - Condutividade Elétrica

A variação temporal da condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) é mostrada na figura 8.

O período chuvoso apresentou uma flutuação temporal baixa ($\text{CV} = 4\%$), variando de 94,6 a 105,8 $\mu\text{S/cm}$. O valor médio observado no período foi de $101,2 \pm 3,6 \mu\text{S/m}$.

No período seco não foram registrados valores de condutividade menores que 100 $\mu\text{S/m}$, com um valor máximo de 135 $\mu\text{S/cm}$ no dia 01/09. A média observada para o período foi de $121,4 \pm 10,4 \mu\text{S/cm}$, com coeficiente de variação igual 9%.

O teste de Wilcoxon revelou diferença significativa entre os períodos de seca e chuva para a variável condutividade elétrica ($p < 0,05$; tabela 2).

3-1-7 - Oxigênio Dissolvido

O valor médio de concentração de oxigênio dissolvido foi de $6,3 \pm 1,2 \text{ mg/l}$ no período chuvoso, com valores de 4,7 e 7,9 como mínimo e máximo, respectivamente. A flutuação temporal foi relativamente maior do que a observada no período seco, apresentando um coeficiente de variação igual a 19% (figura 9).

No período de chuva, foram observados valores de saturação de oxigênio acima de 100% nos dias 04/02 (105%), 11/02 (101%) e 18/02 (114%).

No período seco foram registrados valores relativamente maiores de concentração de oxigênio do que no período chuvoso, com concentrações variando de 6,2 a 8,6 mg/l (figura 9). A média observada no período foi de $7,5 \pm 0,8 \text{ mg/l}$, com coeficiente de variação em torno de 11%.

Foram observados valores sempre próximos a saturação total em todo o período seco, com exceção dos dias 09 e 29 de setembro que apresentaram valores de 86 e 84%, respectivamente. O maior valor de saturação de oxigênio observado foi no dia 01 de setembro, com 116%.

Apesar dos maiores valores de concentração de oxigênio observados na seca (figura 9), o teste de Wilcoxon não mostrou diferença significativa entre os dois períodos ($p > 0,05$; tabela 2).

3-1-8 – Nutrientes Inorgânicos

As variações temporais das concentrações de nitrato, nitrito, íon amônio, nitrogênio total e fósforo total estão representadas nas figuras 10, 11, 12, 13 e 14, respectivamente.

Em ambos os períodos avaliados, o íon amônio foi à forma nitrogenada dissolvida que apresentou as maiores concentrações ao longo de todo período, seguida pelo nitrato e por último o nitrito.

Em relação ao nitrato, foram observadas concentrações significativamente menores no período chuvoso (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela 2), com valores abaixo do mínimo de concentração registrado para o período seco. A média observada na chuva foi de $215,5 \pm 50,2 \mu\text{g/l}$ (CV = 23%), variando de concentrações de 110 a 282 $\mu\text{g/l}$. No período seco a concentração de nitrato variou de 328 a 743 $\mu\text{g/l}$, com um valor médio de $415 \pm 135 \mu\text{g/l}$ (CV = 33%).

A concentração de nitrito na chuva também apresentou valores significativamente inferiores ao do período seco (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela 2). Com exceção do valor máximo do período (58 $\mu\text{g/l}$), as concentrações de nitrito estiveram sempre abaixo de 32 $\mu\text{g/l}$. O valor médio registrado no período foi de $19,8 \pm 17,5 \mu\text{g/l}$, com coeficiente de variação igual a 89%. Em relação ao período seco, a média observada foi de $90,8 \pm 42,1 \mu\text{g/l}$ (CV = 46%), com concentrações variando de 44 a 183 $\mu\text{g/l}$. Na maior parte desse período os valores de concentração estiveram acima de 70 $\mu\text{g/l}$.

Ao contrário das outras formas nitrogenadas avaliadas, o íon amônio apresentou valores de concentração significativamente maiores no período de chuvas em relação ao seco (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela 2). As concentrações

observadas no período chuvoso foram sempre superiores a 2000 µg/l, variando de 2200 a 3700 µg/l. O valor médio para o período foi de $2837,5 \pm 625,5$ µg/l, com coeficiente de variação em torno de 22%. Para o período seco foram registrados valores de concentração de íon amônio de 948 a 2315 µg/l, com valor médio de $1623,6 \pm 402$ µg/l (CV = 25%).

O nitrogênio total mostrou a mesma tendência do íon amônio, apresentando concentrações significativamente maiores no período chuvoso (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela 2). Foram observados valores superiores a 2800 µg/l ao longo de todo período de chuvas. A média registrada para o período foi $3472,8 \pm 613,8$ µg/l, com um coeficiente de variação em torno de 18%. Na seca foram observados valores de nitrogênio total entre 2027 µg/l e 3577 µg/l, com valor médio de $2656,9 \pm 506,1$ (CV = 19%).

O fósforo total apresentou valores de concentração significativamente menores no período chuvoso se comparado ao seco (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela 2), com média de $18,5 \pm 6,8$ µg/l e $27,3 \pm 9,2$, respectivamente. A concentração de fósforo variou de 8 a 30 µg/l (CV = 37%) na chuva e de 16 a 41 µg/l (CV = 34%) na seca.

3-1-9 – Análise Exploratória das Variáveis Abióticas

A figura 15 e a tabela 3 representam os resultados da ordenação das unidades amostrais dos períodos de seca e chuva em função das variáveis abióticas avaliadas no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF, através da Análise de Componentes Principais (ACP). A tabela 3 traz um resumo das correlações entre as variáveis abióticas e os dois primeiros eixos de ordenação. Apesar de não ser considerada uma variável abiótica os dados de clorofila *a* foram incluídos na análise.

Os dois primeiros eixos da ACP explicaram 61,9% da variabilidade dos dados, com 44,2% relativos ao eixo 1 e 17,7% ao eixo 2.

No eixo 1 da ACP observa-se que as amostras se ordenaram em função da variabilidade temporal, apresentando uma nítida separação entre as amostras da chuva e da seca. No lado positivo do eixo concentraram-se as amostras relativas ao período seco, que estão relacionadas a maiores valores de concentração de clorofila *a* ($r = 0,909$), condutividade elétrica ($r = 0,830$), nitrito ($r = 0,820$), nitrato ($r = 0,754$), material orgânico em suspensão ($r = 0,599$) e fósforo total ($r = 0,599$).

Em oposição, projetaram-se negativamente no eixo 1 as amostras relacionadas ao período chuvoso, onde as variáveis com maiores coeficientes de variação foram íon amônio ($r = -0,901$), material inorgânico em suspensão ($r = -0,769$), nitrogênio total ($r = -0,736$) e temperatura da água ($r = -0,615$).

Em relação ao eixo 2, a variável de maior correlação foi o material em suspensão total ($r = -0,971$), associada a parte negativa do eixo. Desta forma, as unidades amostrais se ordenam num gradiente de quantidade de material em suspensão total, onde as amostras com menores concentrações se posicionaram na parte positiva do eixo, como as de 13 e 18 de agosto, e as amostras com maiores concentrações ficaram na parte negativa do eixo, como as de 22 e 29 de setembro.

3-2 - Variáveis biológicas

3-2-1 – Clorofila *a*

A concentração de clorofila *a* foi inferior a 4,5 µg/l em todo período chuvoso, apresentando um valor médio de $2,9 \pm 0,9$ µg/l (CV = 32%). As concentrações na chuva variaram de 1,5 a 4,2 µg/l (figura 16).

Os valores de clorofila *a* registrados na seca foram significativamente superiores aos encontrados no período de chuvas (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela 2), apresentando um valor médio de $10,6 \pm 3,8$ µg/l (CV = 36%). Em geral, a concentração de clorofila *a* esteve acima de 10µg/l em todo o período, com exceção

dos dias 13 e 18 de agosto (4,9 e 4,5 µg/l, respectivamente). O valor mínimo encontrado foi de 4,5 µg/l e o máximo 14,2 µg/l (figura 16).

3-2-2 - Zooplâncton

3-2-2-1 - Composição e Freqüência de Ocorrência

A tabela 4 apresenta as freqüências de ocorrência e as densidades médias dos táxons zooplanctônicos identificados nos períodos de chuva e seca, no braço do Riacho Fundo. Encontram-se destacadas também, as espécies registradas pela primeira vez nesse ponto e as que reapareceram depois de vários anos sem observação.

No período de estudo foi encontrado um total de 31 táxons no período chuvoso e 33 no seco, pertencentes aos grupos Rotifera, Cladocera, Copepoda, larvas de Diptera (*Chaoborus* sp.) e Turbellaria (*Mesostoma* sp.), os dois últimos sendo enquadrados no grupo dos predadores (tabela 4).

No período de chuvas o grupo dos Rotifera apresentou o maior número de táxons, 18 (58%), seguido pelos Cladocera com 9 (29%), Copepoda e predadores com 2 táxons cada um (6,5%). Essa mesma ordem de importância pode ser observada no período seco, com os Rotifera apresentando 19 táxons (58%), os Cladocera 10 (30%) e Copepoda e predadores 2 cada (6,0%).

Ao longo dos dois períodos, os rotíferos apresentaram um maior número de táxons, seguidos pelos cladóceros e por último os copépodos que se mantiveram constantes em todo o ano, com 2 táxons (figura 17).

Com relação à freqüência de ocorrência, o período de chuvas apresentou 1 táxon (3%) classificado como pouco freqüente, 11 como freqüentes (36%) e 19 como muito freqüentes (61%). Os táxons mais freqüentes no período foram: *Brachionus dolabratus dolabratus*, *Collotheca ornata*, *Conochilus unicornis*, *Keratella americana*, *K. tropica*, *Bosmina hagmanni*, *Ceriodaphnia cornuta rigaudii*, *C. silvestrii*,

Diaphanosoma birgei, *D. spinulosum*, *Notodiaptomus cearensis* e *Thermocyclops decipiens*, que estiveram presentes em mais de 85% das amostras analisadas (tabela 4). As espécies *Ascomorpha saltans*, *Collotheca cf. ambigua*, *Conochilus dossuarius* e *Filina opoliensis*, foram registradas apenas no período chuvoso (tabela 4).

O período seco apresentou 1 táxon (3%) como pouco freqüente, 8 como freqüentes (24%) e 24 como muito freqüentes (73%). Os táxons com maior percentual de ocorrência no período foram: *Ascomorpha ecaudis*, *Brachionus calyciflorus*, *Conochilus unicornis*, *Keratella americana*, *K. cochlearis*, *K. cochlearis. var. tecta*, *K. lenzi*, *K. tropica*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca chattoni*, *Bosmina hagmanni*, *B. freyi*, *Ceriodaphnia cornuta cornuta*, *C. cornuta rigaudii*, *C. silvestrii*, *Diaphanosoma birgei*, *D. spinulosum*, *Notodiaptomus cearensis* e *Thermocyclops decipiens*, todos presentes em mais de 85% das amostras analisadas (tabela 4). Os táxons *Asplanchna sp.*, *Brachionus calyciflorus*, *Keratella lenzi*, *Polyarthra vulgaris*, *P. vulgaris f. proloba* e *Daphnia gessneri*, foram encontradas apenas nas amostras do período seco (tabela 4).

3-2-2-2 – Riqueza (S), Diversidade (H') e Equitabilidade (J')

A figura 18 representa a variação temporal da riqueza e dos índices de diversidade e equitabilidade nos períodos de chuva e seca, no braço do Riacho Fundo.

Dos três atributos da comunidade estudados, apenas a riqueza mostrou diferença significativa entre os dois períodos (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela 2).

A riqueza média encontrada no período chuvoso foi de 20 táxons, variando de 18 a 23 táxons (CV = 8%). No período seco a riqueza variou de 23 a 27 táxons, com valor médio de 25 (CV = 7%).

Em relação ao índice de diversidade de Shannon, o período de chuvas apresentou valor médio de 2,26 bits/ind., com flutuação temporal de 9%. Os valores de diversidade variaram de 1,87 a 2,45 bits/ind. No período de seca foram registrados valores ligeiramente superiores aos encontrados na chuva, mas não foi encontrada

diferença significativa entre os dois períodos (teste de Wilcoxon, $p > 0,05$; tabela 2). A média para o período foi de 2,44 bits/ind (CV = 9%), com valores de 1,99 a 2,66 bits/ind. A equitabilidade apresentou valores muito próximos nos dois períodos, com valor médio de 0,75 e 0,76 para chuva e seca, respectivamente. Para ambos os períodos os valores de equitabilidade estiveram na faixa de 0,63 a 0,83.

3-2-2-3 – Densidade Total e dos Grupos

Os valores de densidade total para o período de chuva foram significativamente inferiores aos registrados para a seca (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela 2). O valor máximo encontrado na chuva (117,5 ind./l) não atingiu nem o mínimo registrado na seca, que foi de 125,5 ind./l (figura 19). A média no período de chuvas foi de $76,8 \pm 33,7$ ind./l (CV = 44%) e no seco de $248,1 \pm 84,8$ ind./l (CV = 34%).

No período de chuvas foi registrada uma contribuição de 43,2% pelos Copepoda, seguido pelos Rotifera com 31,2%, Cladocera com 24,4% e predadores com 1,2%, já no período seco a dominância foi dos Rotifera com 51,7%, seguido pelos Copepoda com 24,9%, Cladocera com 23,1% e predadores com 0,3%.

As espécies com maior densidade relativa no período de chuva foram: *Notodiaptomus cearensis* (23%), *Thermocyclops decipiens* (20%), *Ceriodaphnia silvestrii* (12%) e *Conochilus unicornis* (9%), e no período seco foram: *Thermocyclops decipiens* (15%), *Keratella cochlearis* (11%), *Notodiaptomus cearensis* (10%) e *Conochilus unicornis* (9%).

A densidade total do grupo Rotifera apresentou valores significativamente maiores no período seco em relação ao chuvoso (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela 1). O valor médio encontrado na chuva foi de $24 \pm 10,9$ ind./l (CV = 45%), variando de 9 a 35,4 ind./l e na seca foi de $128,2 \pm 48,2$ ind./l, com mínimo e máximo de 61,3 e 186,5 ind./l (CV = 38%), respectivamente (figura 19).

As espécies com maior contribuição relativa dentro do grupo foram: *Conochilus unicornis* (28%), *Keratella americana* (14%) e *Brachionus dolabratus dolabratus* (12%)

na chuva e *Keratella cochlearis* (20%), *Conochilus unicornis* (18%), *Polyarthra vulgaris* (17%) e *Keratella americana* (15%) no período seco.

Apesar dos maiores valores de densidade total de Copepoda observados no período seco, não foi observada diferença significativa entre os dois períodos de estudo (teste de Wilcoxon, $p > 0,05$; tabela 2). A média encontrada para o período chuvoso foi de $33,2 \pm 13,2$ ind/l (CV = 40%), variando de 10,3 a 51,4 ind/l, enquanto que no seco foi de $61,9 \pm 23$ ind/l com mínimo e máximo de 18,3 e 87,7 (CV = 37%), respectivamente (figura 19).

Na chuva a espécie *Thermocyclops decipiens* representou 47% da composição do grupo contra 53% da espécie *Notodiaptomus cearensis*, enquanto que no período seco o *Thermocyclops decipiens* representou 59% contra 41% do *Notodiaptomus cearensis*.

Os valores de densidade de *Thermocyclops decipiens* apresentaram-se significativamente superiores no período seco em relação ao chuvoso (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$; tabela2). Mesmo com maiores valores de densidade no período seco, o teste de Wilcoxon não mostrou diferença significativa em relação a densidade de *Notodiaptomus cearensis* entre os períodos de chuva e seca ($p > 0,05$; tabela 2).

No que diz respeito à composição das populações de Copepoda em relação às diferentes fases de desenvolvimento (instares), a população total de *Thermocyclops decipiens* apresentou a seguinte composição temporal: 45% de náuplius, 36% de copepoditos I – II, 13% de copepoditos III – IV e 6% de adultos para o período chuvoso e 58% de náuplius, 25% de copepoditos I – II, 10,5% de copepoditos III – IV e 6,5% de adultos no período seco. Para a população de *Notodiaptomus cearensis* foram encontrados os seguintes valores: 25% de náuplius, 24% de copepoditos I – II, 32% de copepoditos III – IV e 19% de adultos para a chuva e 40% de náuplius, 23% de copepoditos I – II, 17% de copepoditos III – IV e 20% de adultos para a seca.

As figuras 20 e 21 apresentam a variação temporal nos períodos de chuva e seca, do percentual de contribuição de cada fase de desenvolvimento das populações de *Thermocyclops decipiens* e *Notodiaptomus cearensis*, respectivamente.

O grupo dos Cladocera apresentou uma densidade média de $18,7 \pm 15,6$ ind/l (CV = 83%), com mínimo de 1,3 e máximo de 47,8 ind/l no período de chuvas. Os valores de densidade registrados na seca variaram de 8,1 a 99,4 ind/l, com valor médio de $57,4 \pm 35,7$ ind/l (CV = 62%) (figura 19). O teste de Wilcoxon revelou diferença significativa entre os valores de densidade de Cladocera entre os dois períodos ($p < 0,05$; tabela 2).

As espécies com maior contribuição relativa dentro do grupo foram: *Ceriodaphnia silvestrii* (49%) e *Diaphanosoma spinulosum* (21%) no período chuvoso e *Bosmina hagmanni* (33%) e *Ceriodaphnia silvestrii* (29%) na seca.

O valor médio para o grupo dos predadores foi muito baixo em ambos os períodos avaliados, com $0,9 \pm 1,4$ ind/l (CV = 144%) na chuva e $0,7 \pm 1,3$ na seca (figura 19).

No período chuvoso houve registro de predadores em 62% das amostras, onde as larvas de Diptera (*Chaoborus sp.*) foram responsáveis por 28% da composição do grupo, enquanto o *Mesostoma sp.* (Turbellaria) ficou com 72%. No período seco os predadores foram registrados com menor frequência (25%), com uma composição de 33% de *Chaoborus sp.* e 67% de *Mesostoma sp.*

O teste de Wilcoxon não mostrou diferença significativa entre os dois períodos em relação a densidade de predadores ($p > 0,05$; tabela 2).

3-2-2-4 – Análise Integrada das Variáveis Bióticas e Abióticas

Os resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) entre as variáveis ambientais selecionadas e as espécies descritoras estão representados na figura 22 e tabela 5.

De acordo com o teste de Monte Carlo, usando 999 permutações, apenas as ordenações relativas ao eixo 1 foram estatisticamente significativas ($p < 0,01$). Os dois primeiros eixos da ACC representaram 45,2% da variabilidade dos dados, sendo 36% relativos ao eixo 1 e 9,2% ao eixo 2.

Os resultados observados no eixo 1 da ACC mostraram uma nítida separação entre os períodos em função das características físicas, químicas e biológicas, com as amostras relativas ao período chuvoso posicionadas do lado positivo do eixo e as do período seco no lado negativo.

As variáveis abióticas de maior correlação com a parte positiva do eixo 1 foram íon amônio ($r = 0,716$) e temperatura ($r = 0,616$) e na parte negativa a clorofila *a* ($r = -0,947$), condutividade elétrica ($r = -0,914$), nitrato ($r = -0,733$) e fósforo total ($-0,629$). As espécies mais correlacionadas com a parte positiva foram *Brachionus dolabratus dolabratus* ($r = 0,788$) e *Conochilus dossuarius* ($r = 0,538$) e na parte negativa destacaram-se principalmente as espécies *Keratella cochlearis* ($r = -0,929$), *Bosmina hagemanni* ($r = -0,908$), *Keratella cochlearis* var. *tecta* ($r = -0,865$) e *Ascomorpha* cf. *eucadis* ($r = -0,819$).

No eixo 2 da ACC, além dos resultados encontrados não terem sido estatisticamente significantes, foram observados valores de correlação muito baixos para serem considerados.

Discussão

4-1 – Aspectos Relevantes no Ambiente do Zooplâncton

De uma forma geral, os resultados obtidos no presente trabalho mostraram diferenças limnológicas importantes entre os períodos de estudo, apresentando uma variação temporal ambiental que parece estar sendo regida pelo clima regional.

Os dados de precipitação e temperatura apresentaram diferenças marcantes entre os períodos de estudo, o que era esperado já que esse trabalho foi concentrado nos meses onde as características típicas do clima da região do Distrito Federal (tropical de savana, segundo classificação de Köppen) são mais pronunciadas.

O maior volume e frequência de precipitação no período chuvoso e o episódio de estiagem quase total nos meses de seca, parecem ter gerado uma diferença de estabilidade no sistema em relação aos dois períodos. Essa diferença não foi tão marcante em relação à estrutura da coluna d'água, mas afetou profundamente a variação temporal das propriedades como um todo.

Foram registrados valores superiores de temperatura da água no período chuvoso como resultado de características climáticas da região. Perfis mais homogêneos de temperatura no lago foram intercalados com episódios de microestratificações em ambos os períodos avaliados. Essa mesma tendência foi observada por Pereira (2001), Padovesi-Fonseca et al. (2002) e Philomeno (2003) para o mesmo ponto do lago.

Os resultados obtidos evidenciaram diferenças significativas entre os períodos de chuva e seca, com uma grande parcela da variabilidade do sistema sendo atribuída a esta diferenciação.

A biomassa algal, a densidade zooplanctônica e o aporte de material alóctone podem influenciar na diminuição da transparência da água e conseqüentemente na redução da profundidade da zona eufótica de um corpo d' água. O predomínio de um ou de outro desses componentes depende das características limnológicas do ambiente em questão.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram valores de transparência e profundidade de zona eufótica semelhantes em ambos os períodos, que podem estar relacionados a um processo de equilíbrio em relação aos principais componentes que interferem na penetração da luz na coluna d' água.

No período chuvoso foram observados valores de material inorgânico em suspensão significativamente superiores aos do período seco, mas ao mesmo tempo menores valores de material orgânico, clorofila *a* e densidade zooplanctônica. A maior freqüência e volume de pulsos de entrada de água no período chuvoso parecem ter acarretado uma maior entrada de material alóctone nesse período, entretanto esses mesmos pulsos acabaram contribuindo para a redução da biomassa algal e zooplanctônica por meio de um efeito diluidor e de próprio arraste dos organismos. No Lago Paranoá, tem sido observada uma manobra operacional de abertura de comportas que antecede o período de chuvas e que diminui expressivamente o tempo de residência do reservatório nesse período. É provável que essa manipulação tenha contribuído também, e de forma importante para o processo descrito.

No período de seca parece ter ocorrido o processo inverso, onde a redução desses pulsos de entrada contribuiu para uma menor entrada de material alóctone, mas ao mesmo tempo permitiu que houvesse uma maior concentração de biomassa algal e organismos zooplanctônicos. Fato este que pode ser corroborado pelos menores valores de material inorgânico em suspensão e maiores concentrações de material orgânico em suspensão, clorofila *a* e densidade zooplanctônica visualizadas nesse período.

Os valores de transparência da água e conseqüentemente de profundidade da zona eufótica apresentaram-se superiores aos registrados em estudos anteriores no mesmo ponto do Lago (Pereira, 2001; Philomeno, 2003), em ambos os períodos de estudo, fato este que pode constituir em indicação de melhoria na qualidade da água.

Apesar das diferenças significativas entre os períodos em relação a componentes que poderiam estar influenciando nos valores de pH (biomassa algal, por exemplo), foram registrados valores semelhantes e dentro de uma faixa praticamente neutra nos dois períodos de estudo. Trabalhos têm relacionado elevação de pH a aumento de biomassa algal (e.g., Branco & Senna, 1996; Devetter, 1998), em conseqüência da maior produtividade primária que aumenta a absorção de CO₂ da água e altera o equilíbrio dos íons H⁺ e OH⁻, aumentando o valor do pH no meio. Entretanto os valores de biomassa algal (clorofila *a*) observados no presente estudo foram muito baixos em ambos os períodos, não sendo suficientes para gerar uma elevação e diferenciação significativa dos valores de pH, mesmo com as concentrações significativamente superiores de clorofila *a* observadas no período de seca.

Existe uma relação direta entre os teores de oxigênio dissolvido e o metabolismo dos ecossistemas aquáticos (Von Sperling, 1996). As concentrações desse gás relacionam-se principalmente à fotossíntese, respiração dos organismos, decomposição de matéria orgânica, taxas de troca com a superfície, temperatura, condições de mistura do reservatório, entre outros eventos.

Apesar de não ter sido observada diferença significativa entre os períodos, valores de oxigênio ligeiramente superiores foram registrados no período de seca. Com base nos resultados obtidos no presente estudo, é provável que este fato esteja relacionado com a maior circulação da coluna d' água observada, principalmente nas camadas superiores, nesse período.

De uma forma geral, os valores de oxigênio dissolvido apresentaram-se sempre próximos a saturação, sendo registrados em vários dias, principalmente na

seca, episódios de supersaturação. Para ambos os períodos, é provável que valores menores de saturação estejam relacionados a menor concentração de oxigênio e não a maiores temperaturas, uma vez que não foi observada relação inversa entre temperatura e porcentagem de saturação.

Os valores de condutividade elétrica mostraram-se bem superiores aos encontrados por Pereira (2001) e Philomeno (2003) para ambos os períodos de estudo. Güntzel (2000) associou altos valores de condutividade elétrica a maiores concentrações de nutrientes, resultado de uma maior concentração de íons dissolvidos na água. Esse aumento observado nos valores de condutividade elétrica pode estar associado, principalmente, às elevadas concentrações de íon amônio observadas em ambos os períodos. Valores significativamente superiores foram observados no período de seca, provavelmente relacionados a uma possível maior concentração de íons dissolvidos, proporcionada pelo menor volume de água e elevado tempo de residência característicos desse período. Essa relação foi também apontada por Soares (2003) no reservatório de Barra Bonita (SP).

Em relação aos nutrientes inorgânicos dissolvidos, concentrações significativamente superiores de nitrato, nitrito e fósforo total foram observadas para o período de seca. Sendacz et al. (2006) e Rodgher et al. (2005) atribuíram a diminuição na concentração de nutrientes na época de chuvas a um processo de diluição gerado pelo maior volume de água observado no período. É provável que no reservatório do Paranoá esse processo seja ainda intensificado pela manobra de abertura de comportas que antecede o período chuvoso, e que acaba diluindo ou “lavando” os nutrientes nessa época. De uma forma geral, os valores encontrados assemelham-se a de outros reservatórios considerados mesotróficos (Lucinda et al., 2004; Guarino et al., 2005; Bonecker et al., 2007).

Ao contrário dos outros nutrientes, íon amônio e nitrogênio total apresentaram concentrações significativamente superiores no período de chuvas. Os valores registrados podem ser considerados extremamente elevados, e de acordo com o

parecer técnico da CAESB o íon amônio apresentou não conformidade com o valor estabelecido pela Portaria n° 518 do Ministério da Saúde (Norma de qualidade da água para consumo humano) em todo o período de estudo. O expressivo aumento nas concentrações de nitrogênio total observadas na chuva é provavelmente uma consequência dos maiores valores de íon amônio observados nesse período.

No período seco foram observadas concentrações de clorofila *a* significativamente superiores aos da chuva. É provável que uma das explicações para este fato esteja associada às maiores concentrações de nitrato e fósforo observadas no período seco, já que estes nutrientes são apontados como os principais fatores limitantes da produção primária (Esteves, 1998; Straškraba & Tunsisi, 2000). Outros fatores que provavelmente contribuíram para esta tendência são os efeitos de diluição e arraste de indivíduos característicos do período chuvoso.

De uma forma geral, os valores de clorofila *a* registrados apresentaram uma queda em relação aos estudos anteriores realizados no braço do Riacho Fundo (Branco, 1991; Pereira, 2001; Philomeno, 2003), assemelhando-se a valores encontrados em reservatórios de menor grau de trofia (Starling, 2000; Ribeiro et al. 2005). Esse resultado pode representar evidência de uma possível melhoria na qualidade da água do local.

Foram observadas flutuações temporais expressivas para a maioria das variáveis avaliadas, revelando a existência de importantes variações de curta duração nas propriedades físicas, químicas e biológicas (clorofila *a*) do sistema. Resultados semelhantes foram observados também no Lago Paranoá por Pereira (2001) e Mendonça-Galvão (2005).

Os resultados obtidos na análise de componentes principais evidenciaram uma nítida separação entre os períodos de chuva e seca, corroborando com todas as diferenças encontradas e ressaltando a importante influência da sazonalidade no funcionamento do ecossistema em questão.

4-2 – Comunidade Zooplanctônica

4-2-1 - Composição, Ocorrência e Atributos da Comunidade

Estudos sobre a comunidade zooplanctônica no Lago Paranoá tiveram início em 1965 com o trabalho pioneiro de Oliveira & Krau (1970). Desde então vários estudos têm contribuído para o conhecimento dos aspectos ecológicos dessa comunidade. Entretanto, relativamente poucos estudos com ênfase na comunidade zooplanctônica foram realizados no braço do Riacho Fundo, mesmo essa região sendo considerada por vários autores (Branco, 1991; Altafin et al., 1995; Fonseca & Netto, 2001; Pereira, 2001; Padovesi-Fonseca et al., 2002) a mais impactada do Lago.

No presente estudo, a comunidade zooplanctônica encontrada nos períodos de chuva e seca diferiu bastante da comunidade descrita em estudos anteriores realizados no mesmo ponto (Branco, 1991; Pereira, 2001). Houve o aparecimento de espécies ainda não registradas e retorno de outras após vários anos sem observação. Esses dois fatos salientados podem constituir indicações de mudanças na qualidade da água.

De acordo com Ravera (1996), alterações na comunidade zooplanctônica são decorrentes da seleção ambiental e da adaptação das espécies a esse ambiente, onde episódios de modificações do meio produzem uma considerável mudança na comunidade, com eliminação de algumas espécies e ocupação dos novos nichos por espécies imigrantes.

Em levantamento feito por Rocha et al. (1995) em lagos e represas brasileiras verificou-se que o número de táxons zooplanctônicos encontrados nesses ambientes variou de 14 a 81, com os Rotifera sendo apontados como grupo dominante do zooplâncton, tanto em riqueza quanto em densidade numérica.

O número de táxons zooplanctônicos registrados no presente trabalho se enquadra no intervalo encontrado por Rocha et al. (1995). Foram registrados 29

táxons no período chuvoso e 31 no período de seca, com os Rotifera sendo o grupo com maior número de táxons ao longo de ambos os períodos de estudo, seguidos por Cladocera e Copepoda.

Vários outros estudos em reservatórios tropicais brasileiros têm observado esse predomínio do grupo Rotifera na composição da comunidade zooplanctônica (Nogueira & Matsumura-Tundisi, 1996; Padovesi-Fonseca, 1997; Matsumura-Tundisi, 1999; Espíndola et al., 2000; Nogueira 2001; Sampaio et al. 2002; Mozzer, 2003; Sendacz et al., 2006), com destaque para os estudos mais recentes no próprio reservatório do Paranoá (Starling, 2000; Pereira, 2001; Mendonça-Galvão, 2001 e Mendonça-Galvão, 2005).

Os rotíferos possuem de uma forma geral, corpos relativamente pequenos, ciclo de vida curto e taxas reprodutivas elevadas (Stelzer, 2005), características essas que os enquadram como organismos r-estrategistas, capazes de se adaptar rapidamente a ambientes instáveis e altamente dinâmicos. Essa estratégia de vida é apontada por Matsumura-Tundisi et al. (1990) e por Matsumura-Tundisi (1999) como possível causa de sua dominância em ambientes de reservatório.

Em relação à frequência de ocorrência dos táxons zooplanctônicos foi observada diferença entre os dois períodos de estudo, com um maior número de espécies apresentando diminuição em suas frequências no período de chuvas. A maior quantidade e frequência de pulsos de entrada de água no período chuvoso, via precipitação e descarga do tributário, além do processo de abertura de comportas que antecede o período, acabam gerando um efeito de diluição e também de próprio arraste dos organismos. Estes fatores somados acarretam em perda de organismos, o que poderia explicar a diminuição na frequência de ocorrência das espécies nesse período.

Uma segunda diferença observada entre os períodos de chuva e de seca foi em relação à composição taxonômica da comunidade zooplanctônica, com o registro de 10 espécies não comuns aos dois períodos. Segundo Nogueira (2001), no período

de chuvas, além das conseqüências físicas, o zooplâncton pode também ser afetado indiretamente por meio das mudanças causadas na comunidade fitoplanctônica e nas condições químicas do ambiente. Desta forma, como efeito dessas mudanças, novas condições ambientais são geradas podendo causar a eliminação de algumas espécies menos adaptadas e o estabelecimento de outras.

Foram observadas flutuações temporais muito baixas para os atributos riqueza, diversidade e equitabilidade em ambos os períodos de estudo. Dos três atributos citados, apenas a riqueza apresentou diferença significativa entre os períodos, com um maior número de táxons sendo registrado ao longo de todo o período de seca. Esse fato parece estar associado aos efeitos já citados (arraste e diluição), característicos do período chuvoso, que acabam resultando na perda de organismos e representando um enorme “estresse” sobre a comunidade zooplanctônica.

Os valores de diversidade encontrados foram bem superiores aos registrados por Branco (1991) e Pereira (2001) para o mesmo ponto do lago, fato este que pode constituir em mais um indicativo de melhoria na qualidade da água do local. Vários trabalhos têm observado aumento nos valores de diversidade após redução no estado trófico do ecossistema (e.g., Makarewicz et al., 1998; Mendonça-Galvão, 2005).

4-2-2 - Densidade da Comunidade

A comunidade zooplanctônica do braço do Riacho Fundo apresentou um padrão de desenvolvimento marcado pela sazonalidade, com aumento significativo de densidade no período de seca. Sendacz et al. (2006) observaram essa mesma tendência em estudo realizado no reservatório de Guarapiranga (bacia hidrográfica do Alto Tietê, SP) e associou os menores valores de densidade no período de chuvas a uma diminuição na concentração de nutrientes resultado da diluição pela água superficial. Segundo Talamoni (1995), o impacto das chuvas sobre o ambiente afeta as comunidades não apenas pelo efeito diluidor, mas também pelas mudanças nas condições físicas, químicas e biológicas do meio.

Maiores valores de densidade zooplanctônica no período de seca também foram observados por Nogueira & Matsumura-Tundisi (1996) e Panarelli et al. (2003), em diferentes reservatórios brasileiros.

No presente estudo, essa diferença de densidade observada entre os períodos parece estar associada mais diretamente a fatores como precipitação e disponibilidade alimentar (quantidade e qualidade) do que à própria concentração de nutrientes.

O maior volume e frequência de precipitação no período chuvoso parece ter ocasionado uma resposta de perda de organismos, por meio de um efeito de diluição e também de arraste de indivíduos, que apresentou um tempo de atraso em relação à ocorrência de precipitação (registro) e a conseqüente perda de organismos. Este fato pode ser talvez explicado, pela posição, à montante do ponto de coleta, da estação de tratamento de esgoto sul (ETE sul) da CAESB, que forneceu os dados brutos de precipitação pluviométrica.

Mendonça-Galvão (2001) ressaltou também a possível influência da manobra operacional de abertura de comportas realizada no reservatório do Paranoá (que antecede o período de chuvas) na diminuição dos valores de densidade zooplanctônica no período de chuvas. A autora atribuiu a diminuição não apenas ao aspecto de remoção de indivíduos, mas também pela grande instabilidade causada por essa manipulação externa ao sistema. Matsumura-Tundisi & Tundisi (2003) apontam como uma das principais funções de força em reservatórios o mecanismo operacional das represas, que muda o tempo de residência do sistema. Leitão et al. (2006) em trabalho realizado em reservatórios do nordeste brasileiro, também destacaram essa possível influência das rotinas operacionais dos reservatórios nos valores de densidade da comunidade zooplanctônica.

Outro fator importante que parece estar ligado aos maiores valores de densidade no período de seca é a concentração média de clorofila *a* observada no período, que superou em 3,5 vezes o valor registrado para o período de chuvas. A clorofila *a* é representativa da biomassa fitoplanctônica (Wetzel, 2001) e desta forma,

maiores valores da mesma indicam uma maior quantidade de recurso alimentar para o zooplâncton herbívoro. Para que isto ocorra devem existir espécies utilizadas na alimentação pelos organismos zooplanctônicos registrados na comunidade, o que provavelmente seja o caso em questão. Maiores valores de biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) e aumento da densidade zooplanctônica no período de seca, também foram observados por Thomaz et al. (1999) no reservatório de Corumbá (GO) e por Isumbisho et al. (2006) no lago Kivu (África).

Além da importante influência da sazonalidade e do mecanismo de operação da barragem nos padrões de densidade da comunidade, foi observada uma expressiva redução em seus valores se comparado aos resultados obtidos em estudos anteriores na mesma estação amostral (Branco, 1991; Pereira, 2001).

Em termos de densidade, observou-se um predomínio do grupo dos Copepoda no período de chuvas e dos Rotifera no período de seca. Os copépodos possuem uma maior capacidade natatória se comparado aos rotíferos (Talling & Lemoalle, 1998), o que pode proporcionar certa vantagem para esses organismos contra o efeito de arraste característico do período de chuvas. Schmid-Araya & Zuñiga (1992, apud Bonecker & Aoyagui, 2005) apontam como fatores de redução das densidades de Rotifera no período chuvoso, o maior fluxo de saída e o menor tempo de residência da água, que parecem afetar as taxas de reprodução desse grupo, o que pode ter contribuído também para esse predomínio dos Copepoda no período chuvoso.

Foram observadas amplas flutuações temporais nos valores de densidade para os três grupos zooplanctônicos (altos coeficientes de variação) em ambos os períodos de estudo, revelando a existência de variações de curta duração nas populações constituintes desses grupos. Flutuações mais expressivas foram observadas no período chuvoso, provavelmente relacionadas a maior instabilidade observada nesse período.

Pinto-Coelho (1987), em estudo realizado em outro ponto do lago Paranoá (Ribeirão do Torto), observou a ocorrência de flutuações de curta duração nas

abundâncias das populações zooplanctônicas, principalmente de rotíferos e cladóceros, que igualavam e até mesmo superavam aquelas observadas na escala anual. Mais recentemente, vários outros estudos de curta duração no Lago Paranoá têm observado essas amplas flutuações nas populações zooplanctônicas (Mendonça-Galvão, 2001; Pereira, 2001; Padovesi-Fonseca et al., 2002; Mendonça-Galvão, 2005), ressaltando a importância do uso de análises com amostragens de menor intervalo de tempo (semanal, por exemplo) para o bom entendimento da dinâmica da comunidade, já que vários fenômenos ecológicos podem operar sobre escalas menores.

Como resultado da variação temporal da densidade dos grupos zooplanctônicos, foi observado maiores valores no período de seca para todos os grupos, sendo as diferenças encontradas entre os períodos não significativas apenas para os Calanoida. Essa mesma tendência foi observada por Bonecker & Aoyagui (2005) para os Rotifera, por Panarelli et al. (2001) para os Cyclopoida e por Santos (2005) para os Cladocera, todos eles relacionando esse fenômeno às diferenças nas propriedades físicas, químicas e biológicas da coluna d' água entre os períodos.

Para o grupo dos Rotifera, foi observada certa semelhança entre os períodos de chuva e seca em relação às espécies com maior densidade relativa dentro do grupo. Em ambos os períodos *Conochilus unicornis* e *Keratella americana* estiveram entre as espécies com maiores valores de densidade. Essa importância numérica dos gêneros *Conochilus sp.* e *Keratella sp.* foi também observada em outros reservatórios brasileiros (Aoyagui et al., 2003; Rodríguez & Matsumura-Tundisi, 2000). Para o período chuvoso destacou-se também a espécie *Brachionus dolabratus dolabratus* e para o período de seca *Keratella cochlearis* e *Polyarthra vulgaris*. Matsumura-Tundisi et al. (1990) em trabalho realizado na represa de Barra Bonita (SP), propuseram a associação das espécies *Conochilus unicornis* e *Keratella cochlearis* como característica de ecossistemas mais eutrofizados.

Os Copepoda mostraram-se numericamente importantes em ambos os períodos, com a espécie *Notodiaptomus cearensis* apresentando-se como a mais abundante entre todas as espécies zooplancônicas no período chuvoso e *Thermocyclops decipiens* apresentando a mesma tendência no período de seca. Entretanto, a diferença de densidade entre essas duas espécies foi bem inferior no período chuvoso, com o *Thermocyclops decipiens* apresentando maior importância numérica se observado os dois períodos juntos.

Foi registrado um aumento relevante da contribuição do Calanoida *Notodiaptomus cearensis* para a composição total do grupo dos Copepoda se comparado com a contribuição observada por Pereira (2001), quando a espécie foi registrada pela primeira vez no braço do Riacho Fundo.

Philomeno (com. pess.) em estudo realizado no mesmo local e época do presente trabalho observou importantes modificações na estrutura da comunidade fitoplanctônica se comparado com trabalhos anteriores na mesma estação amostral (Philomeno, 2003; Padovesi-Fonseca & Philomeno, 2004), com aumento relevante do número de algas palatáveis. Esse fato pode ter contribuído para o aumento da contribuição da espécie *Notodiaptomus cearensis*, já que os Calanoida são apontados como sendo mais seletivos em sua dieta (Rietzler & Espíndola, 1998; Panarelli et al., 2003).

Tundisi et al. (1988) demonstraram, em estudo realizado em reservatórios do estado de São Paulo, que a proporção entre Calanoida e Cyclopoida pode ser utilizada como indicadora de grau de trofia, onde uma maior contribuição de Calanoida apontaria para uma melhoria da qualidade de água.

Apesar do aumento da contribuição do Calanoida *N. cearensis*, a espécie *Thermocyclops decipiens* tem se mostrado predominante no Lago Paranoá desde o início do processo de eutrofização, sendo considerada extremamente importante para a dinâmica das comunidades planctônicas desse ambiente (Branco & Senna, 1996; Mattos et al., 1997; Padovesi-Fonseca et al., 2002). Essa espécie é característica de

ambientes mais eutróficos (Silva & Matsumura-Tundisi, 2005), onde tendem a apresentar grandes densidades numéricas e conseqüentemente predominar entre os microcrustáceos desses ecossistemas (Reid et al., 1988; López, 1994; Silva & Matsumura-Tundisi, 2002; Pinto-Coelho et al., 2005; Leitão et al., 2006).

Dentre as duas espécies de copepodas registradas, apenas *Thermocyclops decipiens* apresentou diferença significativa entre os dois períodos, resultado de uma queda numérica muito mais acentuada durante a época chuvosa em comparação a *Notodiaptomus cearensis*. Esse resultado foi observado também por Pereira (2001) para o mesmo ponto do Lago.

Essa menor perda de indivíduos apresentada pelos Calanoida pode estar ligada a melhor capacidade natatória apresentada por eles, que acaba fornecendo uma vantagem competitiva durante períodos de aumento nas taxas de fluxo (Nogueira, 2001).

De uma forma geral, foi observado um predomínio da fase náuplius na estrutura das populações de copépodos. Essa mesma tendência foi registrada por Pinto-Coelho (1983), Branco (1991), Mendonça-Galvão (2001) e Mendonça-Galvão (2005) para outros pontos do lago, por Branco (1991), Pereira (2001) e Padovesi-Fonseca et al. (2002) para o braço do Riacho Fundo e por Sendacz & Kubo (1999), Panarelli et al. (2001), Sampaio et al. (2002) e Corgosinho & Pinto-Coelho (2006) para outros reservatórios com diferentes níveis tróficos.

Esse predomínio de náuplius foi observado em ambos os períodos para a espécie *Thermocyclops decipiens* e apenas na seca para *Notodiaptomus cearensis*. Panarelli et al. (2001), em estudo no reservatório Jurumirim (SP), associaram a maior proporção de copepoditos e adultos calanoides observada no período chuvoso à maior longevidade apresentada por esse grupo em condições de maiores temperaturas.

A mesma tendência temporal foi observada para ambas as espécies de Copepoda. Na comparação dos dois períodos, observou-se um decréscimo na contribuição da fase náuplius no período chuvoso e aumento na contribuição dos

copepoditos, com a contribuição dos adultos permanecendo praticamente constante entre os períodos.

A estrutura da população de *N. cearensis* mostrou uma maior contribuição de copepoditos e principalmente de adultos se comparado à população de *T. decipiens*, para ambos os períodos de avaliação. Em estudo no braço do Torto, Mendonça-Galvão (2005) observou que as perdas nos primeiros ínstares são menores em *N. cearensis* se comparado a *T. decipiens*, podendo gerar certa vantagem competitiva para a espécie e proporcionar chances de produção de um maior número de adultos reprodutivos.

Foi observado o predomínio de cladóceros de pequeno porte em ambos os períodos de estudo, com destaque para a espécie *Ceriodaphnia silvestrii*.

Sampaio et al. (2002) e Bonecker et al. (2007) em estudos realizados em reservatórios do Rio Paranapanema e do sul do Brasil (PR), respectivamente, registraram a dominância de pequenos cladóceros nos reservatórios mais eutróficos, e atribuíram os resultados encontrados à dominância de Cyanophyta nesses ambientes.

Cladóceros de maior porte, como as *Daphnia*, têm suas capacidades de alimentação reduzidas na presença de Cyanophyta filamentosas e coloniais, devido à obstrução dos seus instrumentos filtradores pela camada gelatinosa de mucilagem presente nessas algas (Matsumura-Tundisi et al., 2002; Leonard & Paerl, 2005).

Philomeno (com. pess.) observou que apesar do relevante aumento na importância numérica de alguns grupos fitoplanctônicos (Chlorophyta, por exemplo), as Cyanophyta ainda são predominantes no braço do Riacho Fundo, principalmente no período chuvoso.

Esse relevante aumento numérico de outros grupos fitoplanctônicos e conseqüente diminuição das Cyanophyta pode ter contribuído para o registro de espécies de grande porte como a *Daphnia gessneri*. A espécie não foi registrada no período de chuvas onde a contribuição dessas algas foi relativamente pequena, e aumentou para 75% de ocorrência no período seco coincidindo com o predomínio de

Chlorophyta observado nesse período. Pereira (2001) também atribuiu o reaparecimento de *Daphnia* no braço do Riacho Fundo a mudanças na composição e densidade do fitoplâncton.

Straškraba & Tundisi (2000) evidenciaram que o registro de espécies de grande porte como *Daphnia* é um indicador de controle fitoplanctônico por herbivoria, o que é característico de águas de melhor qualidade.

O registro pela primeira vez e de forma expressiva da espécie *Ceriodaphnia silvestrii* no braço do Riacho Fundo pode estar relacionado a esse aumento na riqueza e contribuição das clorófitas. Estudos recentes como os de Fonseca & Rocha (2004) e Santos et al. (2006) obtiveram ótimos resultados (altas taxas de crescimento, por exemplo) em experimentos de ciclo de vida de *C. silvestrii* utilizando algas clorófitas como recurso alimentar.

Os predadores zooplanctônicos avaliados, larvas de *Chaoborus* e *Mesostoma*, foram registrados em baixas densidades, mas de forma freqüente em ambos os períodos. Ambos os predadores apresentaram maior freqüência de ocorrência no período de chuva, com provável influência na estrutura da comunidade deste período.

Em trabalho realizado por Arcifa et al. (1992) no reservatório Monte Alegre (Ribeirão Preto, SP) foram observados também, maiores densidades de larvas de *Chaoborus* sp. no período de chuvas, além de evidências de que esta larva pode ser um importante fator de influência na estrutura da comunidade zooplanctônica. Modificações na estrutura da comunidade zooplanctônica em decorrência da presença de *Chaoborus* sp. foram observadas também por Pagano et al. (2003) no reservatório Brobo (África).

Arcifa (2000) avaliou a dieta de quatro estádios de larvas de *Chaoborus* sp., registrando como principais itens alimentares dos estádios III e IV dessas larvas, microcrustáceos, principalmente náuplius e *Bosmina* spp.

Em estudo para determinar que espécies zooplanctônicas são consumidas na dieta do Turbellaria *Mesostoma* sp. , Rocha et al. (1990) observaram a importante

interferência desses organismos na comunidade zooplanctônica e registraram sua preferência por espécies do grupo dos Cladocera, com altas taxas de consumo de *Daphnia* e *Ceriodaphnia* (4 indivíduos/dia).

Os organismos citados como preferências alimentares para *Chaoborus* sp. e *Mesostoma* sp. foram registradas no presente estudo e sofreram reduções significativas em suas densidades e/ou freqüências de ocorrência no período chuvoso, Indicando uma possível influência do processo de predação sobre suas populações e conseqüentemente na estrutura da comunidade zooplanctônica como um todo.

A análise de correspondência canônica revelou importante influência das variáveis físicas, químicas e biológicas na variação temporal das populações zooplanctônicas. A maioria das espécies que se mostrou importante na ordenação não apresentou grande contribuição para a densidade total, mas sim, grande diferença numérica entre os períodos. É provável que este fato seja um reflexo da sensibilidade dessas espécies às diferentes condições da coluna d' água observadas entre a época chuvosa e seca.

Praticamente todas as espécies que apresentaram valores de correlação consideráveis ($r > 0,5$) mostraram-se associadas aos maiores valores de clorofila *a*, condutividade elétrica, nitrato e fósforo total observados no período seco, com ênfase para *Keratella cochlearis*, *Bosmina hagmanni*, *Keratella cochlearis* var. *tecta* e *Ascomorpha* cf. *ecaudis*. É provável que o destaque e associação destas espécies com o período de seca esteja relacionado com as condições de maior trofia observadas nesse período, corroboradas principalmente pelos valores de condutividade elétrica e nutrientes limitantes para o fitoplâncton (nitrato e fósforo), já que estas são geralmente associadas a ecossistemas com maior grau de trofia (Matsumura-Tundisi et al., 1990; Matsumura-Tundisi et al., 2002; Lucinda et al., 2004).

No período chuvoso foi observada a importância das espécies *Brachionus dolabratus dolabratus* e *Conochilus dossuarius*, associadas às variáveis íon amônio e temperatura. Autores como Azevedo (2006), Sendacz et al. (2006) e Macedo (2004)

observaram em seus trabalhos a presença dessas espécies apenas na época chuvosa, período onde foram registradas as maiores temperaturas. De acordo com essa tendência observada, é provável que a temperatura seja um fator regulador importante no desenvolvimento das populações de *Brachionus dolabratus dolabratus* e *Conochilus dossuarius*, com maiores temperaturas favorecendo o aparecimento e estabelecimento das mesmas.

É importante salientar que provavelmente seria encontrada uma maior porcentagem de explicação na ACC caso a variável descarga tivesse sido inserida na análise. Esta variável, juntamente com a precipitação, representa pulsos de entrada de água no sistema que acabam influenciando importantemente na flutuação temporal das variáveis como um todo.

Considerando os vários aspectos abordados nesse capítulo e os resultados obtidos, foi possível observar uma grande influência da sazonalidade sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do sistema. A metodologia com coletas de curto intervalo de tempo em uma abordagem seca versus chuva proporcionou a identificação e um expressivo detalhamento dos processos que regem a dinâmica do sistema.

O registro de mudanças significativas na estrutura da comunidade zooplanctônica e em várias propriedades físicas, químicas e biológicas no braço do Riacho Fundo em relação a estudos anteriores, com a observação de vários indícios de melhoria da qualidade do ambiente intercalados a outros de padrão oposto, provavelmente representam indícios de mudança na qualidade de água com indicação de uma possível fase de transição em relação a seu grau de trofia.

Conclusões

I – O regime climático (seca e chuva) influenciou de forma marcante a dinâmica do sistema, com padrões de sazonalidade sendo visualizados por variações de curta duração na estrutura da comunidade zooplanctônica e nas propriedades físicas e químicas do meio.

II – A manobra operacional de abertura de comportas realizada no reservatório do Paranoá, que antecede o período chuvoso, parece influenciar de forma importante na dinâmica do ecossistema estudado.

III – De uma forma geral houve um predomínio de zooplâncton de pequeno porte, devido à dominância numérica de Rotifera no período seco e de náuplius (Cyclopoida e Calanoida) no período chuvoso. Entretanto, a comunidade apresentou aumento expressivo da importância do zooplâncton de maior porte em relação a estudos anteriores.

IV – Os predadores zooplanctônicos avaliados (larvas de *Chaoborus* sp. e *Mesostoma* sp.) parecem ter relevante influência na estrutura da comunidade zooplanctônica.

V – As condições de maior trofia observadas no período seco (maiores valores de clorofila *a*, condutividade elétrica e nutrientes limitantes para o fitoplâncton) foram mais favoráveis para praticamente todas as espécies zooplanctônicas consideradas descritoras da comunidade.

VI – O sistema estudado foi caracterizado como em fase de transição, devido à existência de indícios de melhoria da qualidade do ambiente intercalados a outros de padrão oposto.

Figuras e Tabelas

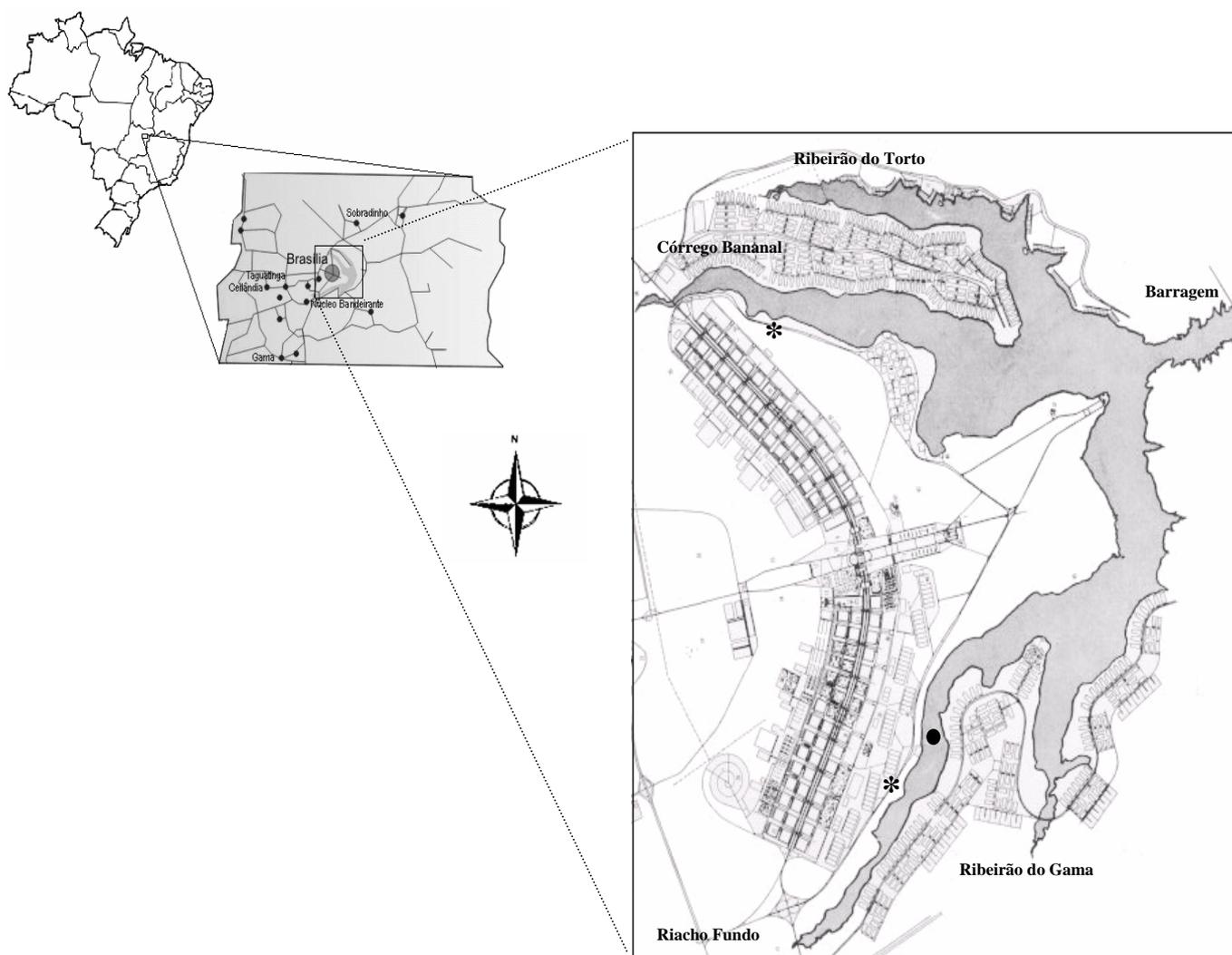


Figura 1 - Localização geográfica do Lago Paranoá (Brasília-DF) com seus principais tributários, estações de tratamento de esgoto (*), barragem e ponto de coleta (●). Fonte: Modificado de http://smarkids.terra.com.br/colorir/disciplinas/images/mapa_brasil.gif; <http://www.ondehospedar.com.br/mapas/mapa-df.jpg> e <http://www.vitruvius.com.br/entrevista/villaca/villaca07.jpg>.

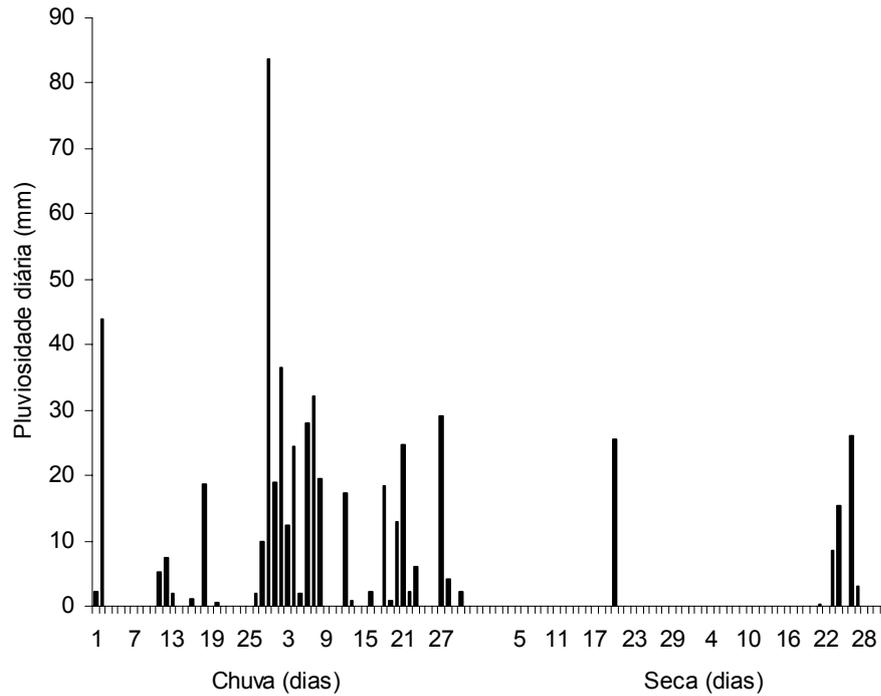


Figura 2 – Variação diária da precipitação pluviométrica (mm) durante os períodos de chuva (fevereiro e março) e de seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

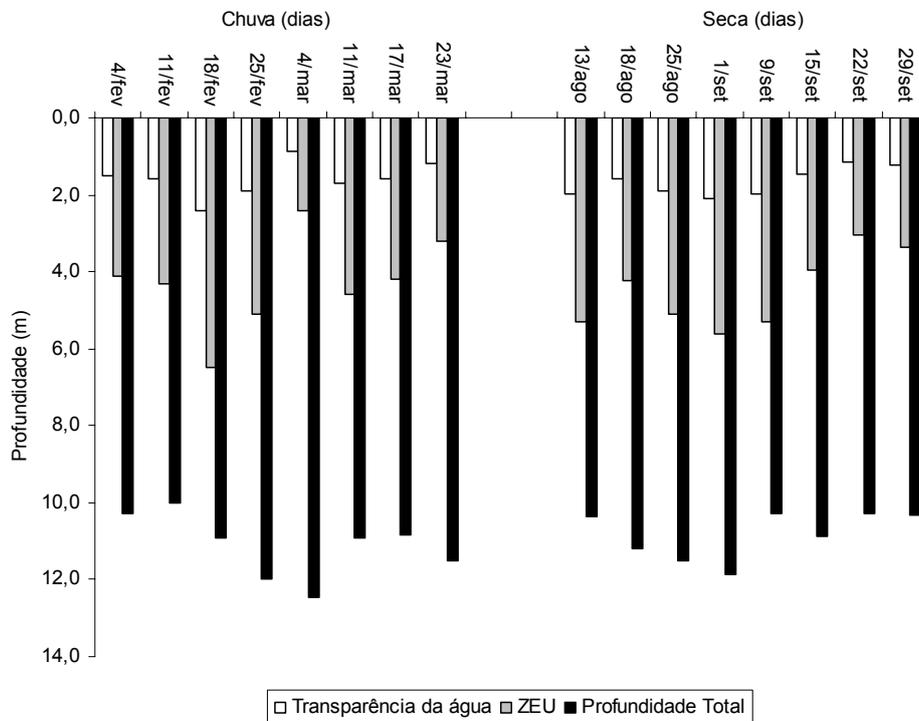


Figura 3 – Variação temporal da transparência da água, da zona eufótica (ZEU) e da profundidade total local nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

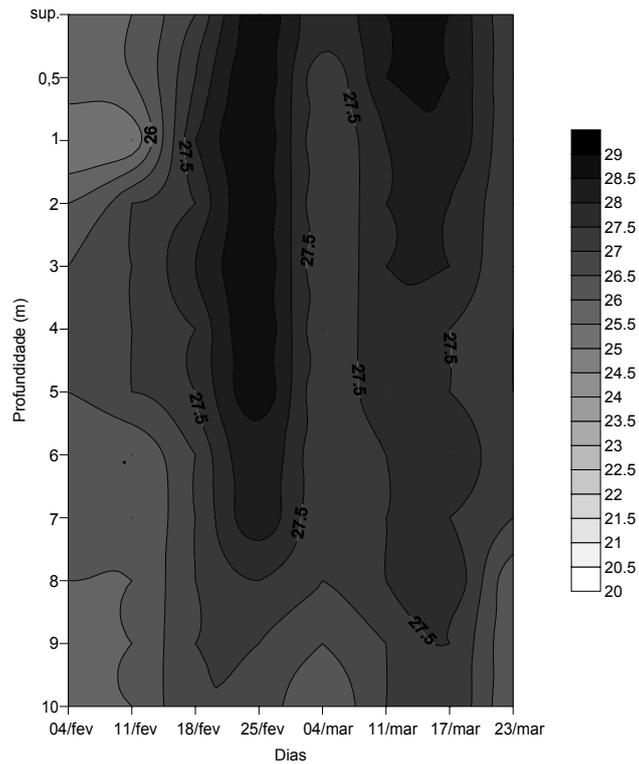


Figura 4 – Perfis térmicos da coluna d' água no período de chuva (fevereiro e março), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

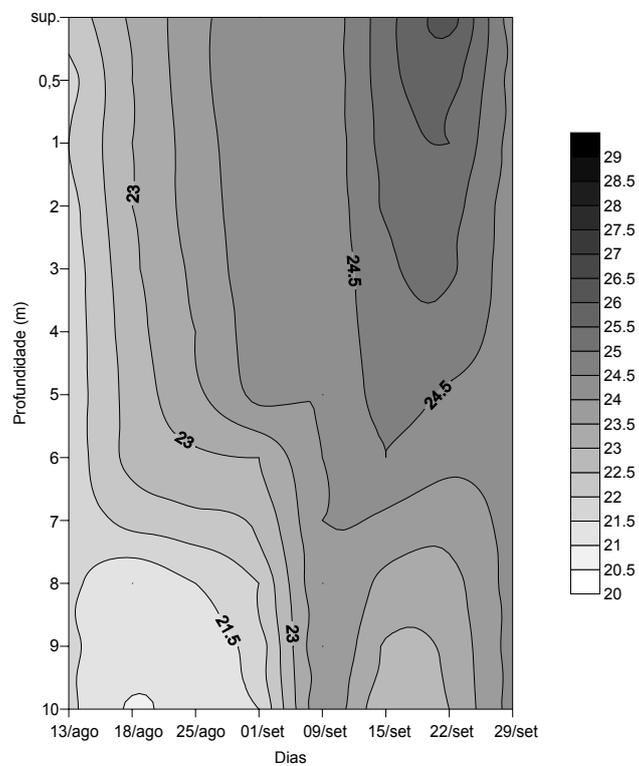


Figura 5 – Perfis térmicos da coluna d' água no período de seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

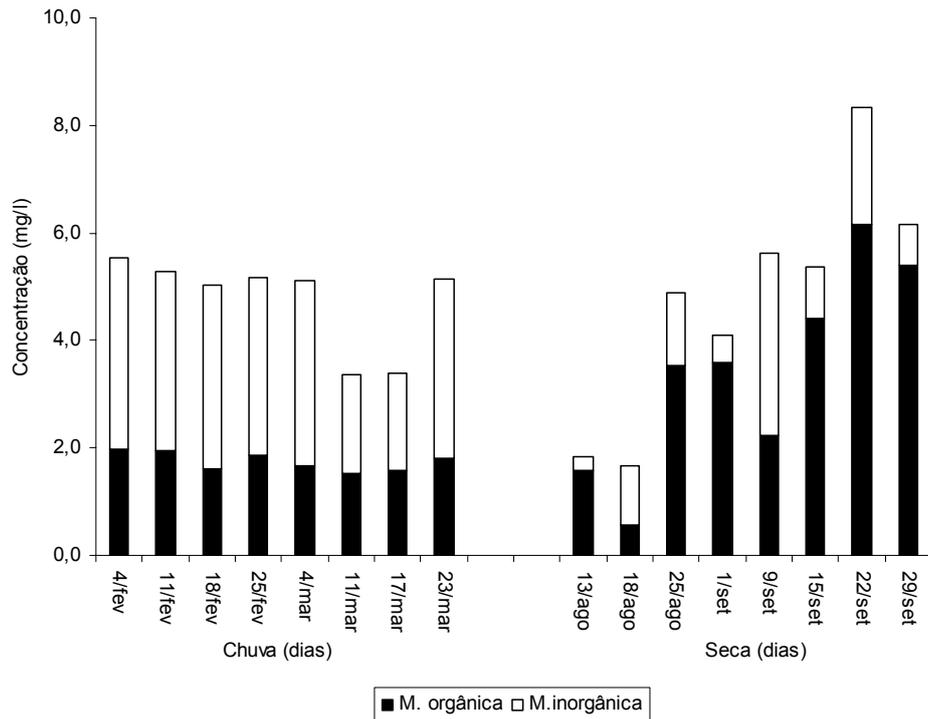


Figura 6 – Flutuação temporal da concentração de material em suspensão total, com suas respectivas contribuições de matéria orgânica e inorgânica, nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

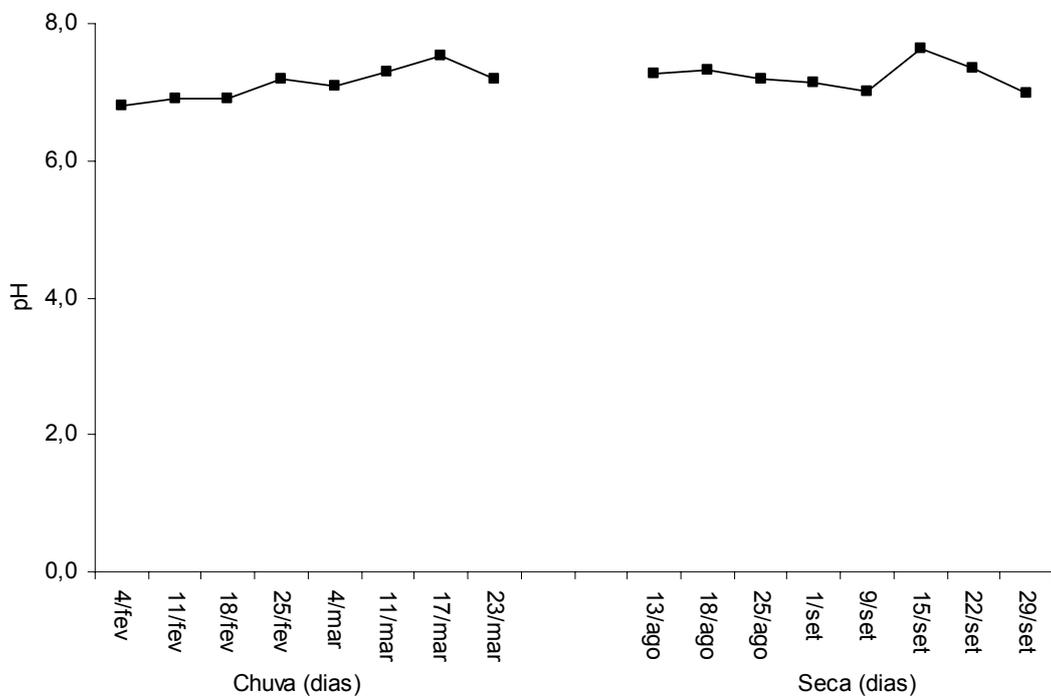


Figura 7 – Flutuação temporal do pH nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

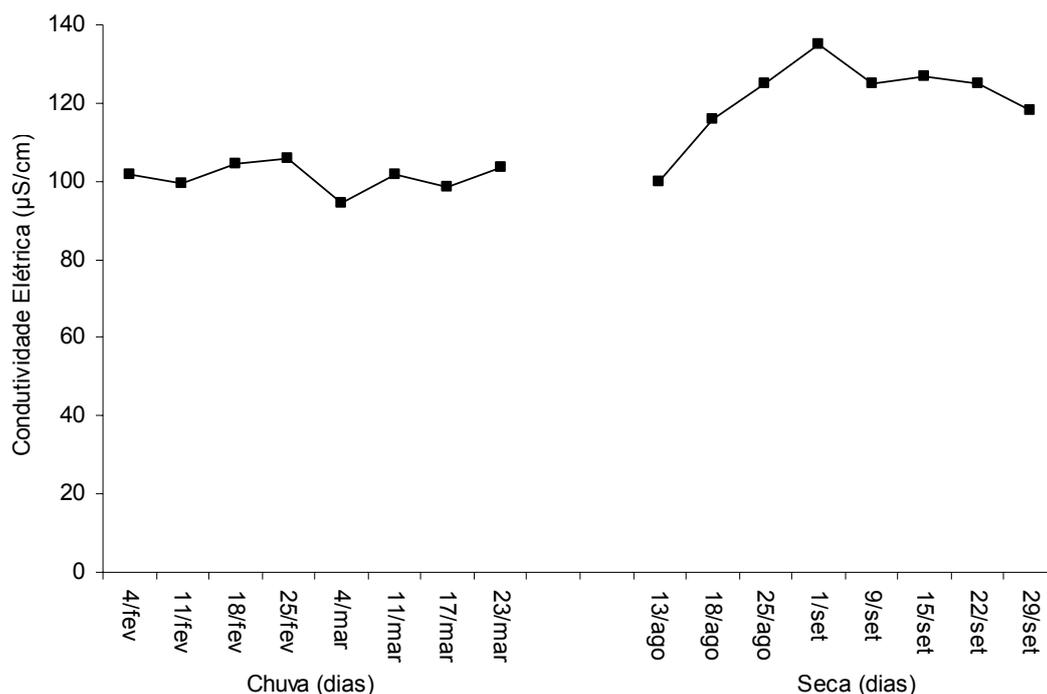


Figura 8 – Variação temporal da condutividade elétrica nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

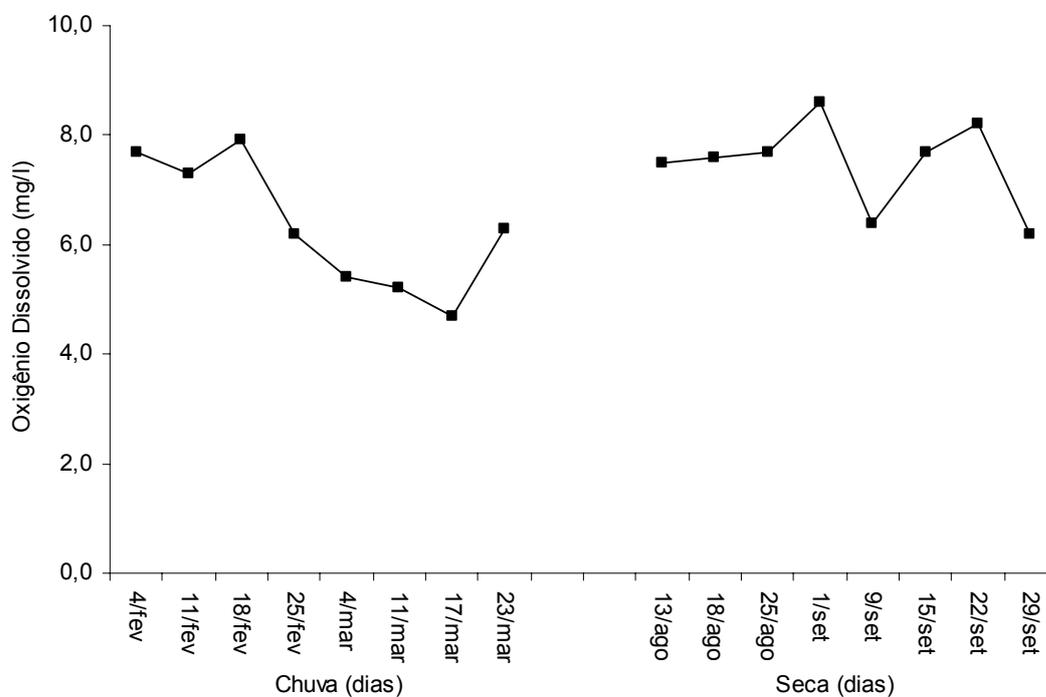


Figura 9 – Variação temporal da concentração de oxigênio dissolvido nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

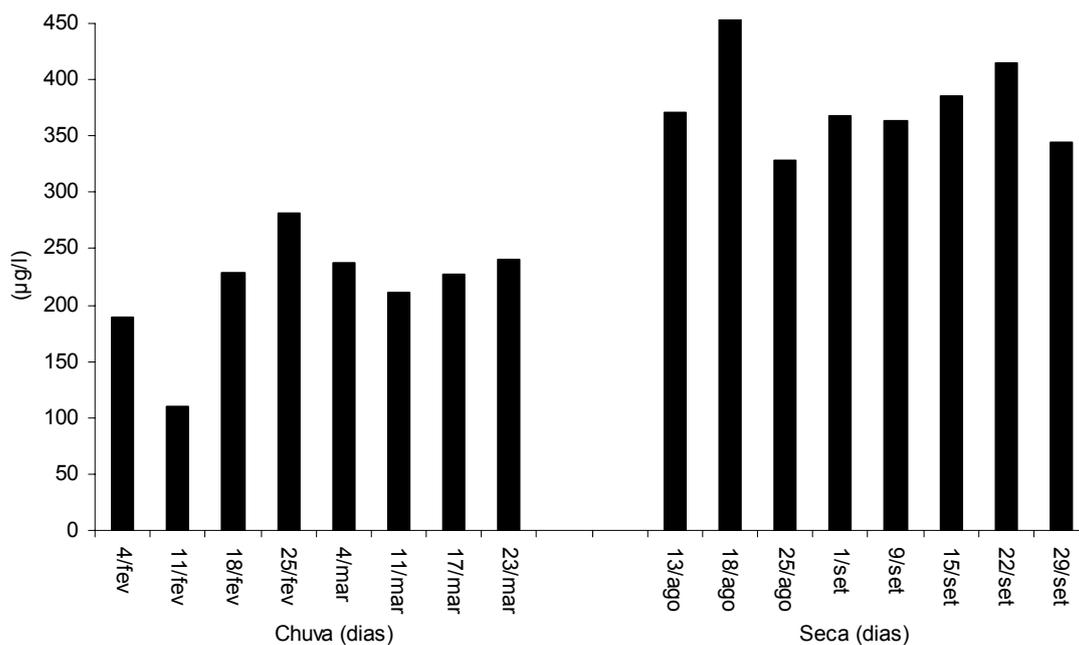


Figura 10 – Variação temporal da concentração de nitrato nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

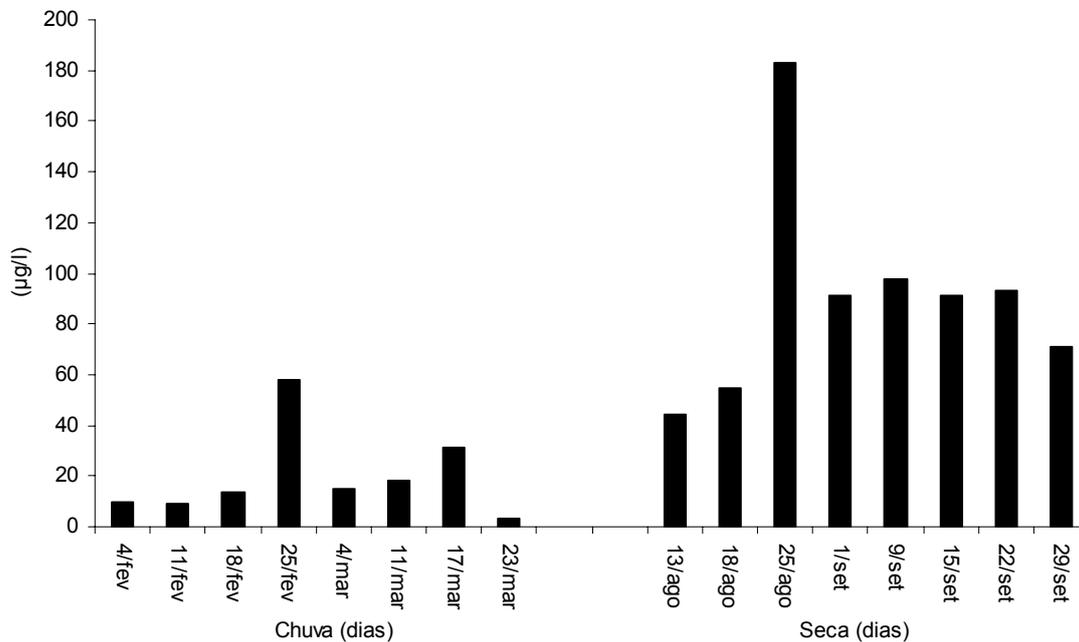


Figura 11 – Variação temporal da concentração de nitrito nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

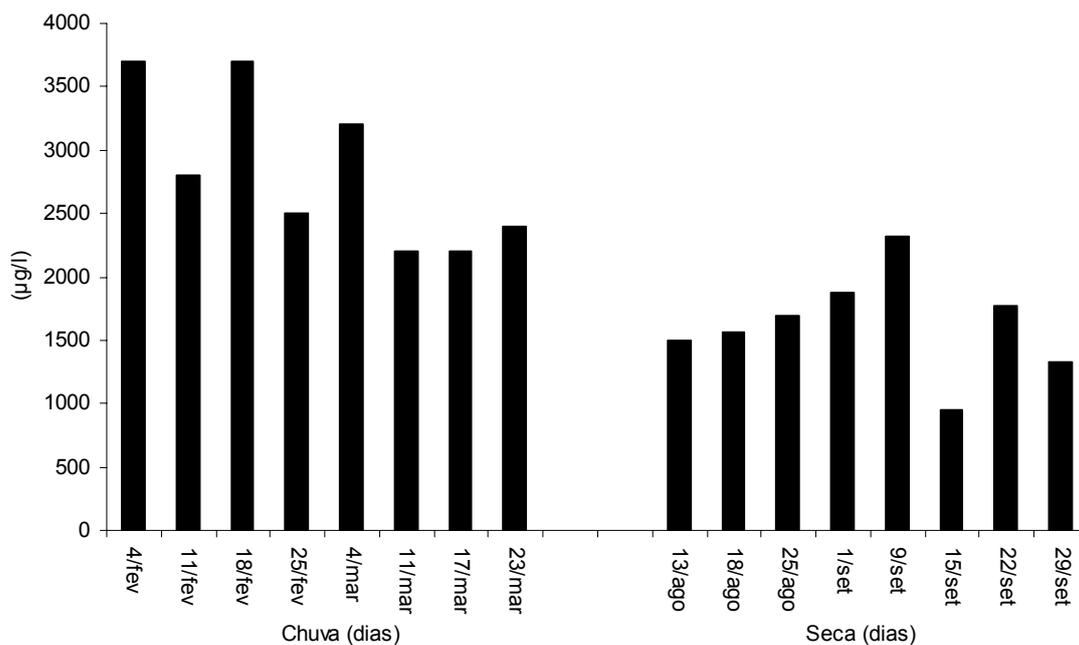


Figura 12 – Variação temporal da concentração de íon amônio nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

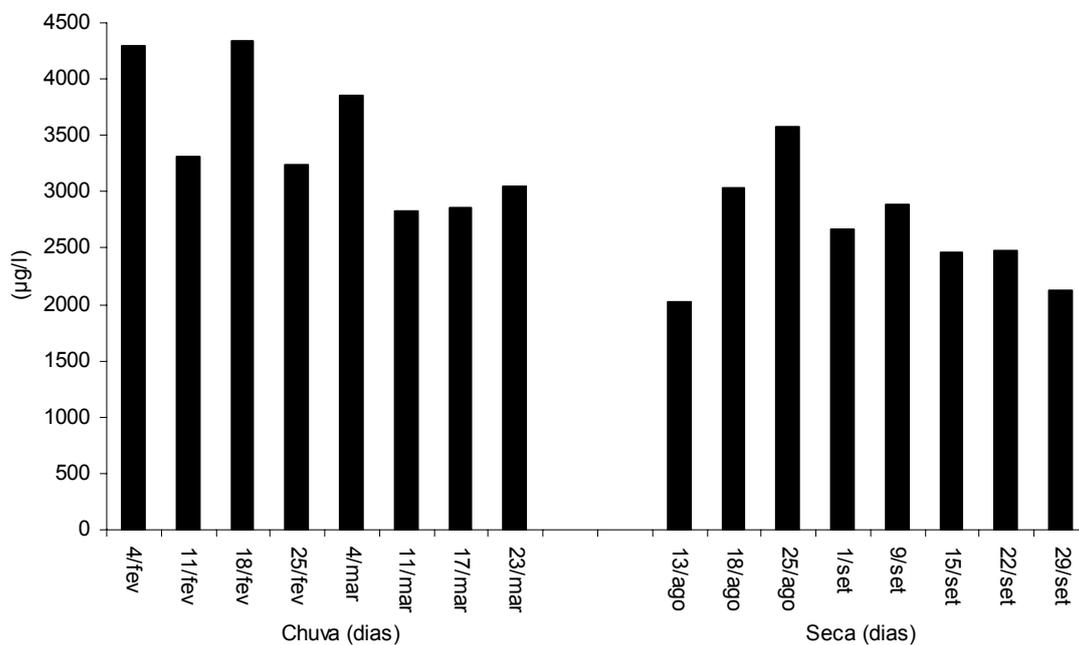


Figura 13 – Variação temporal da concentração de nitrogênio total nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

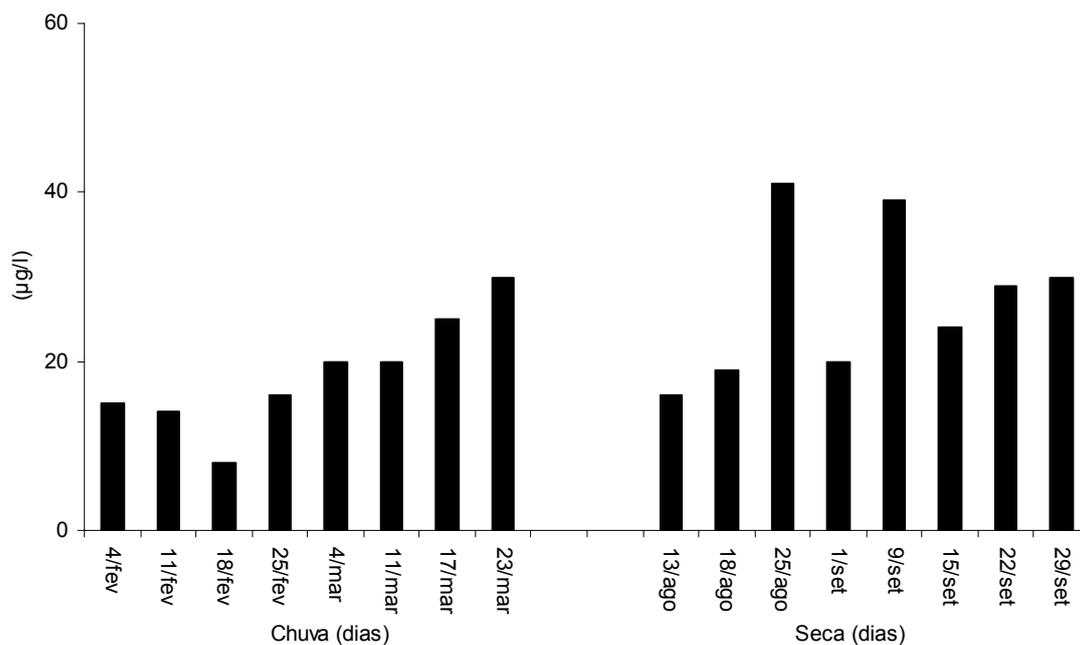


Figura 14 – Variação temporal da concentração de fósforo total nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

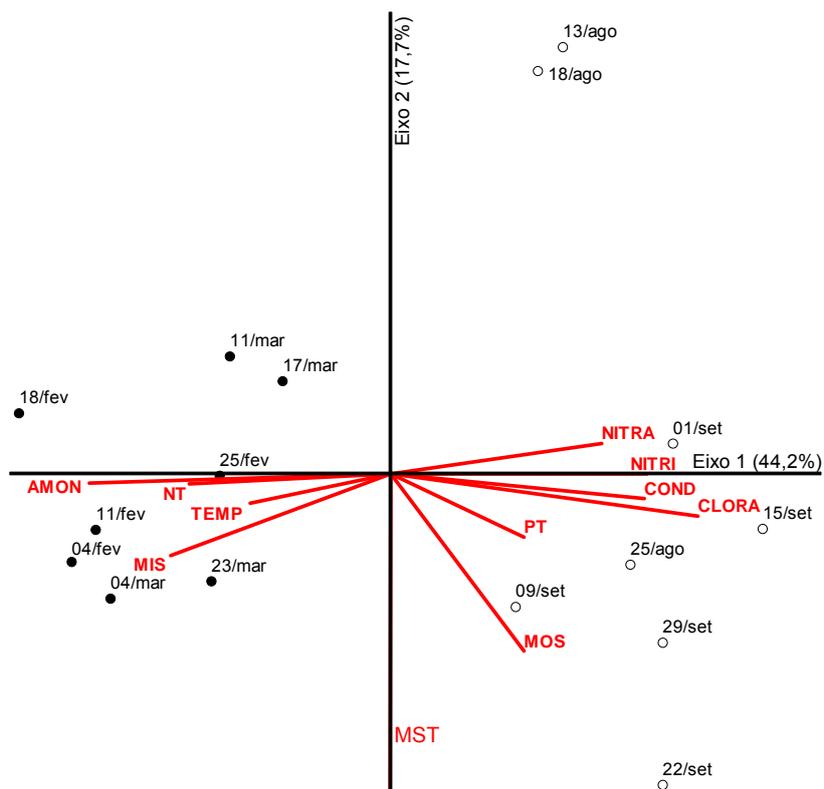


Figura 15 – Diagrama de ordenação (ACP) das amostras dos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro) em função das variáveis abióticas no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. As unidades amostrais do período chuvoso estão representadas por círculos cheios e as do seco por círculos vazios. Apenas as variáveis com $r > 0,5$ em relação a um dos eixos de ordenação foram representadas no gráfico. Legenda das variáveis: ver tabela 3.

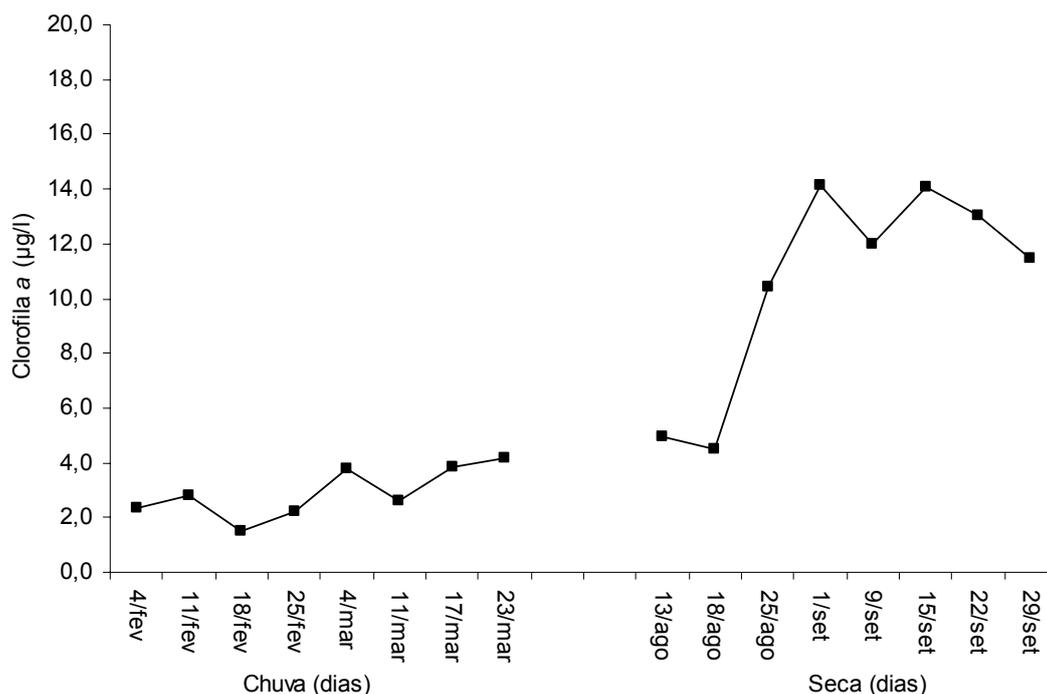


Figura 16 – Variação temporal da concentração de clorofila a no período de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

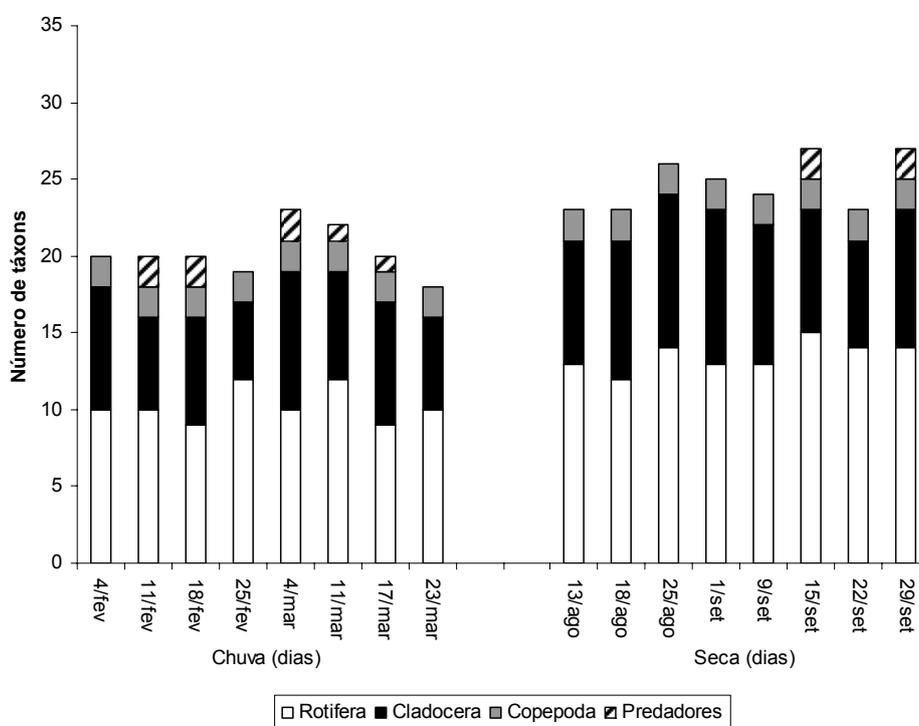


Figura 17 – Flutuação temporal do número de táxons nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

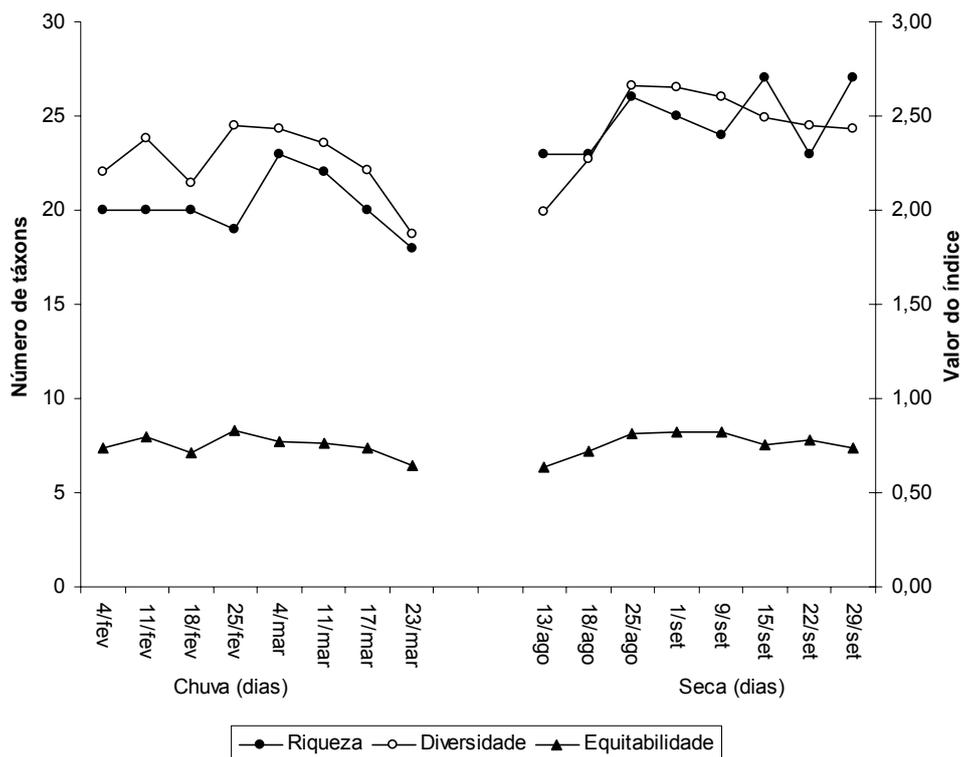


Figura 18 – Variação temporal da riqueza e dos índices de diversidade e equitabilidade nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

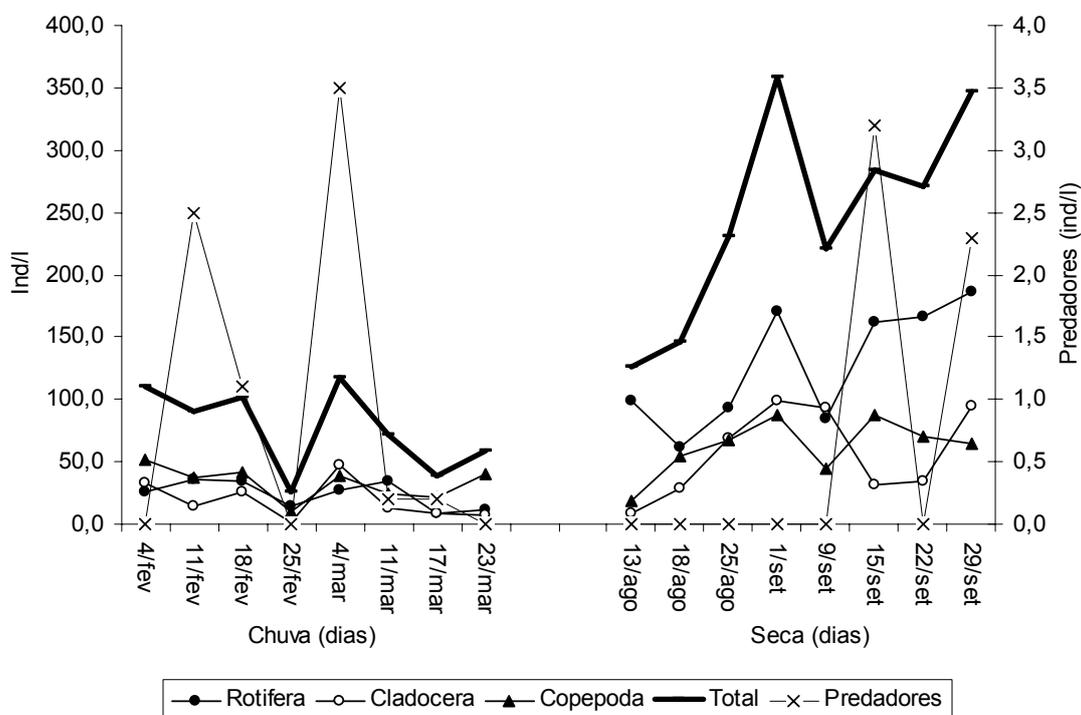


Figura 19 – Flutuação temporal da densidade total e dos grupos Rotifera, Cladocera, Copepoda e predadores (*Mesostoma sp.* e *Chaoborus sp.*) nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

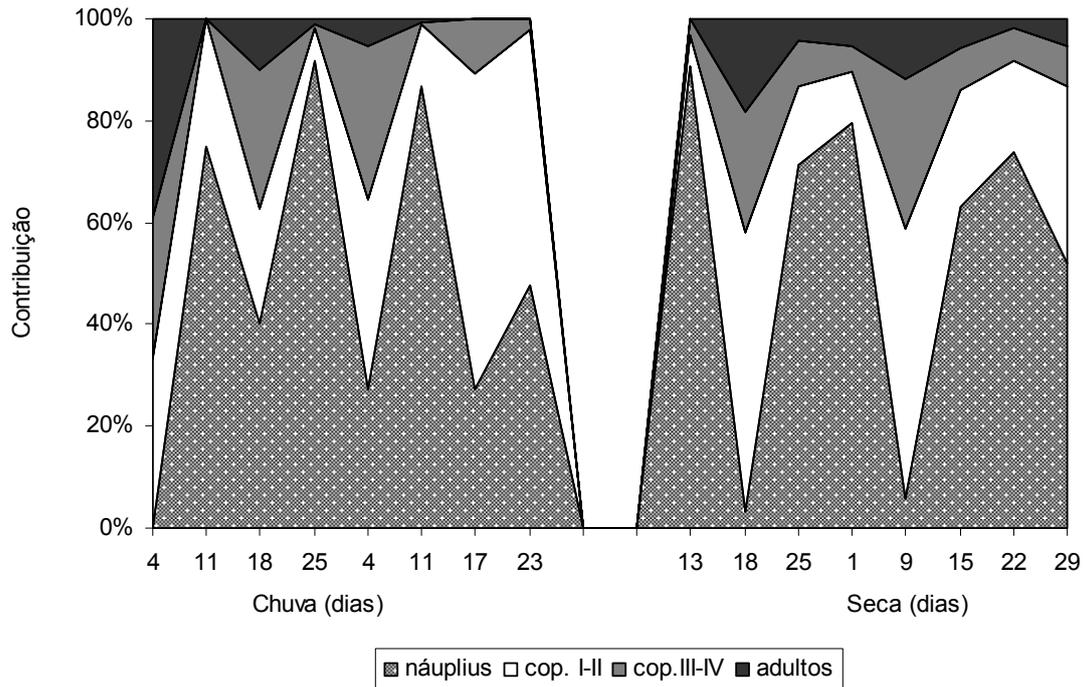


Figura 20 – Variação temporal do percentual de contribuição das diferentes fases de desenvolvimento da espécie *Thermocyclops decipiens* nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. cop. I-II = copepodito I-II; cop. III-IV = copepodito III-IV.

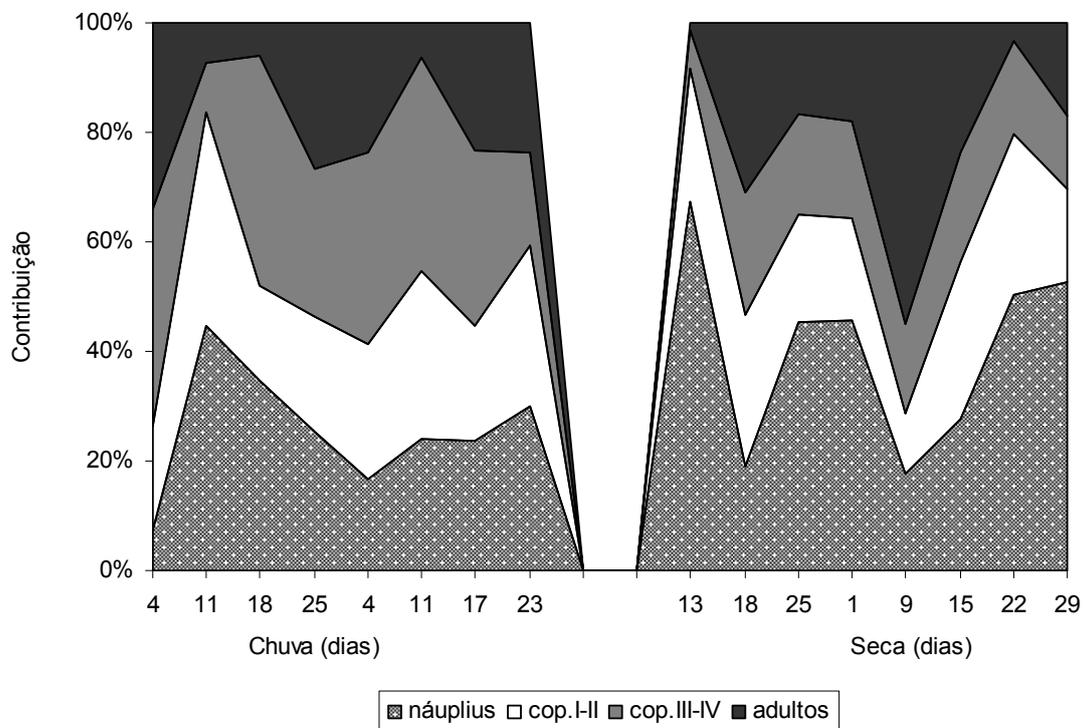


Figura 21 – Variação temporal do percentual de contribuição das diferentes fases de desenvolvimento da espécie *Notodiaptomus cearensis* nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. cop. I-II = copepodito I-II; cop. III-IV = copepodito III-IV.

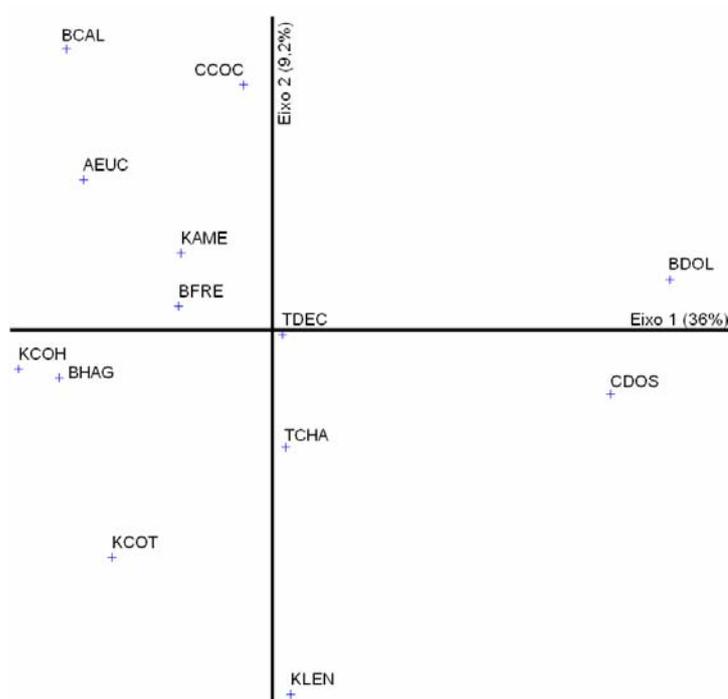
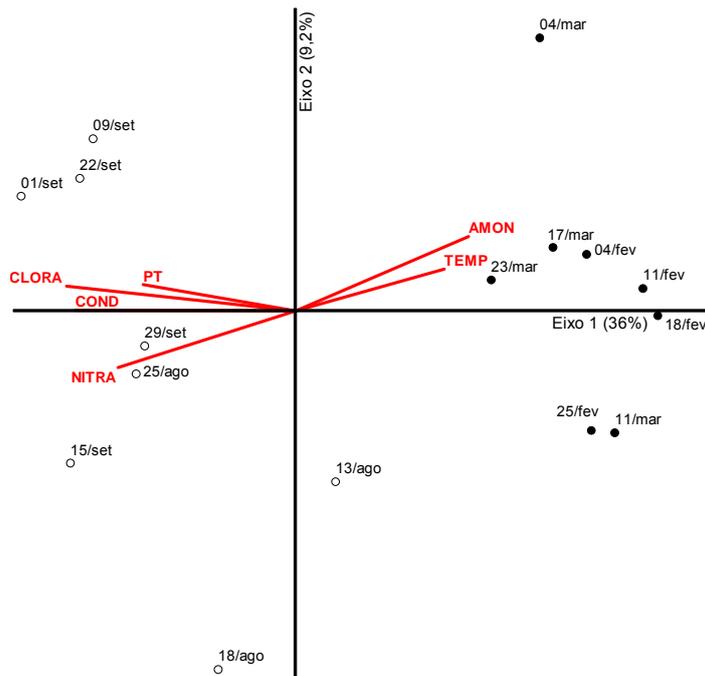


Figura 22 – Diagrama de ordenação (ACC) das amostras dos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro) gerada a partir de 6 variáveis ambientais e 22 espécies zooplânctônicas* no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. * Espécies com densidade média maior ou igual a 1 ind./l em pelo menos um dos períodos. As unidades amostrais do período chuvoso estão representadas por círculos cheios e as do seco por círculos vazios. Para uma melhor visualização, as espécies foram plotadas em um gráfico separado e apenas as espécies com $r > 0,5$ em relação ao primeiro eixo de ordenação foram representadas no gráfico. Legenda das espécies: ver tabela 5.

Tabela 1 – Características geológicas e morfométricas do Lago Paranoá e do braço do Riacho Fundo, Brasília, DF.

| | Lago Paranoá | Braço do Riacho Fundo |
|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Área de superfície (km ²) | 37,5 | 4,6 |
| Bacia de drenagem (km ²) | 1034,0 | - |
| Profundidade média (m) | 12,4 | 8,6 |
| Profundidade máxima (m) | 38,0 | 19,0 |
| Comprimento (km) | 40,0 | - |
| Largura máxima (km) | 5,0 | - |
| Volume total (m ³) | 498x10 ⁶ | 39,3x10 ⁶ |
| Tempo de retenção (dias) | 299,0 | - |

Tabela 2 – Teste de Wilcoxon (Z) para as variáveis físicas, químicas e biológicas entre os períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. * = significativo (p < 0,05); NS = não significativo (p > 0,05).

| Variáveis | Z | p |
|----------------------------------|--------|----|
| Transparência da água | -0,213 | NS |
| Zona eufótica | -0,140 | NS |
| Temperatura | -8511 | * |
| Material em suspensão total | -0,123 | NS |
| Material orgânico em suspensão | -1,960 | * |
| Material inorgânico em suspensão | -2,240 | * |
| pH | -1,127 | NS |
| Condutividade elétrica | -2,380 | * |
| OD | -1,680 | NS |
| Nitrato | -2,521 | * |
| Nitrito | -2,521 | * |
| Íon amônio | -2,521 | * |
| Nitrogênio total | -2,521 | * |
| Fósforo total | -2,384 | * |
| Clorofila a | -2,521 | * |
| Riqueza | -2,536 | * |
| Diversidade | -1,680 | NS |
| Equitabilidade | -0,524 | NS |
| Densidade total | -2,521 | * |
| Densidade de Rotifera | -2,521 | * |
| Densidade de Copepoda | -1,820 | NS |
| Densidade de Cyclopoida | -2,240 | * |
| Densidade de Calanoida | -1400 | NS |
| Densidade de Cladocera | -2,100 | * |
| Densidade de Predadores | -0,524 | NS |

Tabela 3 – Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis analisadas no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF e os dois primeiros eixos de ordenação na ACP. Foram destacadas as variáveis com $r > 0,5$ em relação a um dos eixos de ordenação

| Variáveis | Legenda no gráfico de ordenação | Componente Principal | |
|----------------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------|
| | | I | II |
| Zona eufótica | - | 0,015 | 0,450 |
| Temperatura | TEMP | -0,615 | -0,281 |
| Material em suspensão total | MST | -0,056 | -0,971 |
| Material orgânico em suspensão | MOS | 0,599 | -0,693 |
| Material inorgânico em suspensão | MIS | -0,769 | -0,471 |
| pH | - | 0,497 | 0,241 |
| Condutividade elétrica | COND | 0,830 | -0,259 |
| Oxigênio dissolvido | - | 0,372 | 0,014 |
| Nitrato | NITRA | 0,754 | 0,288 |
| Nitrito | NITRI | 0,820 | -0,024 |
| Íon amônio | AMON | -0,901 | -0,160 |
| Fósforo total | PT | 0,599 | -0,413 |
| Nitrogênio total | NT | -0,736 | -0,167 |
| Clorofila a | CLORA | 0,909 | -0,338 |
| Explicabilidade | | 44,2% | 17,7% |

Tabela 4 – Frequência de ocorrência (%), categoria e densidade média (ind/l) dos táxons zooplanctônicos identificados nos períodos de chuva (fevereiro e março) e seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. e = esporádico ($F \leq 10\%$); pf = pouco freqüente ($10\% < F \leq 20\%$); f = freqüente ($20\% < f \leq 50\%$); muito freqüente ($F > 50\%$); * = menos de 1 ind/l; ** = 1 a 99 ind/l; ¹ = primeiro registro no braço do Riacho Fundo; ² = reaparecimento após vários anos sem observação.

| Táxon | Chuva | | Seca | |
|---|--------|--------------|-----------|--------------|
| | FO (%) | Categoria FO | FO (%) | Categoria FO |
| ¹ <i>Ascomorpha</i> cf. <i>ecaudis</i> | 37 | *f | 87 | **mf |
| ¹ <i>Ascomorpha</i> <i>saltans</i> | 25 | *f | - | - |
| <i>Asplanchna</i> sp. | - | - | 25 | *f |
| <i>Brachionus</i> <i>calyciflorus</i> | - | - | 87 | **mf |
| ¹ <i>Brachionus</i> <i>dolabratus dolabratus</i> | 100 | **mf | 50 | *f |
| <i>Brachionus</i> <i>falcatus</i> | 37 | *f | 25 | *f |
| ¹ <i>Collotheca</i> cf. <i>ambigua</i> | 25 | *f | - | - |
| <i>Collotheca</i> <i>ornata</i> | 100 | **mf | 75 | **mf |
| <i>Conochilus</i> <i>dossuarius</i> | 50 | **f | - | - |
| <i>Conochilus</i> <i>unicornis</i> | 87 | **mf | 100 | **mf |
| ¹ <i>Filinia</i> <i>opoliensis</i> | 25 | *f | - | - |
| ² <i>Hexarthra</i> <i>intermedia</i> | 50 | *f | 12 | *pf |
| <i>Kellicotia</i> <i>bostoniensis</i> | 12 | *pf | 50 | *f |
| <i>Keratella</i> <i>americana</i> | 100 | **mf | 100 | **mf |
| <i>Keratella</i> <i>cochlearis</i> | 75 | *mf | 100 | **mf |
| ¹ <i>Keratella</i> <i>cochlearis</i> var. <i>tecta</i> | 62 | *mf | 100 | **mf |
| <i>Keratella</i> <i>lenzi</i> | - | - | 87 | **mf |
| <i>Keratella</i> <i>tropica</i> | 100 | **mf | 100 | **mf |
| ¹ <i>Polyarthra</i> cf. <i>dolichoptera</i> | 25 | *f | 62 | **mf |
| <i>Polyarthra</i> <i>vulgaris</i> | - | - | 87 | **mf |
| ¹ <i>Polyarthra</i> <i>vulgaris</i> f. <i>proloba</i> | - | - | 75 | **mf |
| ¹ <i>Testudinella</i> <i>patina</i> | 75 | *mf | 25 | *f |
| <i>Trichocerca</i> <i>chattoni</i> | 37 | *f | 87 | **mf |
| <i>Bosmina</i> <i>freyi</i> | 62 | *mf | 100 | **mf |
| <i>Bosmina</i> <i>hagmanni</i> | 100 | *mf | 100 | **mf |
| <i>Bosmina</i> <i>tubicen</i> | 62 | *mf | 62 | *mf |
| <i>Ceriodaphnia</i> <i>cornuta cornuta</i> | 62 | *mf | 100 | **mf |
| ¹ <i>Ceriodaphnia</i> <i>cornuta rigaudii</i> | 87 | **mf | 100 | **mf |
| ¹ <i>Ceriodaphnia</i> <i>silvestrii</i> | 100 | **mf | 100 | **mf |
| <i>Daphnia</i> <i>gessneri</i> | - | - | 75 | **mf |
| <i>Diaphanosoma</i> <i>birgei</i> | 100 | **mf | 100 | **mf |
| ¹ <i>Diaphanosoma</i> <i>spinulosum</i> | 100 | **mf | 100 | **mf |
| <i>Moina</i> <i>micrura</i> | 25 | *f | 37 | *f |
| <i>Notodiaptomus</i> <i>cearensis</i> | 100 | **mf | 100 | **mf |
| <i>Thermocyclops</i> <i>decipiens</i> | 100 | **mf | 100 | **mf |
| <i>Mesostoma</i> sp. | 62 | *mf | 25 | *f |
| <i>Chaoborus</i> sp. | 37 | *f | 25 | *f |
| Total de táxons em cada período | | 31 | | 33 |
| Total de táxons geral | | | 37 | |

Tabela 5 – Resumo geral dos resultados da Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre as variáveis ambientais e as espécies zooplancônicas descritoras. Foram destacadas as espécies com $r > 0,5$ em relação ao primeiro eixo de ordenação.

| | Variável | Eixo 1 | Eixo 2 |
|-----------------------|---|---------------|------------|
| | Autovalores (λ) | 0,31 | 0,015 |
| | % de variância explicada | 36 | 9,2 |
| Síntese da ACC | Correlação espécie-ambiente | 0,984 | 0,82 |
| | Teste de Monte Carlo (autovalores) - p | 0,001 | 0,519 |
| | Teste de Monte Carlo (correlações espécie-ambiente) - p | 0,001 | 0,534 |
| | AEUC - <i>Ascomorpha ecaudis</i> | -0,819 | 0,275 |
| | BCAL - <i>Brachionus calyciflorus</i> | -0,621 | 0,311 |
| | BDOL - <i>Brachionus dolabratus dolabratus</i> | 0,788 | 0,249 |
| | CORN - <i>Collotheca ornata</i> | 0,168 | 0,306 |
| | CDOS - <i>Conochilus dossuarius</i> | 0,538 | 0,032 |
| | CUNI - <i>Conochilus unicornis</i> | -0,405 | -0,268 |
| | KAME - <i>Keratella americana</i> | -0,728 | 0,227 |
| | KCOH - <i>Keratella cochlearis</i> | -0,929 | 0,049 |
| | KCOT - <i>Keratella cochlearis var. tecta</i> | -0,865 | -0,197 |
| | KLEN - <i>Keratella lenzi</i> | -0,605 | -0,57 |
| | KTRO - <i>Keratella tropica</i> | 0,384 | 0,169 |
| | TCHA - <i>Trichocerca chattoni</i> | -0,529 | -0,06 |
| | BFRE - <i>Bosmina freyi</i> | -0,779 | 0,161 |
| | BHAG - <i>Bosmina hagmanni</i> | -0,908 | 0,041 |
| | CCOC - <i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i> | -0,541 | 0,454 |
| | CCOR - <i>Ceriodaphnia cornuta rigaudii</i> | -0,425 | 0,437 |
| | CSILV - <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> | -0,421 | 0,417 |
| | DGES - <i>Daphnia gessneri</i> | -0,438 | 0,24 |
| | DBIR - <i>Diaphanosoma birgei</i> | -0,315 | 0,341 |
| | DSPI - <i>Diaphanosoma spinulosum</i> | -0,197 | 0,45 |
| | NCEA - <i>Notodiptomus cearensis</i> | -0,398 | -0,057 |
| | TDEC - <i>Thermocyclops decipiens</i> | -0,798 | 0,196 |
| | COND – Condutividade elétrica | -0,914 | 0,003 |
| | TEMP - Temperatura | 0,616 | 0,226 |
| | NITRA - Nitrato | -0,733 | -0,311 |
| | AMON – Íon amônio | 0,716 | 0,403 |
| | PT - Fósforo total | -0,629 | 0,141 |
| | CLORA – Clorofila a | -0,947 | 0,134 |

Anexo

Tabela I – Estatística descritiva das variáveis físicas, químicas e biológicas nos períodos de chuva (fevereiro e março) e de seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. S = desvio padrão; CV = Coeficiente de variação; mín. = mínimo; máx. = máximo.

| Variável | Chuva | | | | Seca | | | |
|---|--------|-------|--------|-----------------|--------|-------|--------|-----------------|
| | média | S | CV (%) | mín. - máx. | média | S | CV (%) | mín. - máx. |
| Transparência da água (m) | 1,6 | 0,5 | 28 | 0,9 - 2,4 | 1,7 | 0,4 | 22 | 1,1 - 2,1 |
| Zona eufótica (m) | 4,3 | 1,2 | 28 | 2,4 - 6,5 | 4,5 | 1,0 | 22 | 3,1 - 5,6 |
| Profundidade Local Total (m) | 11,1 | 0,8 | 7 | 10,0 - 12,4 | 10,8 | 0,6 | 6 | 10,3 - 11,9 |
| Temperatura (°C) | 27,2 | 1,5 | 6 | 25,0 - 29,0 | 24,0 | 1,1 | 5 | 22,0 - 25,5 |
| Material em Suspensão Total (mg/l) | 4,8 | 0,9 | 18 | 3,4 - 5,5 | 4,7 | 2,2 | 47 | 1,7 - 8,3 |
| Material Orgânico em Suspensão (mg/l) | 1,7 | 0,2 | 10 | 1,5 - 2,0 | 3,4 | 1,9 | 56 | 0,6 - 6,2 |
| Material Inorgânico em Suspensão (mg/l) | 3,0 | 0,7 | 24 | 1,8 - 3,6 | 1,3 | 1,0 | 78 | 0,3 - 3,4 |
| Clorofila a (µg/l) | 2,9 | 0,9 | 32 | 1,5 - 4,2 | 10,6 | 3,8 | 36 | 4,5 - 14,2 |
| pH | 7,1 | 0,2 | 3 | 6,8 - 7,5 | 7,2 | 0,2 | 3 | 7,0 - 7,6 |
| Condutividade elétrica (µS/cm) | 101,2 | 3,6 | 4 | 94,6 - 105,8 | 121,4 | 10,4 | 9 | 100,0 - 135,0 |
| Oxigênio dissolvido (mg/l) | 6,3 | 1,2 | 19 | 4,7 - 7,9 | 7,5 | 0,8 | 11 | 6,2 - 8,6 |
| Nitrato (µg/l) | 215,5 | 50,2 | 23 | 110,0 - 282,0 | 415,0 | 135,0 | 33 | 328,0 - 743,0 |
| Nitrito (µg/l) | 19,8 | 17,5 | 89 | 3,0 - 58,0 | 90,8 | 42,1 | 46 | 44,0 - 183,0 |
| Íon amônio (µg/l) | 2837,5 | 625,5 | 22 | 2200,0 - 3700,0 | 1623,6 | 402,0 | 25 | 948,0 - 2315,0 |
| Nitrogênio Total (µg/l) | 3472,8 | 613,8 | 18 | 2829,0 - 4342,0 | 2656,9 | 506,1 | 19 | 2027,0 - 3577,0 |
| Fósforo Total (µg/l) | 18,5 | 6,8 | 37 | 8,0 - 30,0 | 27,3 | 9,2 | 34 | 16,0 - 41,0 |

Capítulo 2

**Distribuição vertical da comunidade
zooplanctônica no período de seca, braço do
Riacho Fundo, Lago Paranoá, Brasília - DF.**

Introdução

A identificação dos processos que controlam as modificações na estrutura e distribuição das comunidades zooplancônicas é ainda um dos grandes desafios da Limnologia moderna. Estudos que tenham como enfoque essa abordagem são de suma importância para um melhor entendimento da dinâmica e funcionamento dos ecossistemas aquáticos.

Nesses ambientes, o caráter tridimensional da coluna d'água produz um ambiente complexo e heterogêneo, onde organismos têm que se equilibrar entre muitas pressões seletivas conflitantes (Boeing et al., 2004; Lampert, 2005). Deste modo, a distribuição vertical do zooplâncton reflete uma escolha de hábitat ótimo influenciada por fatores físicos, químicos e biológicos, e que pode variar substancialmente entre e dentro das espécies, bem como sazonalmente e espacialmente (Leibold, 1990; Primicerio, 2003).

Alguns desses fatores (*e.g.*, temperatura e oxigênio) atuam constantemente e definem os limites gerais da distribuição das diferentes espécies zooplancônicas de acordo com suas preferências específicas e limites de tolerância. Outros deles atuam temporariamente (*e.g.*, luminosidade e predação) e induzem movimentos adaptativos e migrações verticais diárias (Tolomeyev & Zadereev, 2005).

Além de informações sobre a dinâmica do ambiente, a análise da distribuição vertical da comunidade zooplâncton fornece importantes subsídios para compreensão da ecologia e comportamento de suas espécies constituintes, e também pode ajudar na elucidação de relações inter-específicas, como competição e predação (*e.g.*, Masson et al., 2001).

Apesar da grande importância desse tema, estudos limnológicos em regiões tropicais abordando essa distribuição ainda são escassos. No Brasil, mesmo com a inúmera quantidade e diversidade de ambientes aquáticos, poucos estudos têm dado enfoque para a distribuição vertical do zooplâncton (e.g., Matsumura-Tundisi et al. 1984; Nogueira & Panarelli, 1997; Bini et al., 2001; Bezerra-Neto & Pinto-Coelho, 2002; Maia-Barbosa et al., 2003; Keppeler & Hardy, 2004).

Para o Lago Paranoá, pouco se conhece sobre a distribuição vertical do zooplâncton, restringindo-se a apenas dois trabalhos realizados na década de 80. Freitas (1983) estudou a distribuição vertical de microcrustáceos planctônicos na região norte do reservatório (braço do Ribeirão Bananal) e Alves et al. (1988) analisou as variações verticais dos parâmetros físicos, químicos e biológicos durante um período de 24 horas, no ponto central do reservatório (próximo à barragem).

Devido a essa escassez de trabalhos em regiões tropicais e, principalmente no Brasil, o presente estudo tem como um dos objetivos contribuir para o conhecimento da distribuição vertical da comunidade zooplanctônica em reservatórios tropicais brasileiros.

1-1 – Objetivos

O presente capítulo tem como objetivos:

- Avaliar a distribuição vertical da comunidade zooplanctônica no período de seca;
- Identificar os possíveis fatores de influência na distribuição vertical das principais espécies zooplanctônicas;
- Contribuir para o conhecimento da distribuição vertical da comunidade zooplanctônica no Lago Paranoá.

Material e Métodos

2-1 – Amostragem

As amostras foram coletadas semanalmente em dois meses do período de seca (agosto e setembro de 2005), em região limnética do braço do Riacho Fundo (15° 49' 81" S e 47° 53' 18" W), Lago Paranoá, DF (figura 1; capítulo 1). As coletas foram realizadas sempre pela manhã entre 9:00 e 11:00 h.

2-2 – Variáveis Físicas e Químicas

2-2-1 – Temperatura da água

A medida da temperatura da água foi realizada por meio do aparelho YSI 30 (*Yellow Springs Instruments* modelo 30), precisão de 0,5°C, que possui um termistor acoplado a extremidade de um cabo de 15 metros. O perfil térmico foi feito de metro a metro, da superfície até 10 metros de profundidade. O perfil foi plotado com auxílio do programa Surfer.

2-2-2 – pH, Condutividade elétrica e Oxigênio dissolvido

A coleta das amostras de água para a obtenção dos valores de pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, foi feita com o auxílio de garrafa de Van Dorn de cinco litros de capacidade a 1, 3, 6 e 9 metros de profundidade. Essas, por sua vez, foram acondicionadas em frascos de vidro com tampa esmerilhada. As amostras de oxigênio dissolvido foram devidamente fixadas em campo, para posterior análise no laboratório.

O pH e a condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) foram medidos em laboratório com um medidor de pH Micronal e um condutivímetro Digimed, devidamente calibrados. O oxigênio dissolvido (mg/l) foi determinado pelo método titulométrico de Winkler, descrito em Golterman et al. (1978). Os resultados obtidos foram expressos tanto em concentração como em porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido.

2-3 – Zooplâncton

2-3-1 – Coleta e Preservação

As coletas de zooplâncton foram realizadas nas profundidades de 1, 3, 6 e 9 metros com auxílio de garrafa de Van Dorn (5 litros de capacidade) e concentradas em rede de plâncton de malha igual a $68\ \mu\text{m}$. O procedimento de coleta foi repetido seis vezes em cada profundidade, com um total de 30 litros filtrados para cada estrato.

As amostras foram coradas com Rosa de Bengala, e em seguida preservadas em formaldeído glicosilado com uma concentração final de 4%.

2-3-2 – Análise Qualitativa

A identificação dos organismos foi realizada por meio de microscópio óptico invertido Zeiss modelo Telaval 31(aumento de até 1000x), com o auxílio de obras especializadas como Koste (1978); Brandorff et al. (1982); Matsumura-Tundisi (1983); Reid (1985); Ruttner-Kolisko (1972); Elmoor-Loureiro (1997); Elmoor-Loureiro et al. (2004); Fernando (2002), e consulta a especialistas.

2-3-3 – Análise Quantitativa

Para a contagem dos organismos, foram utilizadas as recomendações descritas em Edmondson & Winberg (1971).

O volume de cada amostra foi medido em uma proveta graduada, e em seguida, esta foi homogeneizada para retirada de sub-amostras para a análise quantitativa do zooplâncton.

Para a contagem de rotíferos e náuplius foram retiradas sub-amostras, com o auxílio de uma pipeta não seletiva Stempel de capacidade de 1,0 ml, até completar 3,0 ml avaliado para cada amostra. As sub-amostras foram analisadas em câmara de contagem do tipo Sedwick-Rafter sob microscópio óptico invertido Zeiss.

A contagem de microcrustáceos foi realizada a partir de sub-amostras de 4,0 ml (não seletivas), analisadas em câmaras de contagem quadriculada do tipo Bogorov sob lupa estereoscópica com aumento de até 80x. As amostras foram contadas até a obtenção de no mínimo 100 indivíduos da espécie mais abundante (considerando todos os seus estágios de desenvolvimento) ou um total de 300 indivíduos ao final (Kurki et al. 1999).

2-4 – Análise dos Dados

2-4-1 – Densidade

Foi calculada a densidade para cada taxa, estágio de desenvolvimento (copépodos), grupo e comunidade total em cada uma das profundidades avaliadas. Os valores de densidade de cada estágio de desenvolvimento dos copepodas (náuplius, copepodito e adultos) foram somados para a obtenção da densidade total da espécie.

O valor de densidade foi obtido através da seguinte fórmula:

$$N^{\circ} \text{ org./l} = (mFC) / V_f;$$

m = número de organismos do taxa observados na contagem;

FC = v_t/v_c , onde: FC = fator de concentração; v_t = volume total da amostra em ml; v_c = volume contado (câmaras);

V_f = volume filtrado pela rede de coleta (em litros);

2-4-2 – Riqueza, Diversidade, Equitabilidade e Similaridade

A riqueza (S) de cada amostra analisada foi avaliada de acordo com o número total de taxa presentes.

A diversidade das comunidades foi estimada pelo índice de diversidade de Shannon-Weaver (H' , dado em bits/indivíduo), utilizando-se logaritmo na base neperiana.

A equitabilidade (J) foi calculada com base no índice proposto por Pielou.

Os três atributos foram avaliados para cada profundidade estudada.

As comunidades zooplanctônicas entre as profundidades avaliadas foram comparadas pelo índice de similaridade de Sorensen.

2-5 – Análise estatística

2-5-1 – Estatística Descritiva

Foi realizada a estatística descritiva das variáveis físicas, químicas e biológicas para cada uma das profundidades avaliadas. Foram calculadas as médias, desvio padrão, valores máximos e mínimos e coeficiente de variação (CV, em %).

2-5-2 – Comparação das Variáveis e da Comunidade

Foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar se as variáveis estudadas apresentavam ou não distribuição normal. Essa verificação foi realizada com o intuito de caracterizar a utilização da análise mais adequada aos dados.

A comparação dos valores de densidade (total e dos grupos zooplanctônicos), atributos da comunidade, variáveis físicas e químicas entre as diferentes profundidades foi realizada pela análise de variância (ANOVA). Para as variáveis que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre profundidades foi feito o teste de Tukey entre pares de profundidade.

Apesar das variáveis analisadas não terem apresentado distribuição normal, optou-se pelo uso da ANOVA, por esta ser considerada uma análise robusta que leva

a bons resultados mesmo quando as variáveis apresentam desvios em relação à normalidade (Zar, 1999).

Foi realizada uma análise de agrupamento (Cluster Analysis), método Nearest Neighbor de aglomeração e associação por meio da distância Euclidiana. Segundo essa análise as profundidades foram agrupadas em função da composição das comunidades zooplanctônicas.

As análises citadas foram realizadas através do programa estatístico SPSS 10.0 (Statistical Package for Social Science) (Nie et al., 1981) e pelo programa PCORD 4.0 – Multivariate Analysis of Ecological Data (McCure & Mefford, 1999).

2-5-3 – Análise Integrada das Variáveis Bióticas e Abióticas

A análise integrada das variáveis bióticas e abióticas foi realizada por meio de Análise de Correspondência Canônica (ACC), a partir dos dados de todas as profundidades avaliadas.

Os dados abióticos foram transformadas por $\log(x+1)$, com o intuito de minimizar possíveis distorções ocasionadas pelas diferenças nas escalas das variáveis analisadas.

Para a parte biológica foram selecionadas apenas as espécies com densidade média igual ou maior a 1 ind./l em pelo menos uma das profundidades avaliadas. Os dados de densidade foram transformados por [raiz² de (x + 0,5)] com o intuito de amenizar o peso das espécies dominantes.

A Análise de Correspondência Canônica foi realizada por meio do programa PCORD 4.0 – Multivariate Analysis of Ecological Data (McCure & Mefford, 1999).

Resultados

3-1 - Variáveis Físicas e Químicas

A tabela I, em anexo, apresenta a estatística descritiva das variáveis físicas e químicas avaliadas a 1, 3, 6 e 9 metros de profundidade no período de seca (agosto e setembro) durante o ano de 2005, no Braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

A tabela 1 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA) na comparação das variáveis abióticas entre as diferentes profundidades. Todas as variáveis abióticas analisadas (temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido) apresentaram diferenças significativas entre as profundidades (ANOVA, $p < 0,05$).

3-1-1 - Estrutura térmica

A figura 1 representa a estrutura térmica registrada para o período de seca no braço do Riacho Fundo.

O período avaliado apresentou temperaturas variando de 20,9 a 26,3 °C, com predomínio de perfis mais isotérmicos até 6 metros de profundidade e episódios de microestratificações principalmente nas regiões mais profundas. Foi observado aumento de temperatura e de microestratificações na segunda metade do período.

Em relação às quatro profundidades avaliadas (1,3,6 e 9 m), a temperatura da água variou de 21,2 °C (9 m) a 25,5 °C (1 m) (figura 2a).

A temperatura média encontrada foi de $24 \pm 1,1$ (CV = 4,7%) a 1 metro, $23,9 \pm 1,1$ (CV = 4,7%) a 3 metros, $23,4 \pm 1,0$ (CV = 4,1%) a 6 metros e $22,5 \pm 1,2$ (CV =

5,3%) a 9 metros de profundidade. A temperatura da água a 1 metro foi significativamente superior à encontrada a 9 metros (Tukey, $p < 0,05$; tabela 2).

3-1-2 - pH

Os valores médios de pH registrados foram de $7,2 \pm 0,2$ (CV = 2,9%) para 1 metro de profundidade, $7,2 \pm 0,2$ (CV = 2,7%) para 3 metros, $7,0 \pm 0,2$ (CV = 2,6%) para 6 metros e $6,6 \pm 0,2$ (CV = 3,6%) a 9 metros de profundidade. O pH variou de 6,3 (9m) a 7,6 (1m) (figura 2b). Os valores de pH a 9 metros foram significativamente inferiores aos registrados para as outras profundidades (Tukey, $p < 0,05$; tabela 2).

3-1-3 - Condutividade elétrica

A condutividade elétrica variou de $83 \mu\text{S/cm}$ (9m) a $135 \mu\text{S/cm}$ (1m) (figura 2c). Os valores médios observados em cada profundidade foram $121,4 \pm 10,4$ (CV = 8,5%), $111,8 \pm 6,7$ (CV = 6,0%), $106,9 \pm 11,6$ (CV = 10,8%) e $97,6 \pm 15,9$ (CV = 16,3%) para 1, 3, 6 e 9 metros, respectivamente. Os valores de condutividade elétrica a 1 metro de profundidade foram significativamente superiores aos registrados para 9 metros (Tukey, $p < 0,05$; tabela 2).

3-1-4 - Oxigênio dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido variou de $1,0 \text{ mg/l}$ (1m) a $8,8 \text{ mg/l}$ (3m) (figura 2d). Os valores médios registrados foram de $7,5 \pm 0,8$ (CV = 10,9%) para 1 metro, $7,4 \pm 0,9$ (CV = 11,6%) para 3 metros, $6,3 \pm 0,7$ (CV = 10,4%) para 6 metros e $3,3 \pm 1,6$ (CV = 47,5%) para 9 metros. As concentrações de oxigênio dissolvido a 9 metros foram significativamente inferiores as das demais profundidades (Tukey, $p < 0,05$; tabela 2).

Os valores de porcentagem de saturação de oxigênio registrados estiveram relacionados à concentração de oxigênio dissolvido e não à temperatura. Foi observada uma redução gradativa do valor médio de porcentagem de saturação com o aumento da profundidade. Os valores médios registrados foram de 100,5% a 1 metro,

98,4% a 3 metros, 83,9% a 6 metros e 43,1% a 9 metros de profundidade. Episódios de supersaturação foram observados apenas nas profundidades de 1 e 3 metros, com uma maior ocorrência na primeira profundidade citada.

3-2 – Comunidade Zooplanctônica

3-2-1 - Composição

No período de estudo foi encontrado um total de 40 táxons, pertencentes aos grupos Rotifera, Cladocera, Copepoda, larvas de Diptera (*Chaoborus* sp.) e Turbellaria (*Mesostoma* sp.), os dois últimos sendo enquadrados no grupo dos predadores.

Houve o registro de 33 táxons na profundidade de 1 metro, 31 em 3 metros, 32 a 6 metros e 36 a 9 metros. Foi observado o mesmo padrão em todas as profundidades, com os Rotifera apresentando o maior número de táxons, seguido pelos Cladocera e por último Copepoda e predadores (figura 3). Na profundidade de 3 metros não foi observado o predador *Chaoborus* sp.

De uma forma geral, as profundidades avaliadas apresentaram uma composição de táxons semelhante. Houve o registro de 28 espécies (69%) comuns a todas as profundidades, 7 (18%) restritas a uma profundidade, 3 (8%) registradas em três profundidades e 2 (5%) observadas em duas profundidades. Dos 7 táxons registrados em apenas uma profundidade 6 foram em relação a profundidade de 9 metros.

Os táxons zooplanctônicos registrados nas quatro profundidades foram praticamente os mesmos observados no capítulo anterior (tabela 4), com o acréscimo de mais sete táxons: *Trichocerca pusilla*, *T. similis*, *Synchaeta* sp., *Filinia longiseta*, *Filinia terminalis*, *Macrothrix laticornis* e *Brachionus calyciflorus* f. *amphiceros*, sendo os quatro últimos registrados pela primeira vez no braço do Riacho Fundo. Todos esses táxons foram observados somente a 9 metros de profundidade, com exceção do

Brachionus calyciflorus f. amphiceros que foi registrado também na profundidade de 1 metro.

3-2-2 – Riqueza (S), Diversidade (H'), Equitabilidade (J') e Similaridade

A riqueza média encontrada foi de 22 indivíduos (CV = 14%) a 1 metro, de 21 indivíduos (CV = 14%) em 3 e 6 metros e de 20 indivíduos (CV = 20%) a 9 metros de profundidade. Não foi observada diferença significativa de riqueza entre as profundidades avaliadas (ANOVA, $p > 0,05$; tabela 3).

O índice de diversidade apresentou valores médios de 2,47 bits/ind. (7%) a 1 metro, 2,51 bits/ind. (8%) em 3 metros, de 2,36 bits/ind. (13%) a 6 metros e de 2,15 bits/ind. (18%) a 9 metros de profundidade. Os valores de diversidade de Shannon a 3 metros foram significativamente superiores aos registrados a 9 metros (Tukey, $p < 0,05$; tabela 4).

Para a equitabilidade foram registrados valores médios de 0,80 (4%) a 1 metro, 0,82 (6%) a 3 metros, 0,78 (9%) a 6 metros e 0,71 (14%) em 9 metros de profundidade. Como observado para a diversidade, a equitabilidade a 3 metros apresentou valores significativamente superiores aos observados a 9 metros de profundidade (Tukey, $p < 0,05$; tabela 4).

A tabela II em anexo apresenta a estatística descritiva para os valores de riqueza, diversidade e equitabilidade para cada profundidade avaliada.

O índice de similaridade de Sorensen (tabela 5) mostrou uma grande semelhança entre as profundidades de 1, 3 e 6 metros, com valores próximos a 100% de similaridade, e uma menor similaridade destas com a profundidade de 9m. Apesar da menor semelhança, os valores de similaridade em relação à maior profundidade foram altos (maiores que 0,8). Esse padrão foi observado, também, na análise de agrupamento em relação à estrutura da comunidade zooplanctônica entre as profundidades (figura 4), com um maior agrupamento entre as camadas superiores em comparação a de 9 metros.

3-2-3 – Densidade Total e dos Grupos

Os valores de média, desvio padrão (S), coeficiente de variação, mínimo e máximo para a densidade total e dos grupos zooplanctônicos em cada profundidade analisada, encontram-se descritos na tabela 6.

Os valores médios de densidade total variaram de 186 ± 126 ind./l (CV = 68%) na profundidade de 9 metros a $250,6 \pm 127,2$ ind./l (51%) em 3 metros. Apesar dessa variação a densidade total não diferiu significativamente entre as profundidades (ANOVA, $p > 0,05$; tabela 7). A variação vertical da densidade zooplanctônica total no período de seca está representada na figura 5.

A densidade total de Cyclopoida variou de 42 ± 17 ind./l (CV = 40%) em 1 metro a $63,5 \pm 54,4$ ind./l (CV = 85%) em 6 metros de profundidade, a de Calanoida variou de $8,3 \pm 6,4$ ind./l (CV = 77%) em 9 metros a $21,7 \pm 12$ ind./l (CV = 55%) em 1 metro, a de Cladocera variou de $29,4 \pm 18,2$ ind./l (CV = 62%) em 9 metros a $57,9 \pm 39,3$ ind./l (CV = 68%) em 1 metro e a de Rotifera variou de $89 \pm 84,3$ ind./l (CV = 95%) em 9m a $127,3 \pm 78,3$ ind./l (CV = 61%) em 1 metro de profundidade. Os valores de densidade de Calanoida na profundidade de 1 metro foram significativamente superiores aos registrados a 9 metros (Tukey, $p < 0,05$; tabela 8). Os valores de densidade dos outros grupos zooplanctônicos não apresentaram diferença significativa entre as profundidades avaliadas (ANOVA, $p > 0,05$; tabela 7).

A densidade total de predadores apresentou valores médios inferiores a 1 ind/l em todas as profundidades avaliadas, não sendo registrada diferença significativa entre as profundidades (ANOVA, $p > 0,05$; tabela 7).

3-2-4 – Análise Integrada das Variáveis Bióticas e Abióticas

Os resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) entre as variáveis abióticas e as espécies selecionadas estão representados na figura 6 e tabela 9.

De acordo com o teste de Monte Carlo, usando 999 permutações, todas as ordenações foram estatisticamente significativas ($p < 0,01$). Os dois primeiros eixos da ACC representaram 32,9% da variabilidade dos dados, sendo 24,8% relativos ao eixo 1 e 8,1% ao eixo 2.

Os resultados observados no eixo 1 da ACC mostraram uma nítida separação entre as amostras da primeira metade do período seco (agosto) e as da segunda metade (setembro).

A variável abiótica correlacionada com eixo 1 foi a temperatura ($r = 0,754$). As espécies mais correlacionadas com esse eixo foram *Keratella americana* ($r = 0,708$), *Ceriodaphnia silvestrii* ($r = 0,681$), *Keratella cochlearis* ($r = 0,661$), *Bosmina hagmanni* ($r = 0,625$) e *Collotheca ornata* ($r = - 0,63$), sendo as quatro primeiras relacionadas às maiores temperaturas do mês de setembro e a última às menores temperaturas do mês de agosto.

No eixo 2 da ACC observa-se que as amostras se ordenaram em função da variabilidade vertical, apresentando uma separação entre as amostras das diferentes profundidades. Essa separação se deu principalmente em relação às amostras de 1 (parte positiva do eixo) e 9 metros de profundidade (parte negativa).

A condutividade elétrica (0,785) foi a variável abiótica de destaque no eixo 2. As espécies *Bosmina hagmanni* ($r = 0,562$), *Diaphanosoma birgei* ($r = 0,557$) e *Bosmina freyi* ($r = 0,556$) foram as de maior correlação com o eixo, todas relacionadas aos maiores valores de condutividade elétrica registrados, principalmente, nas amostras de 1 m de profundidade.

Discussão

4-1 – O Ambiente Vertical do Zooplâncton

A distribuição vertical do zooplâncton é um exemplo clássico de escolha de habitat ótimo influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos, cujo caráter e importância mudam no espaço e tempo (Lampert et al., 2003). Segundo Leibold (1990), essa distribuição pode variar desde situações em que a população encontra-se inteiramente restrita a um determinado habitat (camada), a situações onde a população encontra-se distribuída de forma homogênea em toda a coluna d' água. Esse padrão vai depender de como estejam arranjadas as variáveis de influência ao longo do eixo vertical.

No presente estudo, a análise da estrutura térmica revelou um sistema de mistura, praticamente sem formação de camadas, com pequenas regiões de maior estabilidade da coluna d' água. O perfil térmico praticamente homogêneo até 6 metros em todo o período, resultou em uma distribuição semelhante dos valores de pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido até essa profundidade. A diferença de temperatura entre a superfície e a camada mais profunda (9 metros) parece ter gerado uma pequena diferença de densidade entre as massas de água que foi capaz de criar no fundo uma região de menor circulação, o que pode ter contribuído para as diferenças entre os valores das variáveis abióticas observadas entre as camadas mais superficiais e a de 9 metros.

A presença de processos de decomposição de matéria orgânica próximos ao sedimento pode ser também, uma das explicações para as diferenças encontradas

nas amostras a 9 metros. Um ambiente de decomposição no fundo justificaria os menores valores de pH e oxigênio dissolvido registrados, além da maior instabilidade nos valores das variáveis abióticas (coeficientes de variação altos) observados nessa camada. Processos ocorridos próximo ao sedimento poderiam influenciar rapidamente no ambiente a 9 m devido à proximidade entre essas camadas, já que o valor médio de profundidade total registrado nesse período foi de 10,8 metros.

4-2 – Estrutura Vertical do Zooplâncton

De uma forma geral, a composição e os atributos da comunidade zooplanctônica apresentaram-se bastante semelhantes entre as diferentes profundidades, provavelmente relacionado à intensa mistura das massas de água observada nesse período. Infante (1993) e Fernández-Rosado & Lucena (2001) em estudo no lago Valencia e reservatório La Concepción, respectivamente, observaram que em pontos ou períodos de permanente mistura da coluna d'água a comunidade zooplanctônica apresentou-se homoganeamente distribuída da superfície ao fundo.

A relativa diferença de composição encontrada entre os estratos superiores (1, 3 e 6 metros) e a profundidade de 9 metros, parece estar principalmente associada à maior variação e a diferença nos valores dos componentes abióticos registrados no fundo em relação às camadas mais superficiais. Segundo Zadereev & Tolomeyev (2007), um ecossistema com microhabitats separados no espaço promovem ao zooplâncton a oportunidade de selecionar habitats ótimos para seu desenvolvimento. Dentre as espécies observadas exclusivamente na profundidade de 9 metros, cinco eram representantes do grupo Rotifera e a outra era o cladóceros *Macrothrix laticornis*. Os Rotifera são apontados por diversos autores (e.g., Matsumura-Tundisi et al., 1990; Nogrady et al. 1993) como sendo, de uma forma geral, capazes de se adaptar rapidamente aos ambientes mais instáveis e dinâmicos, o que pode talvez justificar a presença destas espécies no estrato mais profundo. Já o *Macrothrix laticornis* é

considerado um organismo de fundo associado ao substrato (Fryer, 1974, apud Elmoor-Loureiro et al., 2004), desta forma a ocorrência desta espécie tipicamente não-planctônica na amostra de 9 m é facilmente explicada pela proximidade entre esse estrato e o sedimento (profundidade total média igual a $10,8 \pm 0,6$ metros no período).

Segundo Kübar et al. (2005), microhabitats criados pela variabilidade dos fatores bióticos e abióticos ao longo da coluna d'água oferecem diferentes condições de vida e alimentação para o zooplâncton. Desta forma, variações nesses fatores podem gerar diferenças na distribuição vertical da comunidade como um todo.

No presente estudo, as diferenças nos valores das variáveis abióticas entre as camadas superiores e a do fundo parecem não ter sido suficientes para gerar uma distribuição diferenciada de densidade total entre os estratos. Em estudo realizado por Helland et al. (2007) foi observada uma forte influência da temperatura na distribuição vertical do zooplâncton, com uma separação mais nítida entre as camadas nos períodos com maiores diferenças de temperatura. Keppeler & Hardy (2004) observaram que camadas com baixas concentrações de oxigênio dissolvido não representavam um ambiente qualificado para a maior parte do zooplâncton, agindo desta forma como fator de grande influência na distribuição vertical desta comunidade. Wissel e Ramacharan (2003) também registraram diferenças na distribuição do zooplâncton na coluna d' água em decorrência de variações dos fatores abióticos entre as diferentes camadas.

Em relação à densidade de Copepoda, apenas os Calanoida apresentaram diferença de densidade entre as profundidades, com maiores valores sendo observados na profundidade de 1 metro em relação a 9 metros. A maior instabilidade das variáveis (CV altos) observada no fundo (9 metros) pode ter contribuído para as menores densidades de Calanoida observadas nessa camada, já que estes organismos são considerados muito sensíveis a mudanças nos fatores físicos e químicos do ambiente (Matsumura-tundisi & Tundisi, 2003). Lansac-Tôha et al. (1992) e Vuorinen et al. (1999) observaram que os Calanoida se distribuíram

preferencialmente em camadas de maior mistura com maiores concentrações de oxigênio dissolvido. Este padrão assinalado pelos autores pode constituir em outro fator determinante para as maiores densidades observadas na superfície em relação ao fundo. Um terceiro fator que pode ter contribuído para as maiores densidades observadas a 1 metro, foi à provável maior disponibilidade de recurso alimentar (clorofila *a*) nessa camada, medida indiretamente pela concentração e saturação de oxigênio dissolvido. Yamamoto & Nakahara (2006) observaram uma forte influência do recurso alimentar na distribuição vertical de copépodos. Maia-Barbosa et al. (2003) por sua vez, observaram que o recurso alimentar não era apenas um fator importante para a distribuição vertical das populações de Copepoda, mas sim um fator chave para essa dinâmica.

Estudos limnológicos têm demonstrado à importante influência do oxigênio dissolvido e da temperatura na explicação da distribuição vertical de rotíferos e cladóceros (e.g., Matsumura-Tundisi et al., 1984; Infante, 1993; Nogueira & Panarelli, 1997; Bini et al., 2001; Thackeray et al., 2006; Grzegorz et al., 2005). Em estudo no lago Dom Helvécio (MG), Maia-Barbosa et al. (2003) observaram uma distribuição preferencial dos rotíferos nas camadas mais quentes e com maiores concentrações de oxigênio da superfície. No presente estudo, as densidades de Cladocera e Rotifera não apresentaram diferença entre as profundidades avaliadas, apesar dos maiores valores de temperatura observados na superfície em relação ao fundo e das maiores concentrações de oxigênio dissolvido observadas nas três profundidades em relação à 9 metros.

A importância dos predadores invertebrados na distribuição vertical do zooplâncton tem sido demonstrada em diversos trabalhos (e.g., Leibold, 1990; Bezerra-Neto & Pinto-Coelho, 2002; Boeing et al., 2004; Hudcovicová & Vranovský, 2006). No período de estudo os predadores invertebrados (*Chaoborus* sp. e *Mesostoma* sp.) apresentaram-se distribuídos homogeneamente e em densidades

relativamente baixas em todas as profundidades avaliadas, não sendo capazes de influenciar na distribuição vertical do zooplâncton.

Os resultados observados na análise de correspondência canônica foram de suma importância para a identificação dos fatores de influência que regeram a dinâmica do ecossistema no período de estudo. Na avaliação da interação entre a comunidade zooplanctônica e o ambiente, a análise revelou que a distribuição vertical das espécies zooplanctônicas mostrou ser muito pouco representativa, explicando apenas 8,1% da variabilidade dos dados, corroborando com os outros resultados observados no presente estudo. Apesar da baixa porcentagem de explicação, foi observada uma nítida separação entre as profundidades avaliadas, principalmente entre as camadas de 1 e 9 metros. A análise mostrou uma associação entre os maiores valores de condutividade elétrica observados a 1 metro e os três cladóceros *Bosmina hagmanni*, *Diaphanosoma birgei* e *Bosmina freyi*, ressaltando uma possível importância dessa variável na determinação da distribuição vertical de algumas espécies de Cladocera. Segundo Ringelberg (1980, apud Nogueira & Panarelli, 1997) o posicionamento vertical na coluna d'água por parte de espécies zooplanctônicas constitui-se num comportamento próprio de cada espécie, de acordo com suas características evolutivas e adaptabilidade às condições do meio.

A ACC mostrou ainda, que uma maior e considerável parcela da representatividade da variação dos dados (24,8%) foi atribuída a uma variação temporal dentro do próprio período de seca, com as diferenças de temperatura entre os meses de agosto e setembro sendo determinantes para a dinâmica de algumas espécies zooplanctônicas. Esse resultado corrobora e reforça a necessidade de estudos de curta duração em períodos de sazonalidade marcada (capítulo anterior), já que, como visto, a importância e influência do clima na funcionalidade do ecossistema é marcante, podendo atuar de forma determinante até mesmo dentro de um mesmo período climático.

Apesar dos padrões visualizados, a porcentagem de explicação total obtida pela ACC (32,9%) sugere que outros fatores não abordados neste capítulo atuando na variação das populações zooplanctônicas do Riacho Fundo.

Por fim, é importante salientar que talvez em sistemas como o Lago Paranoá onde ocorre uma freqüente mistura de massas de água e não são observadas estratificações mais estáveis da coluna d'água, as variações temporais (climáticas) sejam mais importantes e influentes na dinâmica da comunidade zooplanctônica do que as verticais.

Conclusões

I – Um sistema com intensa mistura de massas de água resultou em atributos da comunidade zooplanctônica semelhantes entre as diferentes profundidades avaliadas. As maiores diferenças encontradas no estrato mais profundo (9 metros) estão provavelmente relacionadas à maior instabilidade dos fatores abióticos (CV altos) e relativa menor circulação da coluna de água observada nessa profundidade.

II – Para a maioria dos grupos zooplanctônicos, as diferenças nos valores das variáveis abióticas entre as camadas superiores e a do fundo parecem não ter sido suficientes para gerar uma distribuição diferenciada de densidade entre as profundidades.

III – A distribuição vertical dos Calanoida parece ser influenciada pelo grau de variação dos fatores abióticos, concentração de oxigênio dissolvido e disponibilidade de recurso alimentar.

IV – Em sistemas como o Lago Paranoá onde ocorre uma freqüente mistura de massas de água e não são observadas estratificações mais estáveis da coluna d'água, as variações temporais (climáticas) parecem ser mais importantes e influentes na dinâmica das espécies zooplanctônicas do que as verticais.

Figuras e Tabelas

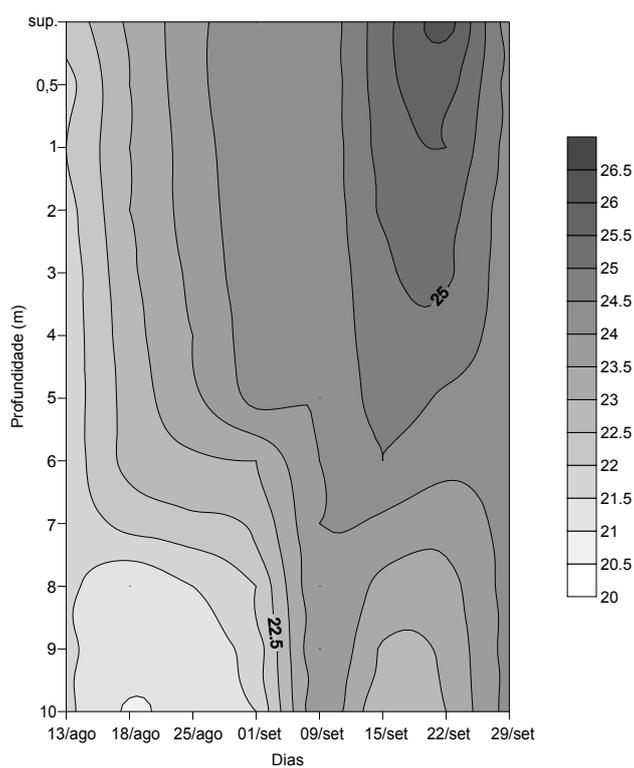


Figura 1 – Estrutura térmica no período de seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

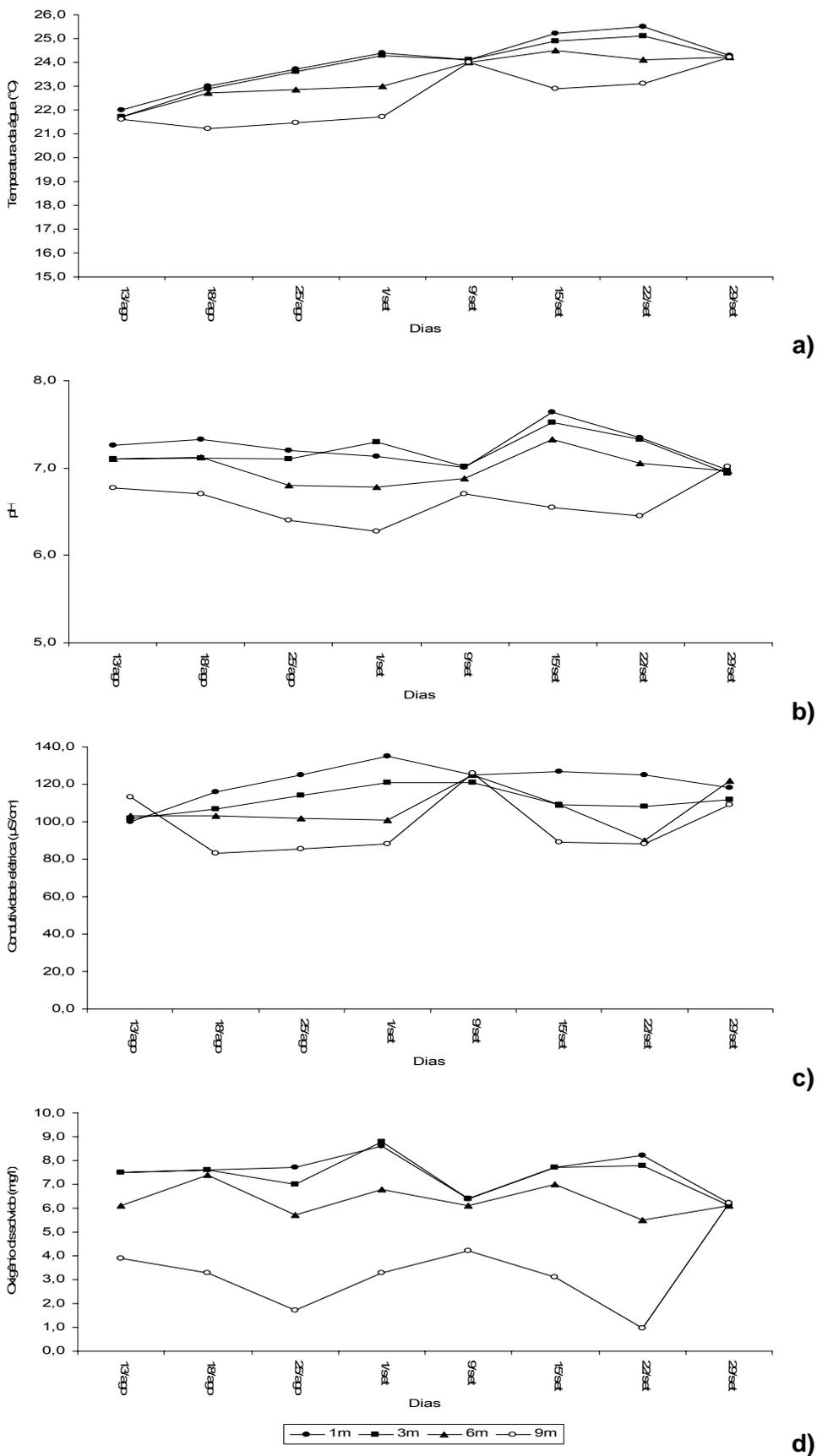


Figura 2 – Dados de temperatura da água (a), pH (b), condutividade elétrica (c) e oxigênio dissolvido (d) para as quatro profundidades avaliadas no período de seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

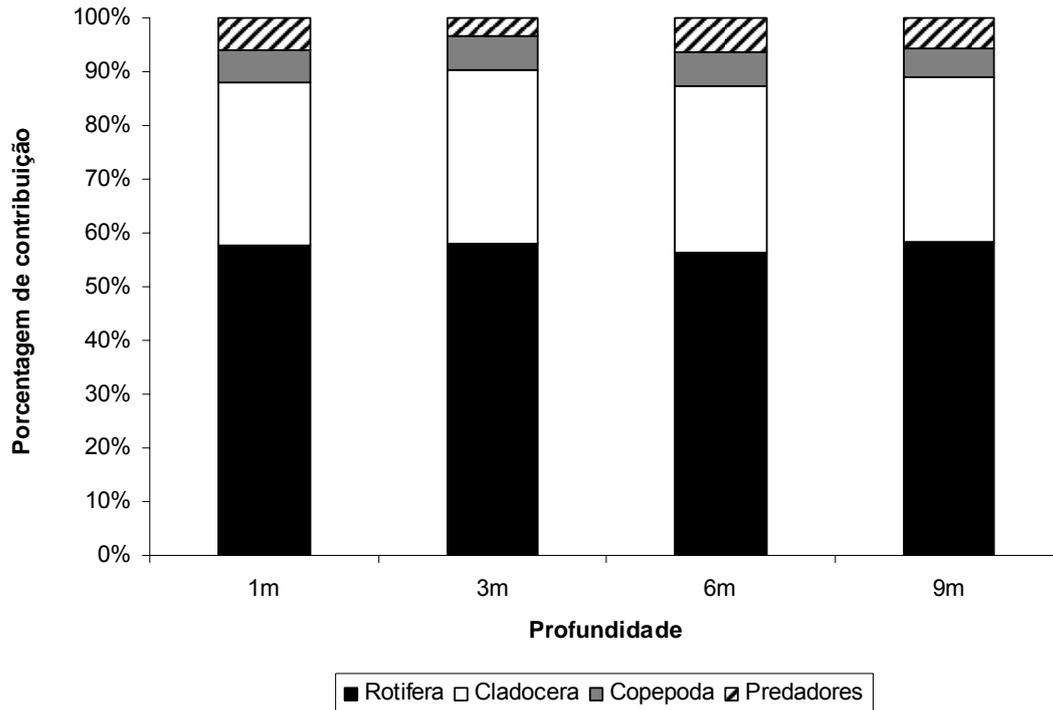


Figura 3 – Contribuição percentual dos grupos zooplancônicos e predadores em relação ao número de táxons registrados nas quatro profundidades avaliadas no período de seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

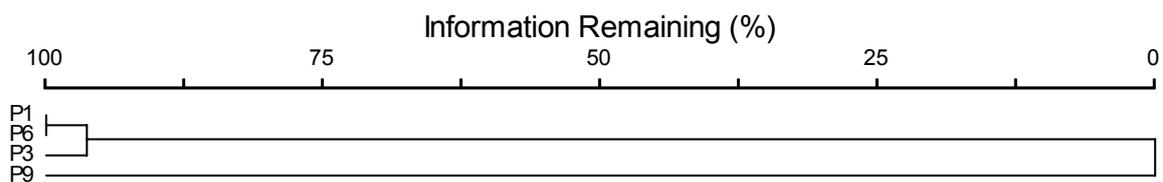


Figura 4 – Análise de agrupamento baseado na similaridade (Sorensen) das comunidades zooplancônicas entre as profundidades avaliadas no período de seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

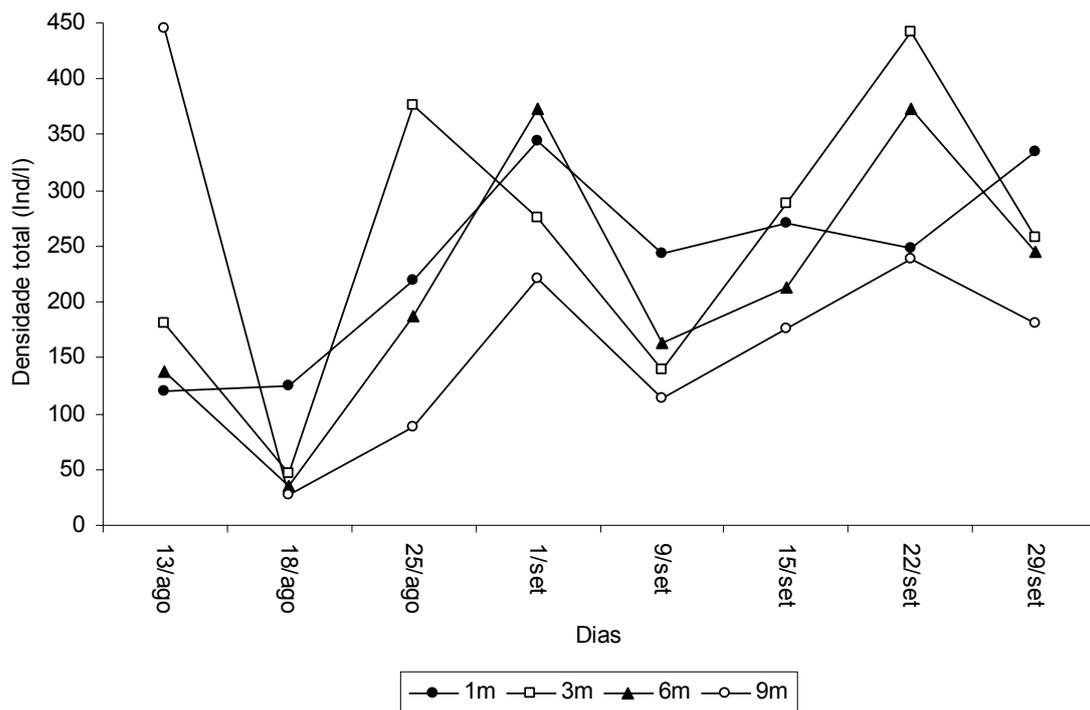


Figura 5 – Variação vertical da densidade zooplancônica no período de seca (agosto e setembro), no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

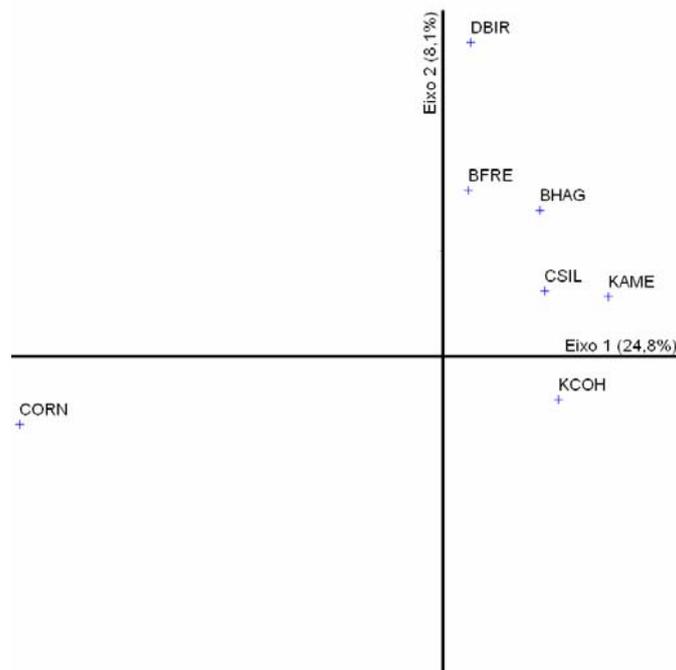
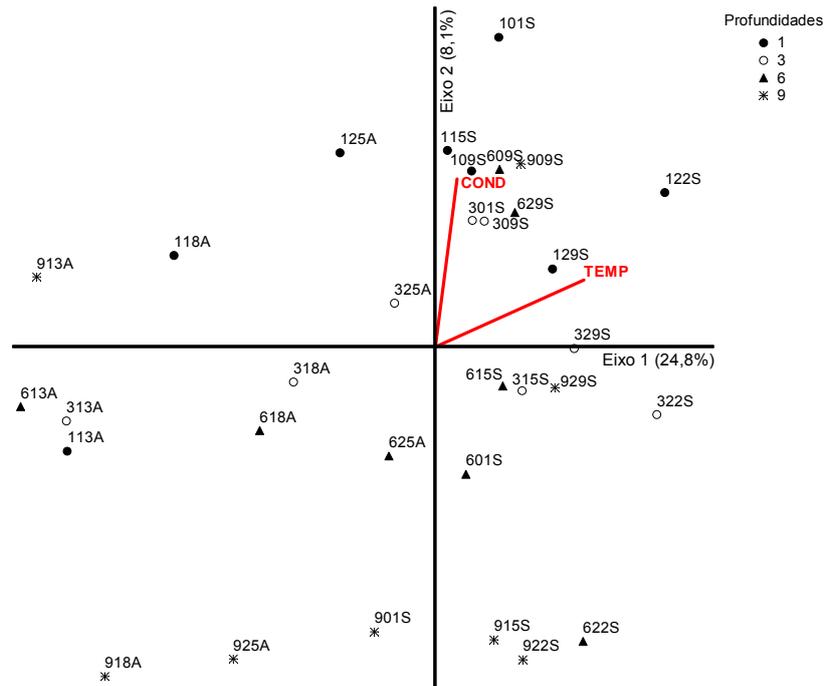


Figura 6 – Diagrama de ordenação (ACC) das unidades amostrais das quatro profundidades avaliadas no período de seca (agosto e setembro) gerado a partir de 4 variáveis ambientais e 21 espécies zooplânctônicas* no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. * Espécies com densidade média maior ou igual a 1 ind./l em pelo menos uma das profundidades. Para uma melhor visualização, as espécies foram plotadas em um gráfico separado e apenas as espécies com $r > 0,5$ em relação a um dos dois eixos de ordenação foram representadas no gráfico. Legenda das unidades amostrais: o primeiro número corresponde a profundidade, os dois outros números ao dia da coleta e a letra ao mês da coleta (ex: 913A = 9 metros, dia 13 de agosto). Legenda das espécies: ver tabela 8.

Tabela 1 – Análise de variância (ANOVA) entre as profundidades avaliadas em relação às variáveis abióticas, no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. Foram destacadas em negrito as variáveis que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$).

| Variável | F | p |
|------------------------|--------|--------------|
| Temperatura da água | 2,988 | 0,048 |
| pH | 15,288 | 0,000 |
| Condutividade elétrica | 5,896 | 0,003 |
| Oxigênio dissolvido | 17,074 | 0,000 |

Tabela 2 – Teste de Tukey entre as profundidades avaliadas para as variáveis abióticas que apresentaram diferença significativa na análise de variância (ANOVA). NS = não significativo ($p > 0,05$).

| | | Profundidade (m) | | | |
|------------------------|---|------------------|--------------|--------------|---|
| | | 1 | 3 | 6 | 9 |
| Temperatura | 1 | - | | | |
| | 3 | NS | - | | |
| | 6 | NS | NS | - | |
| | 9 | 0,049 | NS | NS | - |
| pH | 1 | - | | | |
| | 3 | NS | - | | |
| | 6 | NS | NS | - | |
| | 9 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | - |
| Condutividade elétrica | 1 | - | | | |
| | 3 | NS | - | | |
| | 6 | NS | NS | - | |
| | 9 | 0,002 | NS | NS | - |
| Oxigênio dissolvido | 1 | - | | | |
| | 3 | NS | - | | |
| | 6 | NS | NS | - | |
| | 9 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | - |

Tabela 3 – Análise de variância (ANOVA) entre as profundidades avaliadas em relação aos atributos da comunidade zooplanctônica, no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. Foram destacadas em negrito as variáveis que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$).

| Variável | F | p |
|--------------------|-------|--------------|
| Riqueza | 0,468 | 0,762 |
| Diversidade (H') | 3,164 | 0,048 |
| Equitabilidade (J) | 3,955 | 0,019 |

Tabela 4 – Teste de Tukey entre as profundidades avaliadas para os atributos da comunidade zooplanctônica que apresentaram diferença significativa na análise de variância (ANOVA). NS = não significativo ($p > 0,05$).

| | | Profundidade (m) | | | |
|---------------------|---|------------------|--------------|----|---|
| | | 1 | 3 | 6 | 9 |
| Diversidade (H') | 1 | - | | | |
| | 3 | NS | - | | |
| | 6 | NS | NS | - | |
| | 9 | NS | 0,048 | NS | - |
| | | 1 | 3 | 6 | 9 |
| Equitabilidade (J') | 1 | - | | | |
| | 3 | NS | - | | |
| | 6 | NS | NS | - | |
| | 9 | NS | 0,016 | NS | - |

Tabela 5 – Índice de similaridade de Sorensen entre as quatro profundidades avaliadas, no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF.

| | | Profundidades (m) | | | |
|---|------|-------------------|------|---|---|
| | | 1 | 3 | 6 | 9 |
| 1 | - | | | | |
| 3 | 0,95 | - | | | |
| 6 | 0,98 | 0,97 | - | | |
| 9 | 0,86 | 0,84 | 0,84 | - | |

Tabela 6 – Estatística descritiva das variáveis bióticas nas diferentes profundidades avaliadas, no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. S = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Mín. = mínimo; Máx. = máximo. Os valores de densidade estão representados em indivíduos/litro.

| Variável | Profundidade (m) | Média | S | CV (%) | Mín. - Máx. |
|-------------------------|------------------|-------|-------|--------|---------------|
| Densidade total | 1 | 238,3 | 83,4 | 35 | 120,7 – 344,4 |
| | 3 | 250,6 | 127,2 | 51 | 46,7 – 441,9 |
| | 6 | 216,0 | 115,0 | 53 | 34,6 – 373,8 |
| | 9 | 186,0 | 126,0 | 68 | 27,6 – 444,9 |
| Densidade de Cyclopoida | 1 | 42,4 | 17,0 | 40 | 19,7 – 69,0 |
| | 3 | 48,6 | 31,9 | 66 | 7,1 – 93,0 |
| | 6 | 63,5 | 54,4 | 86 | 7,7 – 161,8 |
| | 9 | 58,4 | 42,0 | 72 | 15,8 – 117,4 |
| Densidade de Calanoida | 1 | 21,7 | 12,0 | 55 | 8,1 – 39,5 |
| | 3 | 19,4 | 13,3 | 69 | 7,0 – 44,3 |
| | 6 | 14,9 | 8,0 | 54 | 3,2 – 24,2 |
| | 9 | 8,3 | 6,4 | 77 | 1,4 – 18,9 |
| Densidade de Cladocera | 1 | 57,9 | 39,3 | 68 | 2,7 – 130,6 |
| | 3 | 54,6 | 23,1 | 42 | 11,0 – 85,3 |
| | 6 | 45,2 | 20,4 | 45 | 6,8 – 73,0 |
| | 9 | 29,4 | 18,2 | 62 | 2,9 – 53,3 |
| Densidade de Rotifera | 1 | 115,4 | 43,3 | 38 | 55,2 – 191,1 |
| | 3 | 127,3 | 78,3 | 62 | 20,8 – 254,3 |
| | 6 | 91,8 | 60,4 | 66 | 16,8 – 201,6 |
| | 9 | 89,0 | 84,3 | 95 | 6,4 – 279,0 |

Tabela 7 – Análise de variância (ANOVA) entre as profundidades avaliadas em relação à densidade total e dos grupos zooplânctônicos, no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. Foram destacadas em **negrito** as variáveis que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$).

| Variável | F | p |
|-------------------------|-------|--------------|
| Densidade total | 0,617 | 0,610 |
| Densidade de Cyclopoida | 0,094 | 0,963 |
| Densidade de Calanoida | 3,619 | 0,025 |
| Densidade de Cladocera | 1,117 | 0,359 |
| Densidade de Rotifera | 0,999 | 0,408 |
| Densidade de Predadores | 0,242 | 0,866 |

Tabela 8 – Teste de Tukey entre as profundidades avaliadas para a variável biótica que apresentou diferença significativa na análise de variância (ANOVA). NS = não significativo ($p > 0,05$).

| | | Profundidade (m) | | | |
|------------------------|---|------------------|----|----|---|
| | | 1 | 3 | 6 | 9 |
| Densidade de Calanoida | 1 | - | | | |
| | 3 | NS | - | | |
| | 6 | NS | NS | - | |
| | 9 | 0,024 | NS | NS | - |

Tabela 9 – Resumo geral dos resultados da Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre as variáveis ambientais e as espécies zooplânctônicas descritoras. Foram destacadas as variáveis com $r > 0,5$ em relação a um dos dois eixos de ordenação.

| Variável | | Eixo 1 | Eixo 2 |
|---|---|--------------|------------|
| Síntese da ACC | Autovalores (λ) | 0,178 | 0,058 |
| | % de variância explicada | 24,8 | 8,1 |
| | Correlação espécie-ambiente | 0,900 | 0,790 |
| | Teste de Monte Carlo (autovalores) - p | 0,001 | 0,01 |
| | Teste de Monte Carlo (correlações espécie-ambiente) - p | 0,001 | 0,002 |
| | AEUC - <i>Ascomorpha ecaudis</i> | 0,114 | 0,256 |
| CORN - <i>Collotheca ornata</i> | -0,63 | -0,032 | |
| CUNI - <i>Conochilus unicornis</i> | 0,418 | 0,153 | |
| KAME - <i>Keratella americana</i> | 0,708 | 0,254 | |
| KCOH - <i>Keratella cochlearis</i> | 0,661 | 0,009 | |
| KCOT - <i>Keratella cochlearis var. tecta</i> | 0,061 | -0,053 | |
| KBOS - <i>Kellicotia bostoniensis</i> | 0,09 | -0,34 | |
| KTRO - <i>Keratella tropica</i> | 0,214 | 0,345 | |
| PVUL - <i>Polyarthra vulgaris</i> | -0,442 | 0,136 | |
| PVUP - <i>Polyarthra vulgaris f. proloba</i> | -0,333 | 0,123 | |
| TCHA - <i>Trichocerca chatttoni</i> | 0,427 | -0,153 | |
| BFRE - <i>Bosmina freyi</i> | 0,333 | 0,556 | |
| BHAG - <i>Bosmina hagmanni</i> | 0,625 | 0,562 | |
| CCOC - <i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i> | 0,114 | 0,236 | |
| CCOR - <i>Ceriodaphnia cornuta rigaudii</i> | 0,368 | 0,245 | |
| CSILV - <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> | 0,681 | 0,348 | |
| DGES - <i>Daphnia gessneri</i> | -0,284 | 0,116 | |
| DBIR - <i>Diaphanosoma birgei</i> | 0,203 | 0,557 | |
| DSPI - <i>Diaphanosoma spinulosum</i> | 0,044 | 0,433 | |
| NCEA - <i>Notodiatomus cearensis</i> | 0,349 | 0,352 | |
| TDEC - <i>Thermocyclops decipiens</i> | 0,106 | -0,26 | |
| COND – Condutividade elétrica | 0,107 | 0,785 | |
| TEMP – Temperatura da água | 0,754 | 0,312 | |
| PH – pH | 0,182 | 0,382 | |
| OD – Oxigênio dissolvido | 0,196 | 0,467 | |

Anexo

Tabela I – Estatística descritiva das variáveis abióticas nas quatro profundidades avaliadas, no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. S = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Mín. = mínimo; Máx. = máximo.

| Variável | Profundidade (m) | Média | S | CV (%) | Mín. – Máx. |
|--------------------------------|------------------|-------|------|--------|---------------|
| Temperatura da água (°C) | 1 | 24,0 | 1,1 | 4,7 | 22,0 – 25,0 |
| | 3 | 23,9 | 1,1 | 4,7 | 21,7 – 25,1 |
| | 6 | 23,4 | 1,0 | 4,1 | 21,7 – 24,5 |
| | 9 | 22,5 | 1,2 | 5,3 | 21,2 – 24,2 |
| pH | 1 | 7,2 | 0,2 | 2,9 | 7,0 – 7,6 |
| | 3 | 7,2 | 0,2 | 2,7 | 6,9 – 7,5 |
| | 6 | 7,0 | 0,2 | 2,6 | 6,8 – 7,3 |
| | 9 | 6,6 | 0,2 | 3,6 | 6,3 – 7,0 |
| Condutividade elétrica (µS/cm) | 1 | 121,4 | 10,4 | 8,5 | 100,0 – 135,0 |
| | 3 | 111,8 | 6,7 | 6 | 102,0 – 121,1 |
| | 6 | 106,9 | 11,6 | 10,8 | 90,0 – 125,0 |
| | 9 | 97,6 | 15,9 | 16,3 | 83,0 – 125,7 |
| Oxigênio dissolvido (mg/l) | 1 | 7,5 | 0,8 | 10,9 | 6,2 – 8,6 |
| | 3 | 7,4 | 0,9 | 11,6 | 6,1 – 8,8 |
| | 6 | 6,3 | 0,7 | 10,4 | 5,5 – 7,4 |
| | 9 | 3,3 | 1,6 | 47,5 | 1,0 – 6,2 |

Tabela II – Estatística descritiva dos atributos da comunidade zooplanctônica nas quatro profundidades avaliadas, no braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá, DF. S = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Mín. = mínimo; Máx. = máximo.

| Variável | Profundidade (m) | Média | S | CV (%) | Mín. – Máx. |
|---------------------|------------------|-------|------|--------|-------------|
| Riqueza (S) | 1 | 22 | 3 | 14 | 18 – 28 |
| | 3 | 21 | 3 | 14 | 17 – 26 |
| | 6 | 21 | 3 | 14 | 16 – 26 |
| | 9 | 20 | 4 | 20 | 14 – 25 |
| Diversidade (H') | 1 | 2,47 | 0,17 | 7 | 2,19 – 2,74 |
| | 3 | 2,51 | 0,19 | 8 | 2,21 – 2,78 |
| | 6 | 2,36 | 0,30 | 13 | 1,83 – 2,69 |
| | 9 | 2,15 | 0,39 | 18 | 1,40 – 2,59 |
| Equitabilidade (J') | 1 | 0,80 | 0,03 | 4 | 0,76 – 0,85 |
| | 3 | 0,82 | 0,05 | 6 | 0,74 – 0,91 |
| | 6 | 0,78 | 0,07 | 9 | 0,66 – 0,87 |
| | 9 | 0,71 | 0,10 | 14 | 0,53 – 0,83 |

Referências Bibliográficas

- Altafin, I. G., Mattos, S. P., Cavalcanti, C. G. B., Estuqui, V. R.** 1995. Paranoá Lake, Limnology and Recovery Program. In: **Tundisi, J. G., Bicudo, C. E. M., Matsumura-Tundisi, T.** (ed). Limnology in Brazil. p: 325 – 349.
- Alves, V. R. E., Cavalcanti, C. G. B., Mattos, S. P.** 1988. Análise comparativa de parâmetros físicos, químicos e biológicos, em um período de 24 horas, no lago Paranoá, Brasília- DF, Brasil. Acta Limnol. Brasil. Vol. 11: 199 – 218.
- Aoyagui, A. S. M., Bonecker, C. C., Lansac-Tôha, F. A., Velho, L. F. M.** 2003. Estrutura e dinâmica dos rotíferos no reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil. Acta Scientiarum: Biological Sciences. Maringá, 25 (1): 31 - 39.
- Arcifa, M. S., Gomes, E. A. T., Meschiatti, A. J.** 1992. Composition and fluctuations of the zooplankton of a tropical Brazilian reservoir. Arch. Hydrobiol. 123: 479 – 495.
- Arcifa, M. S.** 2000. Feeding habits of Chaoboridae larvae in a tropical Brazilian reservoir. Rev. Bras. Biol. 60(4).
- Azevedo, F.** 2006. Relações ecológicas da riqueza, densidade, massa individual e biomassa das assembléias zooplanctônicas em lagoas fechadas da planície de inundação do alto rio Paraná (PR-MS). Tese de doutorado. Universidade Estadual de Maringá. 72 p.
- Bezerra-Neto, J. F. & Pinto-Coelho, R. M.** 2002. A influência da larva de *Chaoborus brasiliensis* (Theobald, 1901) (Diptera, Chaoboridae) na distribuição vertical da comunidade zooplanctônica da lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. Acta Scientiarum Maringá, Vol. 24 (2): 337 – 344.
- Bini, M. L., Bonecker, C., Lansac-Tôha, F. A.** 2001. Vertical distribution of Rotifers on the upper Paraná river floodplain: the role of thermal stratification and Chlorophyll-a. Studies on Neotropical and Environmental. Vol. 36 (3): 241 – 246.
- Boeing, W. J., Leech, D. M., Williamson, C. E., Cooke, S., Torres, L.** 2004. Damaging UV radiation and invertebrate predation: conflicting selective pressures for zooplankton vertical distribution in the water column of low DOC lakes. Oecologia 138: 603 – 612.
- Bonecker, C. C., Nagae, M. Y., Bletler, M. C. M., Velho, L. F. M., Lansac-Tôha, F. A.,** 2007. Zooplankton biomass in tropical reservoirs in southern Brazil. Hydrobiologia 579: 115 – 123.

- Bonecker, C. C. & Aoyagui, A. S. M.** 2005. Relationships between rotifers, phytoplankton and bacterioplankton in the Corumbá reservoir, Goiás, State, Brazil. *Hydrobiologia* 546: 415 – 421.
- Branco, C. W. C.** 1991. A comunidade planctônica e a qualidade da água no lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 342 p.
- Branco, C. W. C. & Senna, A. C.** 1996. Relations among heterotrophic bacteria, chlorophyll-a, total phytoplankton, total zooplankton and physical and chemical features in the Paranoá reservoir, Brasília, Brazil. *Hydrobiologia* 337: 171 – 181.
- Brandorff, G. O., Koste, W., Smirnov, N. N.** 1982. The composition and structure of Rotiferan and Crustacean communities of lower Nhamundá, Amazonas, Brasil. *Stud. Neotrop. Fauna Env.* 17: 69 – 121.
- Cole, G. A.** 1994. Textbook of Limnology. Waveland Press Inc. Illinois. 491p.
- Corgosinho, P. H. C. & Pinto-Coelho, R. M.** 2006. Zooplankton biomass, abundance and allometric patterns along na eutrophic gradient at Furnas Reservoir (Minas Gerais, Brasil). *Acta Limnol. Bras.* 182: 213 – 224.
- Devetter, M.** 1998. Influence of environmental factors on the rotifer assemblage in an artificial lake. *Hydrobiologia* 387/388: 171 – 178.
- Edmondson, W. T. & Winberg, A.** 1971. A manual on methods for the assessment secondary productivity in freshwater. IBP handbook n 7. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 358p.
- Elmoor-Loureiro, L. M. A.** 1997. Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil. Editora Universa. Brasília 156p.
- Elmoor-Loureiro, L. M. A., Mendonça-Galvão, L., Padovesi-Fonseca, C.** 2004. New Cladoceran records from lake Paranoá, Central Brazil. *Braz. J. Biol.* 64 (3ª): 415 – 422.
- Espíndola, E. L. G., Matsumura-Tundisi, T., Rietzier, A. C., Tundisi, J. G.** 2000. Spatial heterogeneity of the Tucuruí reservoir (State of Pará, Amazônia, Brazil) and the distribution of zooplankton species. *Rev. Bras. Biol.* 60 (2): 179 – 194.
- Esteves, F. S.** 1998. Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência. 602p.
- Fernández-Rosado, M. J. & Lucena, J.** 2001. Space-time heterogeneities of the zooplankton distribution in La Concepción Reservoir (Istán, Málaga; Spain). *Hydrobiologia* 455: 157 – 170.
- Fernando, C. H.** 2002. A Guide to Tropical Freshwater Zooplankton – Identification, Ecology and Impact Fisheries. Backhuys Publishers. Leiden 291p.
- Fonseca, A. L. & Rocha, O.** 2004. The life-cycle of *Ceriodaphnia silvestrii* Daday, 1902, a Neotropical endemic species (Crustacea, Cladocera, Daphnidae). *Acta Limnol. Bras.* 16(4): 319 – 328.

- Fonseca, F. O.** 2001. Introdução. In: **Fonseca, F. O** (org.). Olhares sobre o Lago Paranoá. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. P: 17 – 23.
- Fonseca, F. O. & Netto, P. B.** 2001. Parcelamentos irregulares na bacia do Lago Paranoá. In: **Fonseca, F. O** (org.). Olhares sobre o Lago Paranoá. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. P: 259 – 263.
- Freitas, J. S.** 1983. Variação sazonal e distribuição vertical de microcrustáceos planctônicos no Lago Paranoá, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 110 P.
- Golterman, H. L., Clymo, R. S., Ohnstad, M. A. M.** 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. 2^a ed. IBP Handbook n°8. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 213p.
- Grzegorz, G., Kuczynska-Kippen, N., Klimaszuk, P.** 2005. Diel vertical distribution of zooplankton in Piaseczno lake (WDA Landscape park) – I. crustacean. Oceanological and Hydrobiological Studies. Vol. XXXIV, N° 4. Institute of Oceanography. University of Gdańsk. P: 97 – 108.
- Guarino, A. W. S., Branco. C. W. C. Diniz, G. P. Rocha, R.** 2005. Limnological characteristics of an old tropical reservoir (Ribeirão da Lajes Reservoir, RJ, Brazil). Acta Limnol. Bras. 17(2): 129 – 141.
- Güntzel, A. M.** 2000. Variações espaço-temporais da comunidade zooplanctônica nos reservatórios do médio e baixo rio Tietê/Paraná. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 445 p.
- Helland, I. P., Freyhof, J., Kasprzak, P., Mehner, T.** 2007. Temperature sensitivity of vertical distributions of zooplankton and planktivorous fish in a stratified lake. Oecologia 151: 322 – 330.
- Hudcovicová, M. & Vranovský, M.,** 2006. Vertical distribution of pelagical zooplankton in a middle-sized dimictic valley reservoir. Biologia, Bratislava, 61 (2): 171 – 177.
- Infante, A. G.** 1993. Vertical and horizontal distribution of the zooplankton in lake Valencia. Acta Limnologica Brasiliensia. Vol. (VI): 97 – 105.
- Isumbiso, M., Sarmiento, H., Kaningini, B., Micha, J. C., Descy, J. P.** 2006. Zooplankton of lake Kivu, east Africa, half a century after the Tanganyika sardine introduction. Journal of Plankton Research. 28: 971 – 989.
- Keppeler, E. C. & Hardy, E. R.** 2004. Vertical distribution of zooplankton in the water column of Lago Amapá, Rio Branco, Acre, Brazil. Revista Brasileira de Zoologia 21 (2): 169 – 177.
- Koste, W.** 1978. Rotatoria: Die Rädertiere Mitteleuropas begündet von Max Voigt-Monogononta. V. 2: Auflage neubearbeitet von Walter Koste. Gebrüder Bomtraeger. Berlin. 673p.
- Krienitz, L., Kasprzak, P. & Koschel, R.** 1996. Long term study on the influence of eutrophication, restoration and biomanipulation on the structure and development of phytoplankton communities in Feldberg Haussee (Baltic Lake District, Germany). Hydrobiologia 330: 89 – 110.

- Kübar, K., Agasild, H., Virro, T., Ott, I.** 2005. Vertical distribution of zooplankton in a strongly stratified hypertrophic lake. *Hydrobiologia* 547: 151 – 162.
- Kurki, H., Vuorinen, I., Bosma, E., Bwebwa, D.** 1999. Spatial and temporal changes in copepod zooplankton communities of lake Tanganyika. *Hydrobiologia* 407: 105 – 114.
- Lampert, W., McCauley, E., Manly, B. F.** 2003. Trade-offs in the vertical distribution of zooplankton: ideal free distribution with costs? *Proceedings: Biol. Sci.* 1516: 765 – 773.
- Lampert, W.** 2005. Vertical distribution of zooplankton: density dependence and evidence for an ideal free distribution with costs. *BMC Biology* 3:10.
- Lansac-Tôha, F., Lima, A. F., Thomaz, S. M., Roberto, M. C.** 1992. Zooplâncton de uma planície de inundação do rio Paraná. I – Análise qualitativa e estrutura da comunidade. *Revista Unimar, Maringá, 14 (Supl.):* 35 – 55.
- Leibold, M. A.** 1990. Resources and predators can affect the vertical distributions of zooplankton. *Limnol. Oceanogr.* 35 (4): 938 – 944.
- Leitão, A. C., Freire, R. H. F., Rocha, O., Santaella, S. T.** 2006. Zooplankton community composition and abundance of two Brazilian semiarid reservoirs. *Acta Limnol. Bras.* 18(4): 451 – 468.
- Leonard, J. A. & Paerl, H. W.** 2005. Zooplankton community structure, micro-zooplankton grazing impact, and seston energy content in the St. Johns river system, Florida as influenced by the toxic cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Hydrobiologia* 537: 89 – 97.
- López, C.** 1994. Egg-stock and clutch size of two species of *Thermocyclops* Kiefer (Crustacea: Copepoda) in a tropical reservoir. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 1287 – 1290.
- Lucinda, I., Moreno, I. H., Melão, M. G. G., Matsumura-Tundisi, T.** 2004. Rotifers in freshwater habitats in the Upper Tietê River Basin, São Paulo State, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 16(3): 203 – 224.
- Macedo, C. F.** 2004. Qualidade da água em viveiros de criação de peixes com sistema de fluxo contínuo. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 112p.
- Maia-Barbosa, P. M., Eskinazi-Sant'anna, E. M., Barbosa, F. A. R.** 2003. Zooplankton composition and vertical distribution in a lake tropical, monomictic lake (Dom Helvécio lake, southeastern Brazil). *Acta Limnol. Bras.* 15(1): 65 – 74.
- Makarewicz, J. C., Bertram, P., Lewis, T. W.** 1998. Changes in phytoplankton size-class abundance and species compositions coinciding with changes in water chemistry and zooplankton community structure of Lake Michigan, 1983 to 1992. *J. Great Lakes Res.* 24(3): 637 – 657.
- Mariani, C. F., Moschini-Carlos, V., Brandimarte, A. L., Nishimura, P. Y., Tófoli, C. F., Duran, D. S., Lourenço, E. M., Braidotti, J. C., Almeida, L. P., Fidalgo, V. H., Pompêo, M. L. M.** 2006. Biota and water quality in the Riacho Grande reservoir, Billings Complex (São Paulo, Brazil). *Acta Limnol. Bras.*, 18(3): 267 – 280.

- Masson, S., Angeli, N., Guillard, J., Pinel-Alloul, B.** 2001. Diel vertical and horizontal distribution of crustacean zooplankton and young of the year fish in a sub-alpine lake: an approach based on high frequency sampling. *Journal of Plankton Research* 23: 1041 – 1060.
- Mattos, S. P., Altafin, I. G., Freitas, H. J., Cavalcanti, C. G. B., Alves, V. R. E.,** 1992. Lake Paranoá, Brasília, Brazil: Integrated Management Plan for its Restoration. *Water Poll. Res. J. Can.* 2:271 – 286.
- Mattos, S. P., Estuqui, V. R. A., Cavalcanti, C. G. B.** 1997. Lake Paranoá (Brazil): Limnological aspects with emphasis on the distribution of the zooplankton community (1982 to 1994). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 542 – 547.
- Matsumura-Tundisi, T.** 1983. Cladóceros do Brasil. Tipologia de reservatórios do Estado de São Paulo. *Ecologia de zooplâncton e fitoplâncton.* 57p.
- Matsumura-Tundisi, T.** 1999. Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. In: **Henry, R.** (ed): *Ecologia de reservatórios.* Fundibio/FAPESP. P:39-54.
- Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J. G., Tavares, L. S.** 1984. Diel migration and vertical distribution of Cladocera in Lake Dom Helvécio. *Hydrobiologia*, Holanda, v. 113, p. 299 – 306.
- Matsumura-Tundisi, T., Nauman-Leitão, S., Agüena, L. S., Miyahara, J.** 1990. Eutrofização da represa de Barra Bonita: estrutura e organização da comunidade de Rotifera. *Rev. Brasil. Biol.* 50 (4): 923 – 935.
- Matsumura-Tundisi, T., Tundisi J. G., Rocha, O.** 2002. Zooplankton diversity in eutrophic system and its relation to the occurrence of cyanophycean blooms. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28: 671 – 674.
- Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi J. G.** 2003. Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoir of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years. *Hydrobiologia* 504: 215 – 222.
- Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J. G.** 2005. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). *Hydrobiologia* 542: 367 – 378.
- Mccure, B. & Mefford, M.J.** 1999. Multivariate analysis of ecological data, version 3.17. MjM Software. Gleneden Beach.
- Mendonça-Galvão, L.** 2001. Comunidade zooplanctônica do lago Paranoá – DF, nos períodos de seca e chuva. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 115 p.
- Mendonça-Galvão, L.** 2005. Comunidade planctônica e o processo de restauração do lago Paranoá, DF. Tese de doutorado. Universidade de Brasília. 251 p.
- Mozzer, G. B.** 2003. Comparação de comunidades zooplanctônicas e variáveis físicas e químicas entre ambientes lênticos e lóticos na Bacia do Rio Descoberto, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 73 p.

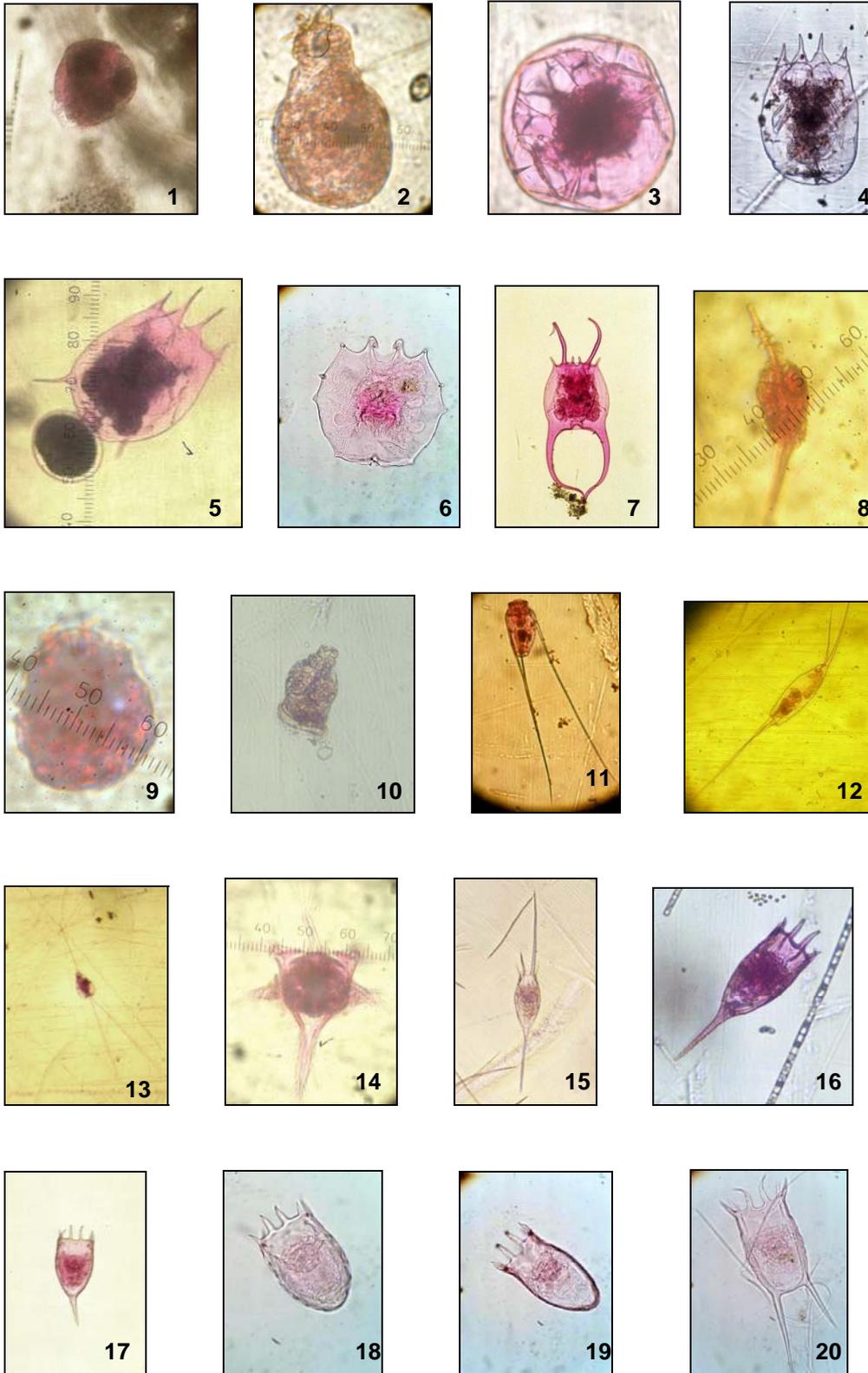
- Nie, N. H., Hull, C. H., Jenkins, J. G., Steinbrenner, K., Bendit, D. H.** 1981. SPSS (Statistical package for the social sciences). 2^a ed. New York, McGraw Hill. 675p.
- Nogrady, T., Wallace, R. L., Snell, T. W.** 1993. Volume 1: Biology, Ecology and Systematics. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World, v. 4. The Hague: SBP Academic Publishing. 142p.
- Nogueira, M. G.** 2001. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumim reservoir (Paranapanema River). São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 455: 1 - 18.
- Nogueira, M. G. & Matsumura-Tundisi, T.** 1996. Limnologia de um sistema artificial raso (represa do Monjolinho, São Carlos, SP). Dinâmica das populações planctônicas. *Acta Limnol. Bras.* 8: 149 – 168.
- Nogueira, M. G. & Panarelli, E.** 1997. Estudo da migração vertical das populações zooplancônicas na Represa de Jurumirim (Rio Paranapanema – São Paulo, Brasil). *Acta Limnol. Bras.* vol. 9: 55 – 81.
- Odum, E. P.** 1971. Fundamentals of ecology. 3^a ed. Philadelphia, Saunders, 575p.
- Oliveira, L. P. H. & Krau, L.** 1970. Hidrobiologia geral aplicada particularmente a veiculadores de esquistossomos – hipereutrofia, mal modernos das águas. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 68: 89 – 118.
- Padovesi-Fonseca, C.** 1997. Plankton community dynamics over short periods at Jacaré-Pepira reservoir, State of São Paulo, Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 472 – 477.
- Padovesi-Fonseca, C., Mendonça-Galvão, L., Rocha, D. L. P.** 2002. Temporal fluctuation and reproduction of *Thermocyclops decipiens* (Copepoda, Cyclopoida) in a eutrophic lake of central Brazil. *Rev. Biol. Trop.* 50(1): 57 – 68.
- Padovesi-Fonseca, C., Philomeno, M. G.** 2004. Effects of algicide (copper sulfate) application on short-term fluctuations of phytoplankton in lake Paranoá, central Brazil. *Braz. J. Biol.* 64(4): 819 – 826.
- Pagano, M., Koffi, M. A., Cecchi, P., Corbin, D., Champalbert, G., Saint-Jean, L.** 2003. An experimental study of the effects of nutrient supply and *Chaoborus* predation on zooplankton communities of a shallow tropical reservoir (Lake Brobo, Côte d' Ivoire). *Freshwater biology.* 48: 1379 – 1395.
- Panarelli, E. A., Nogueira, M. G., Henry, R.** 2001. Short-term variability of copepod abundance in Jurumirim reservoir, São Paulo, Brazil. *Braz. J. Biol.* 61(4): 577 – 598.
- Panarelli, E. A., Casanova, S. M. C., Nogueira, M. G., Mitsuka, P. M., Henry, R.** 2003. A comunidade zooplancônica ao longo de gradientes longitudinais no Rio Paranapanema/ Represa de Jurumirim (São Paulo). In **Henry, R.** (ed). *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos.* São Carlos: RiMa: 129-160
- Pereira, D. P.** 2001. A comunidade zooplancônica e a qualidade da água no Lago Paranoá (Brasília-DF) durante o processo de oligotrofização. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 66 p.

- Philomeno, M. G.** 2003. A estrutura da comunidade fitoplanctônica em dois períodos sazonais no lago Paranoá. Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 103 p.
- Pinto-Coelho, R. M.** 1987. Flutuações sazonais e de curta duração na comunidade zooplanctônica do lago Paranoá, Brasília-DF, Brasil. Ver. Brasil. Biol. 47 (1/2): 17 – 29.
- Pinto-Coelho, R. M., Giani, A., Morais-JR. C. A., Carvalho-JR, E. R., Bezerra-Neto, J. F.** 2005. The nutritional status of zooplankton in a tropical reservoir: effects of food quality and community structure. Braz. J. Biol. 65(2): 313 – 324.
- Primicerio, R.,** 2003. Size-dependent habitat choice in *Daphnia galeata* Sars and size-structured interactions among zooplankton in a subarctic lake (lake Lombola, Norway). Aquatic Ecology 37: 107 – 122.
- Ravera, O.** 1996. Zooplankton and trophic state relationship in temperate lakes. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 54: 195 – 212.
- Reid, J. W.** 1985. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Bolm. Zool. Usp 9: 17 – 143.
- Reid, J. W., Pinto-Coelho, R. M., Giani.** 1988. Uma apreciação da fauna de Copépodos (Crustacea) da região de Belo Horizonte, com comentários sobre espécies de Minas Gerais. Acta. Limnol. Brasil. II: 527 – 547.
- Ribeiro, L. H. L., Brandimarte, A. L., Kishi, R. T.** 2005. Formation of the Salto Caxias Reservoir (PR) – an approach on the eutrophication process. Acta Limnol. Bras. 17(2): 155 – 165.
- Rietzler, A. C., Espíndola, E. L. G.** 1998. Microcystis as a food source for copepods in a subtropical eutrophic reservoir. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 2001 – 2005.
- Rocha, O., Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J. G., Padoves-Fonseca, C.** 1990. Predation on and by pelagic *Turbellaria* in some lakes in Brazil. Hydrobiologia 198: 91 – 101.
- Rocha, O., Sendacz, S., Matsumura-Tundisi, T.** 1995. Composition, biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs of Brazil. In: **Tundisi, J. G., Bicudo, C. E. M., Matsumura-Tundisi.** (eds). Limnology in Brazil. P: 151 – 165.
- Rodgher, S., Espíndola, E. L. G., Rocha, O., Fracácio, R., Pereira, R. H. G., Rodrigues, M. H.S.** 2005. Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in the Tietê river (São Paulo, Brazil). Braz. J. Biol. 65 (4): 697 – 710.
- Rodríguez, M. P. & Matsumura-Tundisi, T.** 2000. Variation of density, species composition and dominance of rotifers at a shallow tropical reservoir (Broa reservoir, SP, Brazil) in a short scale time. Rev. Brasil. Biol. 60(1): 1 – 9.
- Ruttner-Kolisko, A.** 1972. Rotaria. In: **Elster, H. J., Ohle, W.** (orgs). Das zooplankton der Binnengewässer. Band XXVI, Teil 1. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche. 99 – 234.

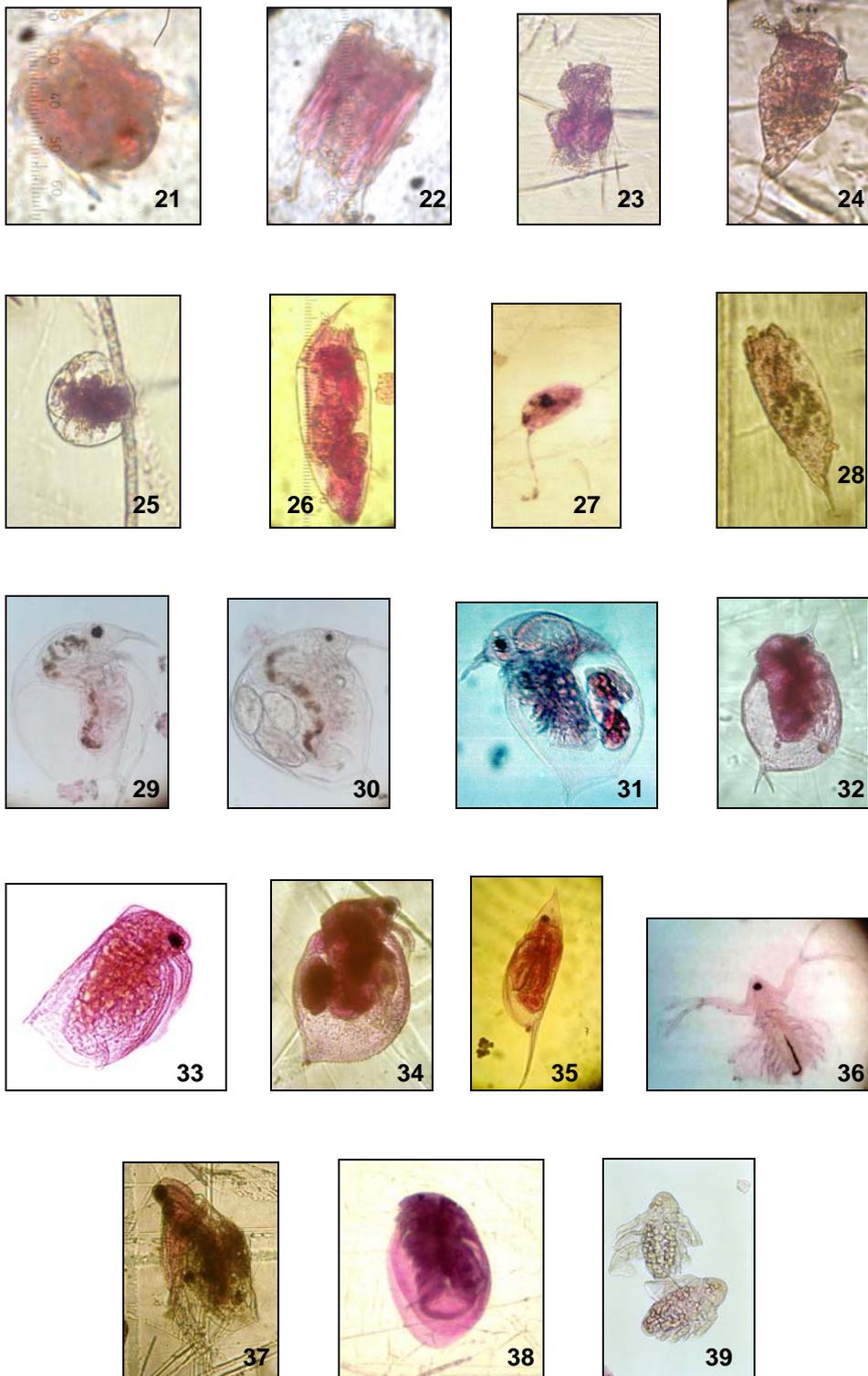
- Sampaio, E. V., Rocha, O., Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J. G.** 2002. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic of seven reservoirs of the Paranapanema river, Brazil. *Braz. J. Biol.* 62 (3): 525 – 545.
- Santos, F. V.** 2005. Estrutura da assembléia de cladóceros em reservatórios nos estados de São Paulo e Paraná: riqueza, diversidade β e abundância. Dissertação de mestrado. Universidade estadual de Maringá. 40p.
- Santos, M. A. P. F., Melão, M. G. G., Lombardi, A. T.** 2006. Life history characteristics and production of *Ceriodaphnia silvestrii* Daday (Crustacea, Cladocera) under different experimental conditions. *Acta Limnol. Bras.* 18(2): 199 – 212.
- Sendacz, S. & Kubo, E.** 1999. Zooplâncton de reservatório do Alto Tietê. In **Henry, R.** (ed.). Ecologia de reservatórios. R. Botucatu, FAPESP/FUNDIBIO: 509 – 530.
- Sendacz, S., Caleffi, S., Santos-Soares.** 2006. Zooplankton biomass of reservoir in different trophic conditions in the state of São Paulo, Brazil. *Braz. J. Biol.* 66(1B): 337 – 350.
- Silva, W. M. & Matsumura-Tundisi, T.** 2002. Distribution and abundance of Cyclopoida populations in a cascade of reservoirs of the Tietê River (São Paulo State, Brazil). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28: 667 - 670.
- Silva, W. M. & Matsumura-Tundisi, T.** 2005. Taxonomy, ecology, and geographical distribution of the species of the genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) in São Paulo State, Brazil, with description of a new species. *Braz. J. Biol.* 65(3): 521 – 531.
- Soares, A.** 2003. Qualidade da água e fluxo de nutrientes na interface sedimento-água nas represas do rio Tietê. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos. 86p.
- Starling, F. L. R. M.** 2000. Comparative study of the zooplankton composition of six lacustrine ecosystems in central Brazil during the dry season. *Rev. Brasil. Biol.* 60(1): 101 – 111.
- Stelzer, C. P.** 2005. Evolution of rotifer life histories. *Hydrobiologia* 546: 335 – 346.
- Straškraba, M. & Tundisi, J. G.** 2000. Diretrizes para o gerenciamento de lagos: gerenciamento da qualidade da água de represas. Vol. 9. São Carlos. ILEC; IIE. 280p.
- Takahashi, E. M., Lansa-Tôha, F. A., Velho, L. F. M. & Bonecker, C. C.** 2005. Longitudinal distribution of cladocerans (Crustacea) in a Brazilian tropical reservoir. *Acta Limnol. Bras.* 17(3): 257 – 265.
- Talamoni, J. L. B.** 1995. Estudo comparativo das comunidades planctônicas de lagos de diferentes graus de trofia e uma análise do efeito *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae) sobre algumas espécies de microcrustáceos. Tese de doutorado. Universidade federal de São Carlos. SP. 305 p.
- Talling, J. F. & Lemoalle, J.** 1998. Ecological dynamics of tropical inland waters. Cambridge University Press, Cambridge. 441p.

- Thackeray, S., George, G. D., Jones, R. I., Winfield, I. J.** 2006. Statistical quantification of the effect of thermal stratification on patterns of dispersion in a freshwater zooplankton community. *Aquatic Ecology* 40: 23 – 32.
- Thomaz, S. M., Takeda, A. M., Bonecker, C. C., Lansac-Tôha, F. A., Higuti, J., Leandrini, J. A., Rodrigues, L., Velho, L. F. M., Rodrigues, L. C., Pereira, S. R. S., Train, S., Jati, S.** 1999. Estudos limnológicos na área de influência do reservatório de Corumbá (Go) UEM / Nupélia, Maringá. 321p.
- Tolomeyev, A. P. & Zadereev, Y. S.** 2005. An *in situ* method for the investigation of vertical distributions of zooplankton in lakes: test of a two-compartment enclosure. *Aquatic. Ecology* 39: 181 – 188.
- Tundisi, J. G.** 1999. Reservatórios como Sistemas Complexos: Teoria, Aplicações e Perspectivas para Usos Múltiplos. In **Henry, R.** (ed.). *Ecologia de reservatórios*. R. Botucatu, FAPESP/FUNDIBIO: 509 – 530.
- Tundisi, J. G., Matsumura-Tundisi, T., Henry, R., Rocha, O., Hino, K.** 1988. Comparação 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 / USP. Vol. 1. Tomo 1. p: 165 – 204.
- Twombly, S.** 1983. Seasonal and short term fluctuations in zooplankton abundance in tropical lake Malawi. *Limnol. Oceanogr.*, 28(6): 1214 – 1224.
- Von Sperling, M.** 1996. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2° ed. Departamento de engenharia sanitária e ambiental. UFMG. Belo Horizonte. 242p.
- Vuorinen, I., Kurki, H., Bosma, E., Kalangali, A., Mölsä, H., Lindqvist, O. V.** 1999. Vertical distribution and migration of pelagic *Copepoda* in Lake Tanganyika. *Hydrobiologia* 407: 115 – 121.
- Wetzel, R. G. & Likens, G. E.** 1991. *Limnological analyses*. 2^a ed. Springer-Verlag, New York. 391p.
- Wetzel, R. G.** 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. 3^a ed. Academic. Press. USA. 1006 p.
- Wissel, B. & Ramacharan, C. W.** 2003. Plasticity of vertical distribution of crustacean zooplankton in lakes with varying levels of water colour. *Journal of Plankton Research*. Vol. 25 (9): 1047 – 1057.
- Yamamoto, Y. & Nakahara, H.** 2006. Seasonal variations in the diel vertical distribution of phytoplankton and zooplankton in a shallow pond. *Phycological Research* 54: 280 – 293.
- Zadereev, Y. S. & Tolomeyev, A. P.** 2007. The vertical distribution in brackish meromitic lake with deep-water chlorophyll maximum. *Hydrobiologia* 576: 69 – 82.
- Zar, J. H.** 1999. *Biostatistical analysis*. 4th Ed. New Jersey: Prentice-Hall. 663p.

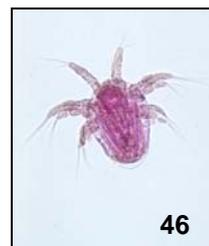
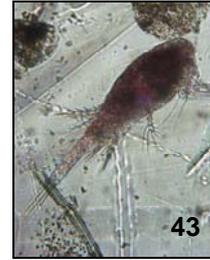
Pranchas de Fotos do Zooplâncton



1. *Ascomorpha* cf. *ecaudis* (400x); 2. *Ascomorpha saltans* (400x); 3. *Asplanchna* sp. (200x); 4. *Brachionus calyciflorus* (200x); 5. *Brachionus calyciflorus* f. *amphiceros* (200x); 6. *Brachionus dolabratus dolabratus* (400x); 7. *Brachionus falcatus* (200x); 8. *Collotheca ornata* (200x); 9. *Conochilus dossuarius* (400x); 10. *Conochilus unicornis* (100x); 11. *Filinia longiseta* (100x); 12. *Filinia opoliensis* (100x); 13. *Filinia terminalis* (100x); 14. *Hexarthra intermedia* (400x); 15. *Kellicotia bostoniensis* (200x); 16. *Keratella americana* (400x); 17. *Keratella cochlearis* (200x); 18. *Keratella cochlearis* var. *tecta* (400x); 19. *Keratella lenzi* (400x); 20. *Keratella tropica* (400x).



21. *Polyarthra* cf. *dolichoptera* (400x); 22. *Polyarthra vulgaris* (400x); 23. *Polyarthra vulgaris* f. *proloba* (200x); 24. *Synchaeta* sp. (200x); 25. *Testudinella patina* (100x); 26. *Trichocerca chattoni* (400x); 27. *Trichocerca pusilla* (200x); 28. *Trichocerca similis* (400x); 29. *Bosmina freyi* (200x); 30. *Bosmina hagdmani* (200x); 31. *Bosmina tubicen* (200x); 32. *Ceriodaphnia cornuta cornuta* (100x); 33. *Ceriodaphnia cornuta rigaudii* (100x); 34. *Ceriodaphnia silvestrii* (100x); 35. *Daphnia gessneri* (50x); 36. *Diaphanosoma birgei* (100x); 37. *Diaphanosoma spinulosum* (100x); 38. *Macrothrix laticornis* (100x); 39. Feto de Cladocera (200x);



40. *Notodiaptomus cearensis* (Fêmea, 50x); **41.** *Notodiaptomus cearensis* (Macho, 50x); **42.** *Thermocyclops decipiens* (Fêmea, 100x); **43.** *Thermocyclops decipiens* (Macho, 100x); **44.** Náuplius de Calanoida (200x); **45.** *Mesostoma* sp. (100x); **46.** Náuplius de Cyclopoida (200x).