

Universidade Federal do Rio de Janeiro

DINÂMICA HORIZONTAL DO FITOPLÂNCTON NO
RESERVATÓRIO DE SERRA DA MESA (GO) EM TRÊS
PERÍODOS CLIMATOLÓGICOS

Thiago Nascimento Trindade

2007.1

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA**

**DINÂMICA HORIZONTAL DO FITOPLÂNCTON NO
RESERVATÓRIO DE SERRA DA MESA (GO) EM TRÊS
PERÍODOS CLIMATOLÓGICOS**

Thiago Nascimento Trindade

**Monografia apresentada ao departamento de
Botânica da Universidade Federal do Rio de
Janeiro como parte dos requisitos necessários
para a conclusão do curso de Ciências Biológicas
– Bacharelado em Biologia Vegetal**

Orientadoras: Dra. Vera Lúcia de Moraes Huszar

Dra. Lúcia Helena Sampaio Silva

**Rio de Janeiro
Julho de 2007**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

DINÂMICA HORIZONTAL DO FITOPLÂNCTON NO RESERVATÓRIO DE SERRA
DA MESA (GO) EM TRÊS PERÍODOS CLIMATOLÓGICOS

Thiago Nascimento Trindade

Banca Examinadora:

Dra. Mariângela Menezes – Museu Nacional/UFRJ

Msc. Luciana S. Costa – Museu Nacional/UFRJ

Dr. Marcelo Manzi Marinho - UERJ

Rio de Janeiro
Julho de 2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Trindade, Thiago Nascimento.

Dinâmica horizontal do fitoplâncton no reservatório de Serra da mesa (GO) em três períodos climatológicos/ Thiago Nascimento Trindade.- Rio de Janeiro: UFRJ/ Instituto de Biologia/ Departamento de Botânica, 2007.

xiv; 54f.: il.; x cm.

Orientador: Vera Lúcia de Moraes Huszar e Lúcia Helena Sampaio Silva

Monografia – UFRJ/ Instituto de Biologia/ Departamento de Botânica, 2007

Referências Bibliográficas: f. 46-51.

1. Fitoplâncton. 2. Reservatório. I. Huszar, Vera Lúcia de Moraes; Silva, Lúcia Helena Sampaio. II. Universidade Federal do Rio Janeiro, Instituto de Biologia. III. Dinâmica horizontal do fitoplâncton no reservatório de Serra da mesa (GO) em três períodos climatológicos.

**“ Alguns homens vêem as
coisas como são, e dizem
‘ Por quê?’
Eu sonho com as coisas
que nunca foram e digo
‘Por que não?’ ”**

George Bernard Shaw

Agradecimentos

À minha mãe científica, Dra. Lúcia Helena Sampaio Silva, pela orientação que ultrapassou as salas de aula e o ambiente de trabalho. Muito obrigado pela oportunidade de trabalhar com o fitoplâncton, dedicação e por ser a pessoa que sempre acreditou no meu potencial.

À Dra. Vera Lúcia de Moraes Huszar, exemplo de profissionalismo, pela oportunidade de trabalhar no laboratório de Ficologia/MN, por sempre estar disposta a orientar, a mostrar o melhor caminho e a ensinar conceitos não só científicos, mas como também de vida.

À Dr. Mariângela Menezes, pela atenção sempre que solicitada durante as identificações, pelo exemplo de educador, pelos ensinamentos, e conversas científicas ou não.

À Msc. Graça Sophia, pela ajuda e disponibilidade constante nas identificações das zignemafíceas, pelo convívio e momentos de descontração.

Ao Dr. Fábio Roland, do Laboratório de Ecologia Aquática - UFJF, pela oportunidade de trabalhar no projeto “O Balanço de carbono nos reservatórios de Furnas Centrais Elétricas S.A.: Limnologia e Metabolismo Planctônico” e pela bolsa Furnas concedida durante grande período.

Ao CNPq, pela bolsa PIBIC disponibilizada.

À Priscila Rosa, do Laboratório de Ecologia Aquática – UFJF, pelo fornecimento dos dados de zooplâncton.

Aos Membros da banca, Dra. Mariângela Menezes, Msc. Luciana S. Costa e Dr. Marcelo Manzi Marinho, pelas críticas e sugestões.

Aos amigos que fiz no laboratório de Ficologia: Luciana, Marcio, Leonardo, Juliana, Célio, Uanderson, Valéria, Vlândia, Raquel, Carol Haje, Roberto, Suema, Mariana e Aline, pelos excelentes momentos vividos.

À minha família e amigos de infância, adolescência, vida adulta e terceira e idade: Berdeville, Negoboy, Bregunce, André, Thiago, Leandro Charuto, Ignácio, Mabi Elu e Mariama Sabi. À Juliana.

Às pessoas que me trouxeram até aqui: Meu querido e hilário avô Edson, minha Tia Maria, que sempre cuidou e continua cuidando de mim; minhas Tias Ana, guerreira silenciosa, e Lúcia, exemplo vida que vive me surpreendendo com tamanha força, Matheus e Stefani, os melhores irmãos que se pode existir nesse e no outro mundo e meus pais, Hélio e Dilma, simplesmente as pessoas mais “arretadas” que já conheci na vida.

ÍNDICE

	Página
Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	x
Resumo	xi
Abstract	xiii
1. Introdução	1
2. Objetivos	4
3. Área de estudo	4
4. Material e métodos	6
4.1. Amostragem e preservação das amostras.....	6
4.2. Análise das amostras.....	9
4.3. Análise dos dados.....	10
5. Resultados	12
5.1. Climatologia e hidrologia.....	12
5.2. Variáveis físicas e químicas e clorofila <i>a</i>	14
5.3. Composição florística e riqueza específica.....	16
5.4. Densidade fitoplanctônica.....	18
5.5. Biomassa fitoplanctônica total.....	20
5.6. Biomassa fitoplanctônica por classes taxonômicas.....	21
5.7. Biomassa fitoplanctônica por classes de tamanho.....	26
5.8. Equitabilidade e diversidade específica.....	27
5.9. Biomassa zooplanctônica.....	31
6. Discussão	35
7. Conclusões	44
8. Referências Bibliográficas	46
9. Anexo 1	52
10. Anexo 2	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Localização geográfica do reservatório de Serra da Mesa e mapa representativo do reservatório de Serra da Mesa e os respectivos pontos de coleta (MRN 10, MRN 30 e PST 10 – braço; MRN 40, MRN 50 e BGG 20 – corpo central).	6
Figura 2: Pluviosidade total no reservatório de Serra da Mesa entre novembro de 2003 e julho de 2004, assinalados os meses de amostragem.	11
Figura 3: Vazões afluyente, defluyente e nível acima do nível do mar (a.n.m.) do reservatório de Serra da Mesa, entre novembro de 2003 e agosto de 2004, assinalados os períodos de amostragem.	12
Figura 4: Contribuição média das diferentes classes taxonômicas para a composição florística do fitoplâncton total no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa, considerando os três períodos climatológicos.	15
Figura 5: Riqueza média de táxons no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.	16
Figura 6: Densidade fitoplanctônica média no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.	17
Figura 7: Densidade fitoplanctônica média considerando os três períodos de estudo no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa.	17
Figura 08: Biomassa fitoplanctônica média no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos três períodos de estudo.	18

Figura 09: Biomassa fitoplanctônica média entre os três períodos de estudo no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa.	19
Figura 10-15: Prancha I - Táxons importantes para a biomassa fitoplanctônica no braço do reservatório de Serra da Mesa durante o estudo	21
Figura 16-21: Biomassa fitoplanctônica média entre os três períodos de estudo no braço e corpo central do reservatório de Serra da Mesa	22
Figura 22 :Contribuição das diferentes classes taxonômicas para a biomassa total do fitoplâncton no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados	23
Figura 23: Contribuição das diferentes classes de tamanho no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.	25
Figura 24: Equitabilidade no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.	26
Figura 25: Diversidade no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.	27
Figura 26: Equitabilidade e diversidade média entre os três períodos de estudo no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa.	28
Figura 27: Biomassa zooplantônica média no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos período estudados.	29

Figura 28: Contribuição das diferentes classes taxonômicas para a biomassa zooplancônica total no braço e no corpo central do reservatório nos períodos estudados. **30**

Figura 29: Contribuição das diferentes classes zooplancônicas por hábito alimentar para a biomassa total no braço e no corpo central do reservatório nos períodos estudados. **32**

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela I: Pontos de coleta no reservatório de Serra da Mesa.	7
Tabela II: Média e desvio padrão (DP) das variáveis físicas e químicas e das concentrações de clorofila <i>a</i> no braço e no corpo central no reservatório de Serra da Mesa durante os três períodos climatológicos.	13
Tabela III: Média de algumas variáveis físicas e químicas dos dois compartimentos (braço e corpo central) no período de início das chuvas, chuvas e seca..	14

RESUMO

Para verificar a hipótese de que o fitoplâncton pode apresentar padrão distinto entre as regiões próxima e distal à barragem no reservatório de Serra da Mesa, GO (49°30' e 48°W e 13° e 15° S), foi analisada a variabilidade da estrutura da comunidade fitoplanctônica em dois compartimentos do reservatório (corpo central e braço) em três períodos climatológicos: início das chuvas (novembro/2003) chuvas (março/2003) e seca (julho/2004). As coletas foram realizadas em seis diferentes estações (três no braço e três no corpo central) e o fitoplâncton quantificado de acordo com a técnica da sedimentação em microscópio invertido. O sistema de estudo é mesotrófico, com médias de P-total entre 12,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ (braço) e 13,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ (corpo central) e de clorofila **a** entre 6,9 $\mu\text{g L}^{-1}$ (braço) e 6,7 $\mu\text{g L}^{-1}$ (corpo central). As concentrações de nitrogênio e fósforo inorgânico dissolvido não foram limitantes ao fitoplâncton, sendo sempre superiores às constantes de semi-saturação para o crescimento da maioria das espécies. A riqueza de táxons do fitoplâncton no corpo central foi similar ao do braço (72 e 80 táxons, respectivamente), estando as espécies distribuídas em nove classes taxonômicas. A biomassa fitoplanctônica foi maior no corpo central (0,955 mg L) do que no braço (0,312 mg L⁻¹), confirmando-se assim, a hipótese de que os compartimentos apresentariam respostas distintas. As maiores biomassas ocorreram, em média, durante a seca no corpo central e no início das chuvas, no braço. As maiores biomassas no corpo central estiveram relacionadas à menor influência da vazão afluyente sobre o compartimento, resultando assim, em uma provável maior estabilidade da massa d'água. *Cylindrospermopsis raciborskii*, cianobactéria filamentosa, fixadora de nitrogênio, pertencente a classe de organismos maiores que 50 μm , comum a ambientes limitados por luz e/ou por nitrogênio, foi a população melhor representada no corpo central durante os três períodos de estudo. Por outro lado, clorofíceas, diatomáceas e criptofíceas

(organismos menores que 20 μm e entre 20 μm e 50 μm) foram em geral, os grupos que mais contribuíram para a biomassa fitoplanctônica no braço, exceto no início das chuvas, quando *Cylindrospermopsis raciborskii* foi dominante. Durante o início das chuvas, a biomassa de herbívoros foi inversamente proporcional à fitoplanctônica no braço. Porém, nos demais períodos, não foram observados possíveis controles do zooplâncton sobre o fitoplâncton nos dois compartimentos de estudo. O fitoplâncton foi mais diverso no braço no período de seca, coincidindo com a menor vazão afluyente. No entanto, no corpo central, a diversidade foi mais alta nos períodos de chuvas e de seca, apesar de características limnológicas distintas (maior precipitação e vazão afluyente durante o período chuvas). No reservatório, os processos de transporte da massa d'água e a comunidade zooplanctônica quando presente em elevada biomassa, parecem terem sido os principais fatores que controlaram a comunidade fitoplanctônica.

ABSTRACT

To verify the hypothesis that phytoplankton can present distinct patterns between regions next and distal to the barrage in the reservoir of Serra da Mesa, GO (49°30' and 48°W and 13° and 15° S), the variability of the phytoplanktonic community structure was analyzed in two compartments of the reservoir (central body and arm) in three climatic periods: beginning of rains (november/2003) rains(march/2003) and dry (july/2004). The collections had been carried at in six different stations (three in the arm and three in the central body) and phytoplankton were quantified through inverted microscope sedimentation technique. The study system is mesotrophic, with averages of P-total between 12,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ (arm) and 13,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ (central body) and of clorofila **a** between 6,9 $\mu\text{g L}^{-1}$ (arm) and 6,7 $\mu\text{g L}^{-1}$ (central body). The concentrations of nitrogen and dissolved inorganic phosphorus had not been limiting to phytoplankton, being always higher to the constants of semi-saturation for the growth of the majority of the species. The number of phytoplanktonic species of the central body was similar to the one of the arm (72 and 80 taxa, respectively), being the species distributed in nine taxonomic classrooms. The phytoplanktonic biomass was, on average, lager in the central body (0,955 mg L) of what in the arm (0,312 mg L⁻¹). The biggest biomasses had occurred, on average, during dry at the beginning in the central body and of rains, in the arm. The biggest biomasses in the central body had been related with the minor influence of the affluent outflow on the compartment, thus resulting, in a probable higher stability of the water mass. *Cylindrospermopsis raciborskii*, filament organism, fixing cyanoprokaryota of nitrogen, > 50 μm , common in environments limited for light and/or nitrogen, was the population better represented in the central body during the three periods of study. On the other hand, Chlorophyceae, Bacillariophyceae and Cryptophyceae (20 μm smaller organisms and between 20 μm and 50 μm) had been in

general, the groups that had more contributed for the phytoplanktonic biomass in the arm, except at the beginning of rains, when *Cylindrospermopsis raciborskii* was dominant. During the beginning of rains, the biomass of herbivorous was conversely proportional on the phytoplanktonic into the arm. However, on the another periods, was not found possible controls of the zooplankton above the phytoplankton on the two compartments of the study. The phytoplankton was more diverse in the arm in the period of dry, coinciding with the smaller outflow affluent. However, in the central body, the diversity was higher in the periods of rains and dry, although the distinct limnologic characteristics (bigger precipitation and outflow affluent during the period of the rains). In the reservoir, the processes of water mass and the zooplankton community when present in high biomass, seems to be the principal factors that control the phytoplanktonic biomass.

1. INTRODUÇÃO

Reservatórios são ecossistemas de características particulares e suas propriedades físicas e químicas afetam processos biológicos de diversas maneiras (Wetzel, 1981). As mudanças espaciais e temporais da comunidade fitoplanctônica em sistemas lênticos, incluindo reservatórios, são dependentes de variáveis climatológicas (precipitação, vento e radiação solar), das complexas interações entre os processos físicos, químicos e biológicos, da influência antropogênica e dos processos de crescimento e perda da própria comunidade (Reynolds, 1984).

O gradiente longitudinal em direção a barragem em reservatórios pode levar a comunidade fitoplanctônica a responder de acordo com os diferentes fluxos existentes, os quais estão relacionados, principalmente, à distância dos tributários e à influência da barragem. Sendo assim, as diferenças nos fluxos, junto com a morfometria dos sistemas definem compartimentos horizontais nos reservatórios. Em reservatórios de grandes proporções três zonas podem ser identificadas: fluvial, de transição e lacustre, as quais podem diferir em suas características físicas, químicas e biológicas (Thornton, 1990). Regiões próximas a tributários, em razão do maior efeito da intrusão fluvial, são caracterizadas por uma maior circulação da massa d'água. Por outro lado, regiões próximas à barragem são caracterizadas por uma maior estabilidade térmica da coluna d'água, resultando em períodos de estratificação mais prolongados.

Além dos processos de mistura, é de fundamental importância para a compreensão da dinâmica do fitoplâncton a variabilidade do controle ascendente por nutrientes e luz, a qual está relacionada ao estado trófico dos sistemas (Reynolds 1988). Dentre os nutrientes, fósforo e nitrogênio são os elementos que mais frequentemente limitam o crescimento fitoplanctônico. Concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido menores que 80-100 $\mu\text{g L}^{-1}$

¹ e de fósforo solúvel reativo menores que 3-5 $\mu\text{g L}^{-1}$, podem ser consideradas como limitantes ao crescimento fitoplanctônico, por serem valores inferiores às constantes de semi-saturação para a maioria das espécies fitoplanctônicas (Reynolds 1997).

A disponibilidade de luz é outra variável fundamental para o crescimento fitoplanctônico. Em ecossistemas tropicais, poderia pensar-se que a incidência luminosa sempre apresentaria radiação superior aos valores limitantes para a atividade fotossintética das microalgas na camada superficial (Esteves 1998). Entretanto, esta pode variar de acordo com fatores internos aos sistemas, como a concentração de material particulado em suspensão, o qual, em regiões mais próximas a rios tende a ser mais grosseiro, enquanto que áreas mais próximas à barragem mais fino (Vanoni, 1975). Reservatórios exibem áreas de encontro de massas d'água de diferentes fluxos (*plug-flow*) com altas taxas de sedimentação na região de cabeceira, onde a concentração de sedimentos é maior, e um decréscimo exponencial nas taxas de sedimentação e nas concentrações de sedimentos em direção à barragem (Thornton, 1990).

Para uma boa compreensão dos fatores que determinam a variabilidade espacial na estrutura da comunidade fitoplanctônica, faz-se necessário analisar sua composição florística e biomassa, através do espaço e no tempo. Em grandes reservatórios usualmente são realizadas amostragens nas áreas de braços, de estado trófico distinto do corpo principal, áreas próximas ao vertedouro, na região mais profunda, ou em pontos distribuídos ao longo do eixo principal e próximo à desembocadura do(s) rio(s) formador(es; Huszar & Giani, 2004). Os fatores ambientais tais como cheias, mistura da massa d'água, disponibilidade de luz e nutrientes, tempo de residência dos sistemas, condições tróficas e variáveis climáticas são os mais importantes nesta relação, sendo que, tais fatores podem ainda interagir com as influências que ocorrem na bacia de drenagem. Além disso, o controle descendente (por

herbívoros) também pode ser importante agente regulador da estrutura e dinâmica do fitoplâncton.

Grandes reservatórios podem ser separados em três tipos básicos: i) reservatórios com fluxo unidirecional, com características próximas a um ecossistema lótico, com tempo de residência entre dias e semanas, normalmente com ausência de estratificação térmica prolongada; ii) reservatórios com fluxo pequeno, tendendo a lagos naturais, apresentando tempo de residência tipicamente de um mês a um ano (ou mais), tendo grande possibilidade de estratificação térmica; e iii) reservatórios semelhantes a ecossistemas lóticos em períodos de maior vazão e a léticos no restante do ciclo hidrológico, apresentando tempo de residência tipicamente de poucos meses (Kalff, 2002). Podendo ser considerado um grande reservatório, Serra da Mesa aproxima-se do segundo tipo de Kalff (2002), com estratificação térmica permanente durante os três períodos de coleta (dados não publicados) e do elevado tempo de residência médio teórico (aproximadamente de 770 dias).

Vários estudos têm abordado a comunidade fitoplanctônica em reservatórios no Brasil, sendo que alterações físicas na estrutura da coluna d'água, associadas aos fatores climatológicos, têm sido apontadas como determinantes na variação sazonal na composição das comunidades fitoplanctônicas (Marinho & Huszar, 2002; Silva, 2004). Outros estudos têm evidenciado que os efeitos da eutrofização artificial, em geral, resultam em alterações nessa comunidade (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995).

No Reservatório de Serra da Mesa, trabalhos realizados na fase de enchimento identificaram um padrão de estratificação térmica bem definido, principalmente nos pontos mais próximos à barragem, com um curto período de circulação durante o inverno. Concentrações mais elevadas de oxigênio dissolvido nos dez primeiros metros coincidiram, geralmente, com a extensão do epilímnio. Foram observados ainda dois padrões horizontais

relacionados às concentrações de nutrientes: áreas influenciadas pela vazão do rio (principalmente no período de chuvas) e áreas com características limnéticas (De Fillipo *et al.*, 1999; Santos *et al.*, 2001). O fitoplâncton na fase de enchimento esteve representado, naquele estudo, principalmente, por cianobactérias, clorofíceas, diatomáceas e zignematofíceas, com maior abundância fitoplanctônica na região próxima à barragem. Naquele período, *Anabaena* sp., *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Microcystis aeruginosa* (cianobactérias) foram importantes táxons para o fitoplâncton total (Santos *et al.*, 2001).

Com base no conhecimento prévio do ecossistema e na literatura geral sobre o fitoplâncton, formulou-se a hipótese de que, por ser um reservatório com grande área e com morfometria complexa, espera-se encontrar uma distribuição horizontal heterogênea, com padrões distintos entre o corpo central e o braço do reservatório, tanto do fitoplâncton como das variáveis abióticas.

2. OBJETIVOS

- 1- Descrever as flutuações espaciais da biomassa e composição fitoplanctônica no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa em três diferentes períodos climatológicos;
- 2- Avaliar a variabilidade na riqueza e diversidade de espécies do fitoplâncton no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos três períodos climatológicos;
- 3- Analisar os fatores que direcionam as variações horizontais na biomassa e composição do fitoplâncton no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos três períodos climatológicos.

3. ÁREA DE ESTUDO

A Usina hidrelétrica (UHE) de Serra da Mesa situa-se na Região Centro Oeste brasileira, ao noroeste do Estado de Goiás, próximo à divisa com o Estado de Tocantins (figura 1), entre as coordenadas 49°30' e 48° 00' W e 13°00' e 15° 00' S. Goiás é um estado rico em biodiversidade aquática devido a inúmeros recursos hídricos e por estar relacionado com três grandes bacias brasileiras: bacia Tocantins-Araguaia, Prata e São Francisco (Nabout *et al.*, 2006). O reservatório de Serra da Mesa insere-se na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia que é a maior região localizada inteiramente em território brasileiro, com área de drenagem de 767.000 km², incluindo duas das mais importantes e grandes áreas fitogeográficas da América do Sul: a floresta amazônica e o cerrado brasileiro (Nabout *et al.*, 2006). O reservatório de Serra da Mesa está inserido no Bioma Cerrado, que é considerado um "hotspot" mundial de biodiversidade. O clima predominante na região é do tipo tropical chuvoso com período seco (Aw de Köppen). A temperatura máxima pode atingir 40°C no verão e, no inverno, a temperatura média atinge 24°C. A região apresenta duas estações bem definidas: seca, no inverno e úmida no verão, com chuvas concentradas entre os meses de novembro a março e variação média de 1.500 a 2.000 mm anuais (De Fillipo *et al.*, 1999).

Muitos rios brasileiros tiveram grande parte de seu curso d'água segmentado em represas, formando assim reservatórios. Construída no trecho superior do rio Tocantins, a Usina Hidrelétrica (UHE) de Serra da Mesa foi a primeira represa de grande porte instalada naquele rio (Albrecht, 2005), tendo o objetivo de suprir a demanda energética do Distrito Federal e Goiás, além de atender o sistema Interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste e fazer a interligação Norte-Sul ([http:// www.furnas.gov.br](http://www.furnas.gov.br)).

O rio Tocantins, o principal da bacia, é formado pela confluência dos rios Almas e Maranhão. A área onde está implantada a UHE de Serra da Mesa pertence ao trecho superior

do Rio Tocantins (Albrecht, 2005; figura 1), inserida no município de Minaçu, maior produtor de amianto no Brasil (Wikipédia, 2007). Os principais afluentes do reservatório são os rios Bagaginho e Tocantinzinho (figura 1). O reservatório, com volume d'água de 24,3 km³ e área alagada de 900 km², abrange oito municípios com uma população estimada, em 1996, de 131.263 habitantes (IBGE, 2007). O reservatório apresenta tempo médio teórico de residência da água de aproximadamente 770 dias. A fase de enchimento do reservatório ocorreu entre dezembro de 1999 e dezembro de 2000, quando apresentou profundidade máxima de cem metros.

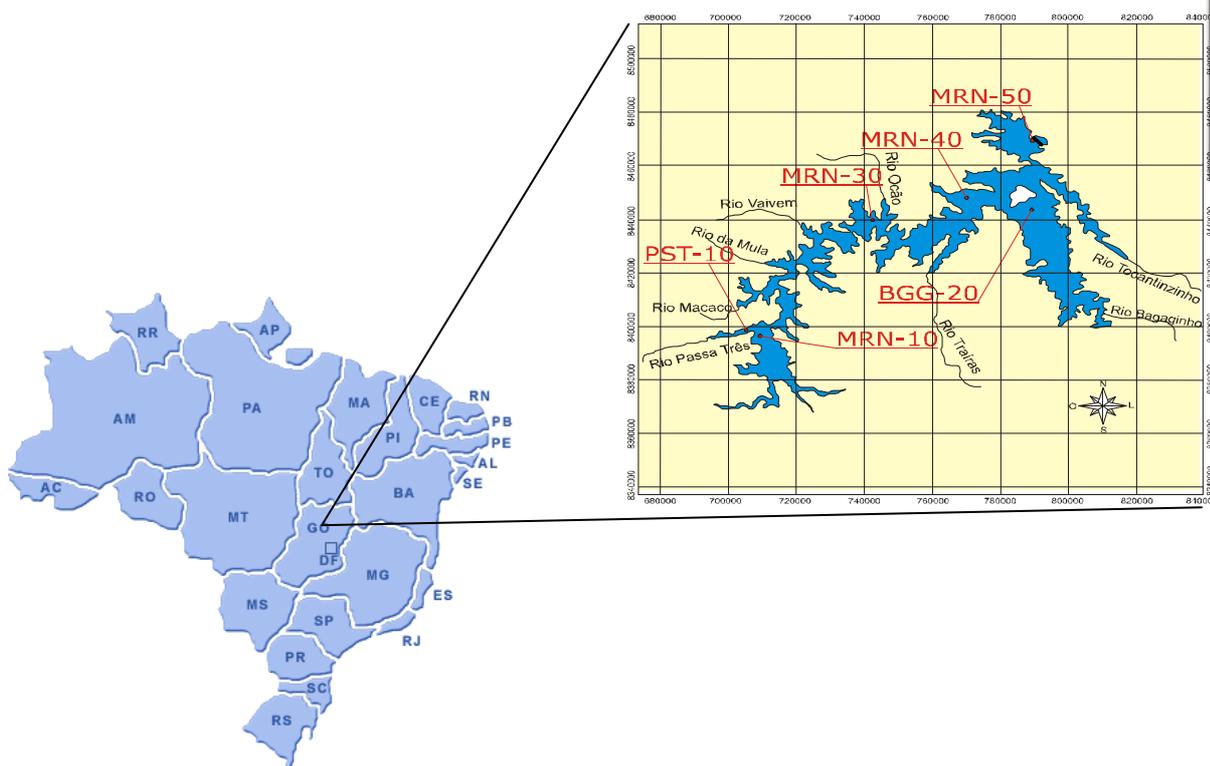


Figura 1: Localização geográfica do reservatório de Serra da Mesa (Fonte: http://www.aeromapa.com.br/seg_clientes.htm) e mapa representativo do reservatório de Serra da Mesa e os respectivos pontos de coleta (MRN 10, MRN 30 e PST 10 – braço; MRN 40, MRN 50 e BGG 20 – corpo central).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Amostragem e preservação das amostras

As amostras foram coletadas na sub-superfície da água em seis estações distribuídas ao longo do eixo principal (Tabela I; figura 1), e foram determinadas com base em algumas características limnéticas, como: região limnética, a mais próxima à barragem (BGG 20, MRN 40 e MRN 50 – corpo central), áreas mais dendríticas e desembocadura de rios, distais a barragem (MRN 10, MRN 30 e PST 10 – braço). As coletas foram realizadas em três diferentes períodos climatológicos: a) início das chuvas (18/11/2004), b) chuvas (18/03/2004) e seca (12/07/2004 e 14/07/2004).

As amostras quantitativas para as populações fitoplanctônicas foram fixadas com solução de Lugol. Para auxiliar na identificação dos táxons foram feitas coletas qualitativas com rede de plâncton com 20 μ m de abertura de malha e fixadas com Solução de Transeau. O zooplâncton foi coletado com rede de plâncton com 68 μ m de diâmetro através de coletas integradas de acordo com a profundidade da zona eufótica (Rosa, 2005).

Tabela I: Pontos de coleta no reservatório de Serra da Mesa.

Estação	Localização
MRN 10	Braço do reservatório, à jusante da confluência dos Rios Maranhão e Almas
MRN 30	Braço do reservatório, na confluência com o Rio Palmeira.
PST 10	Braço do reservatório, próximo à foz do Rio Passa Três.
MRN 40	Corpo Central do reservatório, no local do porto Serrinha.
MRN 50	Corpo Central do reservatório, imediatamente a montante da barragem.
BGG 20	Corpo Central do reservatório.

No momento das coletas, foram medidas a temperatura da água e a condutividade elétrica com termosalinômetro portátil S-C-T YSI modelo 30; o pH com potenciômetro portátil Digimed, modelo DMPH-PV; o oxigênio dissolvido através de oxímetro portátil YSI modelo 52; a transparência da água através do disco de Secchi; a turbidez com turbidímetro modelo La-Motte 2020.

4.2. Análise das amostras

As concentrações de nitrato (NO_3^-), íon amônio (NH_4^+) e nitrogênio total (NT) foram determinadas pelos métodos descritos em Mackereth *et al.* (1978), Wetzel & Likens (1990); o fósforo solúvel reativo e fósforo total (SRP e PT, respectivamente), pelos métodos descritos em Golterman *et al.* (1978) e Wetzel & Likens (1990); a clorofila *a* de acordo com Nusche & Palme (1975).

O fitoplâncton foi quantificado em microscópio invertido, marca Zeiss, modelo Axiovert, pelo método de sedimentação de Utermöhl (1958). Foram enumerados indivíduos (colônias, cenóbios, filamentos, células) em campos aleatórios, segundo indicação de Uhelinger (1964). Sempre que possível, foram enumerados 100 organismos da espécie mais freqüente, sendo o erro inferior a 20% ($p < 0,05$, Lund *et al.*, 1958). Quando este número de organismos não foi alcançado, foram enumerados tantos campos aleatórios quantos os necessários para que se estabilizasse o número de espécies adicionadas por campo (método da área mínima), a fim de garantir uma representatividade qualitativa mínima das espécies. Para auxiliar na determinação de alguns táxons, amostras qualitativas foram analisadas em microscópio óptico marca Zeiss, modelo Standard 18 equipado com câmara clara, medição, fotografia e contraste de fase. Os táxons foram identificados analisando-se as características morfológicas e morfométricas da vida vegetativa e reprodutiva, com base em bibliografia

específica. A quantificação da comunidade zooplantônica foi realizada com a contagem dos indivíduos em câmaras de Sedgwick-Rafter, com capacidade de 1mL (Rosa, 2005).

4.3. Análise dos dados

A zona eufótica (Z_{eu}) foi calculada como sendo três vezes a profundidade de extinção do disco de Secchi (Cole, 1994). O biovolume de cada espécie foi avaliado considerando as dimensões médias dos indivíduos, usando modelos geométricos aproximados à forma dos indivíduos (Edler 1979) e Hillebrand *et al.* (1999). O biovolume das populações foi estimado multiplicando-se a densidade populacional de cada espécie pelo volume médio dos organismos. A biomassa específica [mg (peso fresco) L^{-1}] foi calculada a partir do biovolume médio, assumindo uma densidade específica da célula fitoplanctônica $1g\ cm^{-3}$. Para a identificação dos grandes grupos taxonômicos de algas foram adotados os critérios de Van den Hoek *et al.* (1997), enquanto que para as cianobactérias Komárek & Anagnostidis (1999, 2005) e diatomáceas Round *et al.* (1990).

A estrutura de tamanho das espécies do fitoplâncton do reservatório de Serra da Mesa foi avaliada considerando a maior dimensão linear axial (MDL), sendo definidas três classes de tamanho: I: 2-20 μm ; II: >20- 50 μm ; III: > 50 μm .

A riqueza específica foi expressa pelo número de táxons presentes em cada amostra. A diversidade específica (H') foi estimada a partir da densidade, pelo índice de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver 1963), utilizando-se log na base 2 e expressa em bits mg^{-1} .

$$H' = - \sum_{i=1} p_i \log_2 p_i$$

Onde: $p_i = N_i/N$;

N_i = densidade total de cada espécie;

N = densidade total na amostra.

A equitabilidade (J_s) foi expressa em percentual, através da fórmula sugerida por Pielou (1966).

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Onde: H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener

S = número de táxons por amostra

Como para a comunidade fitoplanctônica, o biovolume zooplanctônico foi estimado a partir de figuras geométricas, e considerado como sendo igual ao peso fresco. Entretanto, o peso seco dos microcrustáceos (cladóceros e copépodos) foi analisado através da sua pesagem em uma microbalança analítica, enquanto que para rotíferos foi estimado como sendo igual ao biovolume. A biomassa em conteúdo de carbono, expressa em $\mu\text{g C L}^{-1}$, foi obtida, para rotíferos e microcrustáceos, assumindo que o conteúdo de carbono equivalente a 50% do peso seco (Rosa, 2005).

Testes de significância (t de Student) e ANOVA unidirecional foram usados para verificar as diferenças entre médias das variáveis limnológicas e dos atributos do fitoplâncton nas diferentes estações de coleta e nos diferentes períodos climatológicos. As análises estatísticas foram realizadas no programa Sigma Stat 2.0.

5. RESULTADOS

5.1. Climatologia e hidrologia

O padrão climático ocorreu de acordo com o esperado para a região, com a pluviosidade variando de zero mm (junho e julho/04) a 380mm (janeiro/04; figura 2).

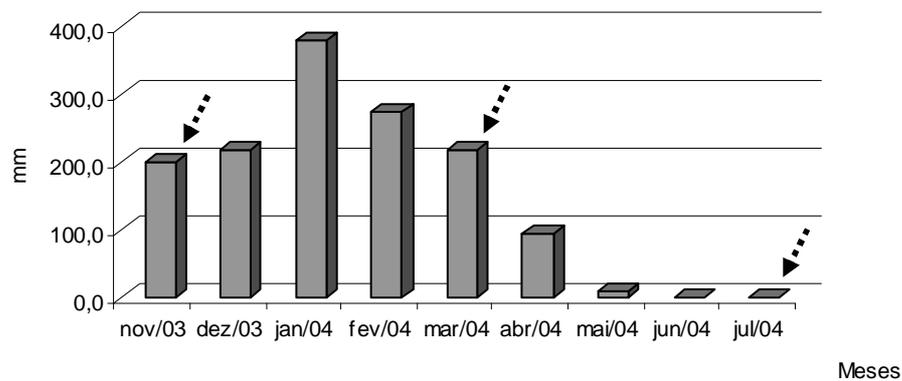
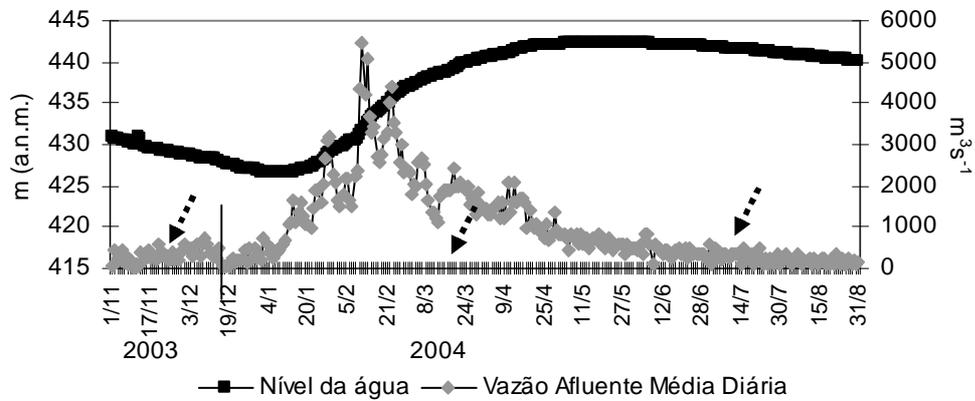


Figura 2: Pluviosidade total no reservatório de Serra da Mesa entre novembro de 2003 e julho de 2004, assinalados os meses de amostragem.

O período chuvas foi marcado pelos maiores valores de vazão afluente do estudo (máxima de 2651 m³s; figura 3). Por outro lado, a maior taxa de vazão defluente foi observada durante o início das chuvas (1079 m³s; figura 3). Como resultado da precipitação e operação da usina hidrelétrica, o período chuvas e seca foram caracterizados pelo nível máximo de água (440m; figuras 3).

Vazão afluente



Vazão defluente

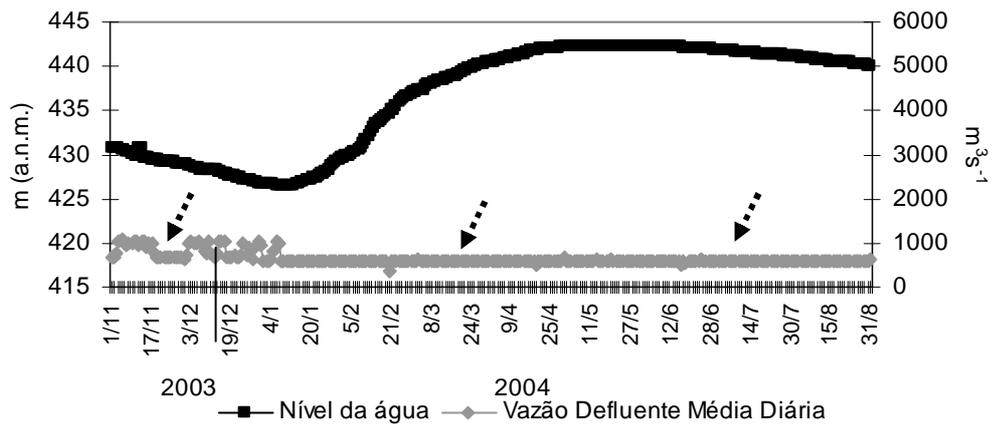


Figura 3: Vazões afluente, defluente e nível acima do nível do mar (a.n.m.) do reservatório de Serra da Mesa, entre novembro de 2003 e agosto de 2004, assinalados os períodos de amostragem.

5.2. Variáveis físicas, químicas e concentrações de clorofila *a*

As concentrações médias de NT (Braço = $747,6 \mu\text{gL}^{-1}$; Corpo central = $410,1 \mu\text{gL}^{-1}$) e PT (Braço = $12,1 \mu\text{gL}^{-1}$; Corpo central = $13,1 \mu\text{gL}^{-1}$) foram relativamente baixas no reservatório de Serra da Mesa. Já as formas dissolvidas de nitrogênio e fósforo apresentaram

concentrações médias relativamente elevadas para o P (Braço=16,7 $\mu\text{g L}^{-1}$; Corpo central=11,1 $\mu\text{g L}^{-1}$) e relativamente baixas de NID (Braço= 532,3; $\mu\text{g L}^{-1}$ Corpo central=125,8 $\mu\text{g L}^{-1}$), sendo significativamente maiores (por parcimônia; $p=0,058$) no compartimento braço.

A maioria das variáveis físicas e químicas não apresentou valores médios significativamente diferentes ($p>0,05$) entre os dois compartimentos. Concentrações significativamente diferentes foram observadas apenas para NO_3^- , as quais foram mais elevadas no braço do reservatório. Com maiores valores no braço do reservatório, apesar da turbidez e N-total terem apresentado variação entre os compartimentos, não foi observada diferença significativa. Com relação à clorofila *a* as concentrações médias variaram de 6,7 $\mu\text{g L}^{-1}$ (corpo central) a 6,9 $\mu\text{g L}^{-1}$ (braço), sem diferença significativa. (Tabela II).

Tabela II: Média e desvio padrão (DP) das variáveis físicas e químicas e das concentrações de clorofila *a* no braço e corpo central do reservatório de Serra da Mesa durante os três períodos climatológicos. * Diferenças significativas $p < 0,05$; $n=18$.

	Média	Média	DP	DP	<i>p</i>
	Braço	Corpo central	Braço	Corpo central	
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	27,9	28,4	1,3	1,6	0,503
Secchi (m)	2,3	3,1	1,5	0,6	0,167
Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})	6,47	6,7	0,6	1,2	0,601
pH	7,5	7,8	0,5	0,2	0,210
Turbidez (NTU)	6,8	1,6	12,0	0,6	0,304
Condutividade ($\mu\text{S mL}^{-1}$)	94,3	96,3	24,0	10,1	0,822
NH_4^+ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	39,0	36,0	16,1	8,7	0,637
NO_3^- ($\mu\text{g L}^{-1}$)	481,6	81,7	298,0	54,9	0,002*
NO_2^- ($\mu\text{g L}^{-1}$)	11,7	8,1	7,3	4,5	0,270
NID ($\mu\text{g L}^{-1}$)	532,3	125,8	327,10	53,892	0,005*
NT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	747,6	410,1	319,9	202,5	0,054
SiO_3 (mg L^{-1})	26,0	24,5	7,6	7,7	0,348
PSR ($\mu\text{g L}^{-1}$)	16,7	11,1	11,0	0,6	0,490
PT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	12,1	13,1	1,9	1,9	0,489
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	6,9	6,7	2,7	3,5	0,933

Considerando o íon amônio, as concentrações foram relativamente baixas, com valor significativamente maior observado no corpo central no período seco. Em relação ao nitrogênio total, apesar da ausência de diferença significativa entre os compartimentos, concentrações mais elevadas foram observadas no braço, exceto no período chuvas.

Tabela III: Média de algumas variáveis físicas e químicas dos dois compartimentos (braço e corpo central) no período de início das chuvas, chuvas e seca. * Diferenças significativas $p < 0,05$; $n=6$.

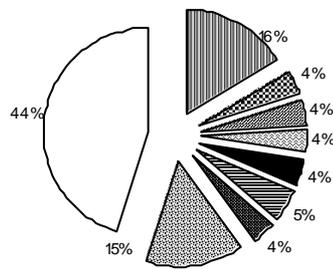
Variáveis	Início das chuvas			Braço	Chuvas			Braço	Seca	
	Braço	Corpo central	p		Corpo central	p	Corpo central		p	
Temperatura (°C)	29,3	29,4	0,89	27,8	29,7	0,10	26,5	26,5	0,83	
Transparência (m)	2,5	3,3	0,36	0,4	3,2	0,02 *	3,4	2,9	0,33	
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	6,2	7,6	0,05 *	5,7	5,0	-	7,0	7,1	0,75	
pH	7,8	7,9	0,34	7,2	8,0	0,52	7,6	7,5	0,89	
Condutividade	108,3	99,3	0,58	70,3	108,3	0,02 *	104,2	58,3	0,09	
NO ₃ ⁻ (µg L ⁻¹)	705,2	54,4	0,12	286,9	87,9	0,04 *	462,3	75,4	0,26	
NO ₂ ⁻ (µg L ⁻¹)	16,8	12,8	0,26	13,3	7,4	0,08	4,4	2,2	0,39	
NH ₄ ⁺ (µg L ⁻¹)	56,0	44,4	0,29	31,9	27,9	0,26	26,8	35,8	0,04 *	
N-Total	927,2	453,7	0,46	499,3	684,2	0,68	758,8	339,0	0,11	
P-Total	18,7	18,4	-	11,0	11,0	-	12,8	12,1	0,49	

5.3. Composição florística e riqueza específica

Foram registrados 104 táxons em todo o reservatório durante o estudo. No braço do reservatório, a composição florística totalizou 80 táxons, distribuídos em nove classes taxonômicas: 13 cianobactérias, 03 dinoflagelados, 03 criptofíceas, 03 crisofíceas, 03 xantofíceas, 04 diatomáceas, 03 euglenofíceas, 12 zignematofíceas e 36 clorofíceas (anexo 1).

Um número de táxons similar foi observado no corpo central (72 táxons), os quais estiveram distribuídos também em nove classes taxonômicas: 11 cianobactérias, 03 dinoflagelados, 03 criptofíceas, 04 crisofíceas, 01 xantofíceas, 04 diatomáceas, 03 euglenofíceas, 12 zignematofíceas e 36 clorofíceas (anexo 2). Clorofíceas, cianobactérias e zignematofíceas foram as classes que mais contribuíram para a composição florística nos dois compartimentos do estudo (figura 4).

Braço



Corpo central

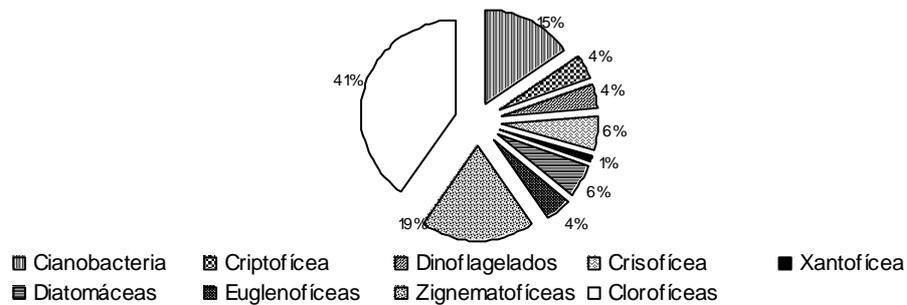


Figura 4: Contribuição média das diferentes classes taxonômicas para a composição florística do fitoplâncton total no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa, considerando os três períodos climatológicos.

Nos períodos de início das chuvas e seco, o braço do reservatório apresentou os maiores valores médios de riqueza de táxons (18 e 30 táxons por amostra, respectivamente) tendo, no período chuvas (março/04), o corpo central apresentado a maior riqueza média (24

táxons por amostra; figura 5). Considerando a média entre os três períodos climatológicos, o corpo central apresentou maior riqueza de táxons por amostra (34), quando comparado ao braço (29), embora não ocorrendo diferença significativa ($p=0,472$).

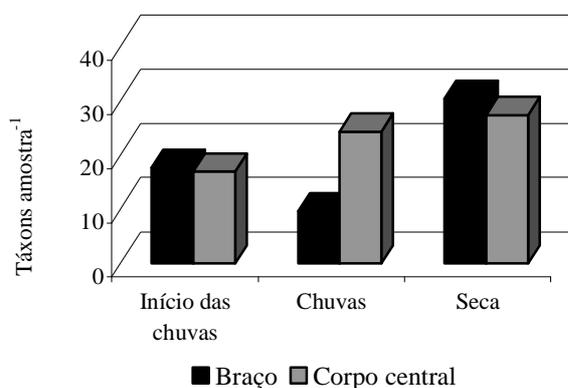


Figura 5: Riqueza média de táxons no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.

5.4. Densidade fitoplanctônica

As maiores densidades médias foram observadas no corpo central nos três períodos de estudo. Os valores flutuaram entre 2704 ind mL⁻¹ (início das chuvas) e 7820 ind mL⁻¹ (seca; figura 6) no corpo central e entre 961 ind mL⁻¹ (chuvas) e 6014 ind mL⁻¹ (seca; figura 6), no braço.

No entanto, não foram constatadas diferenças significativas entre os dois compartimentos durante os três períodos climatológicos (início das chuvas – $p=0,558$; chuvas – $p=0,007$; seca - $p=0,585$).

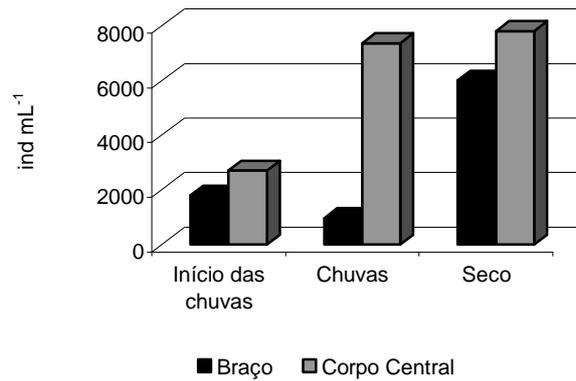


Figura 6: Densidade fitoplanctônica média no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.

Em média, considerando toda a série de dados, o corpo central do reservatório apresentou maior densidade (5967 ind.mL^{-1}), do que o braço do reservatório (2920 ind.mL^{-1} ; figura 7) não ocorrendo, no entanto, diferenças significativas ($p=0,065$).

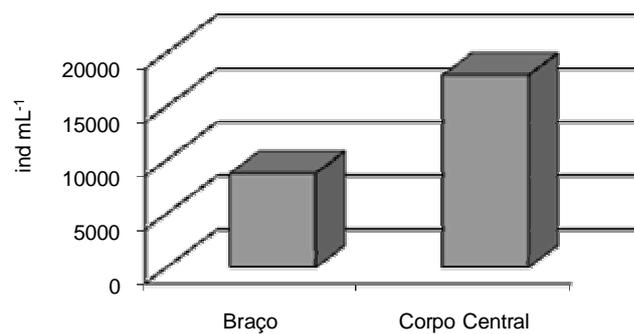


Figura 7: Densidade fitoplanctônica média considerando os três períodos de estudo no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa.

5.5. Biomassa fitoplanctônica total

O corpo central do reservatório apresentou as maiores biomassas fitoplanctônicas médias (peso fresco), oscilando entre $0,92 \text{ mg L}^{-1}$ (início das chuvas) e $1,04 \text{ mg L}^{-1}$ (seco; figura 08). No braço, a biomassa flutuou entre $0,19 \text{ mg L}^{-1}$ (chuvas; menores transparências e zona eufótica) e $0,54 \text{ mg L}^{-1}$ (início das chuvas; coincidindo com as maiores concentrações de NO_3^- ; figura 08).

Apesar de distintos, principalmente nos períodos chuvas e seca, os compartimentos do reservatório de Serra da Mesa não foram significativamente diferentes nos três períodos climatológicos (início das chuvas – $p=0,487$; chuvas – $p=0,064$; seca – $p=0,065$).

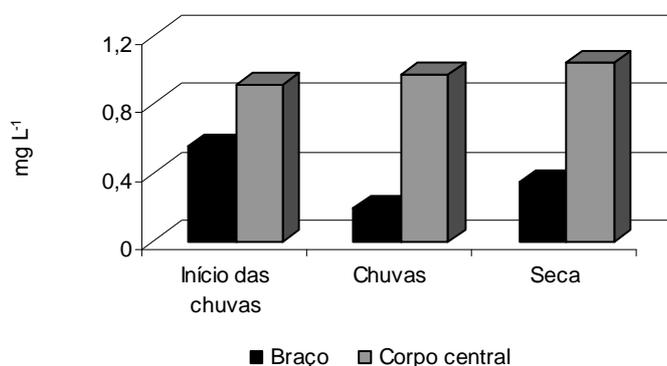


Figura 08: Biomassa fitoplanctônica média no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos três períodos de estudo.

A biomassa média entre os dois compartimentos foi significativamente maior ($p=0,005$) no corpo central ($0,955 \text{ mg L}^{-1}$) do que no braço ($0,312 \text{ mg L}^{-1}$; figura 09).

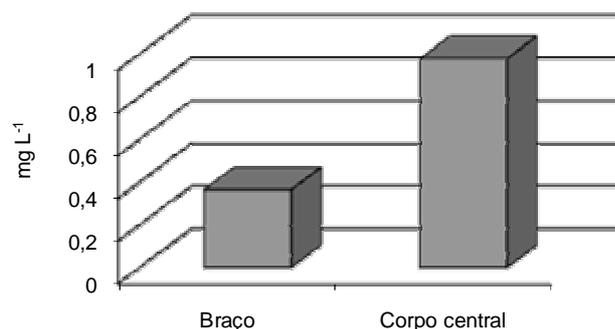


Figura 09: Biomassa fitoplanctônica média entre os três períodos de estudo no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa.

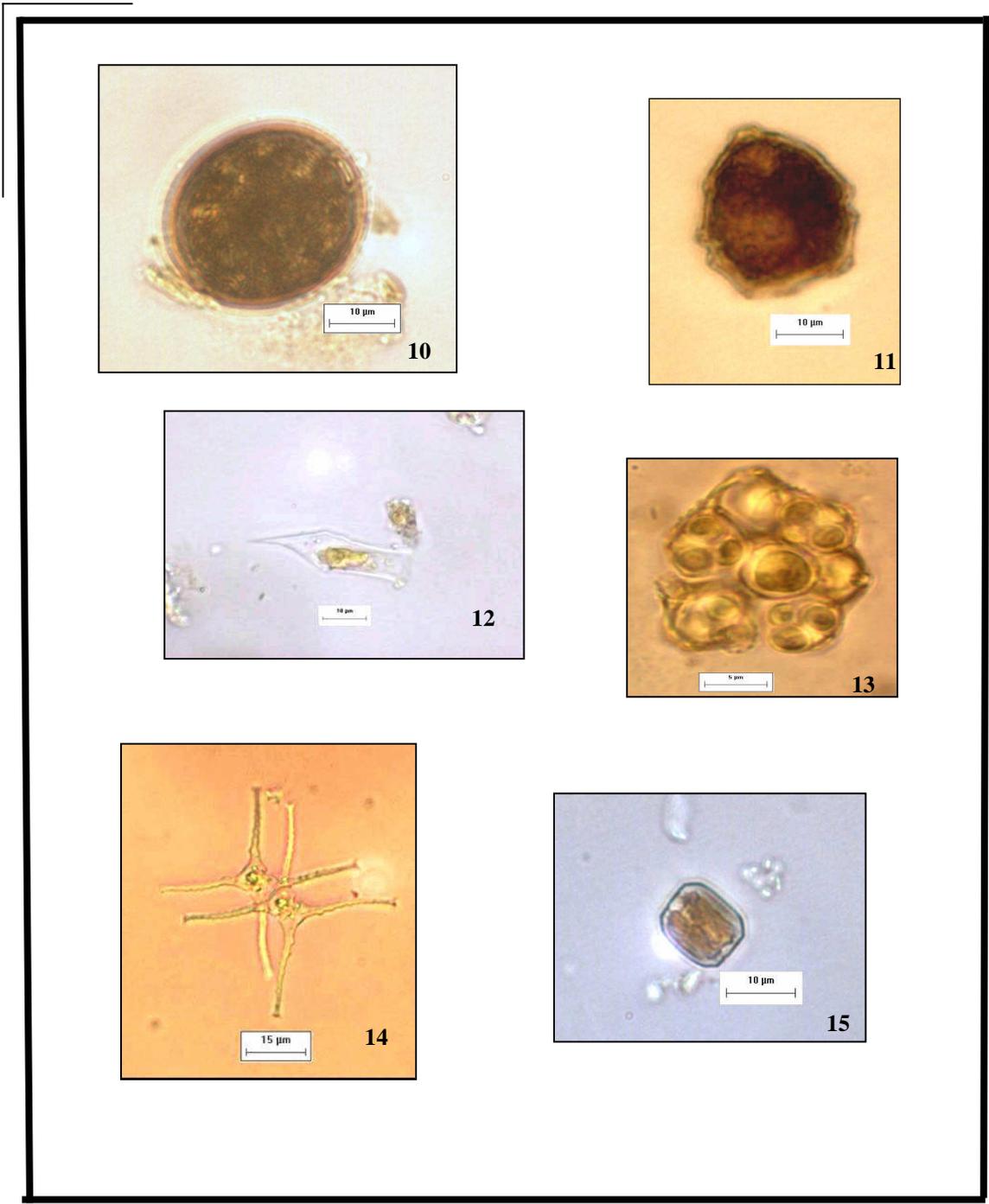
5.6. Biomassa fitoplanctônica por classes taxonômicas

O compartimento braço apresentou durante o início das chuvas, maior contribuição de cianobactérias (70%), representadas principalmente por *Cylindrospermopsis raciborskii* (figura 19). Em seguida, clorófitas (7%) e uma espécie de dinoflagelado (5%) foram os mais importantes em biomassa (figura 22). Neste período no braço, as principais espécies foram *Coelastrum reticulatum* (clorófitas microplânctônicas coloniais, figura 15) e uma espécie de dinoflagelado (*Glochidinium platigaster*, figura 13). No período de chuvas, as classes que mais contribuíram para a biomassa total foram diatomáceas (35%, com a presença marcante de uma espécie de *Cyclotella*, figura 15), clorófitas (26%, com contribuição de *Coelastrum reticulatum*) e crisófitas (23%, representada principalmente por *Dinobryon divergens*, figura 14; figura 22). No período seco, clorófitas (27%), euglenófitas (11%) e crisófitas (10%) foram as classes com maiores biomassas, tendo como principais representantes uma espécie de *Chlamydomonas* (clorófitas), *Trachelomonas armata* (euglenófitas; figura 10) e *Dinobryon divergens* (crisófitas), respectivamente (figura 22). Nesse compartimento

também chamou atenção a contribuição relativamente elevada de criptofíceas principalmente no período chuvas.

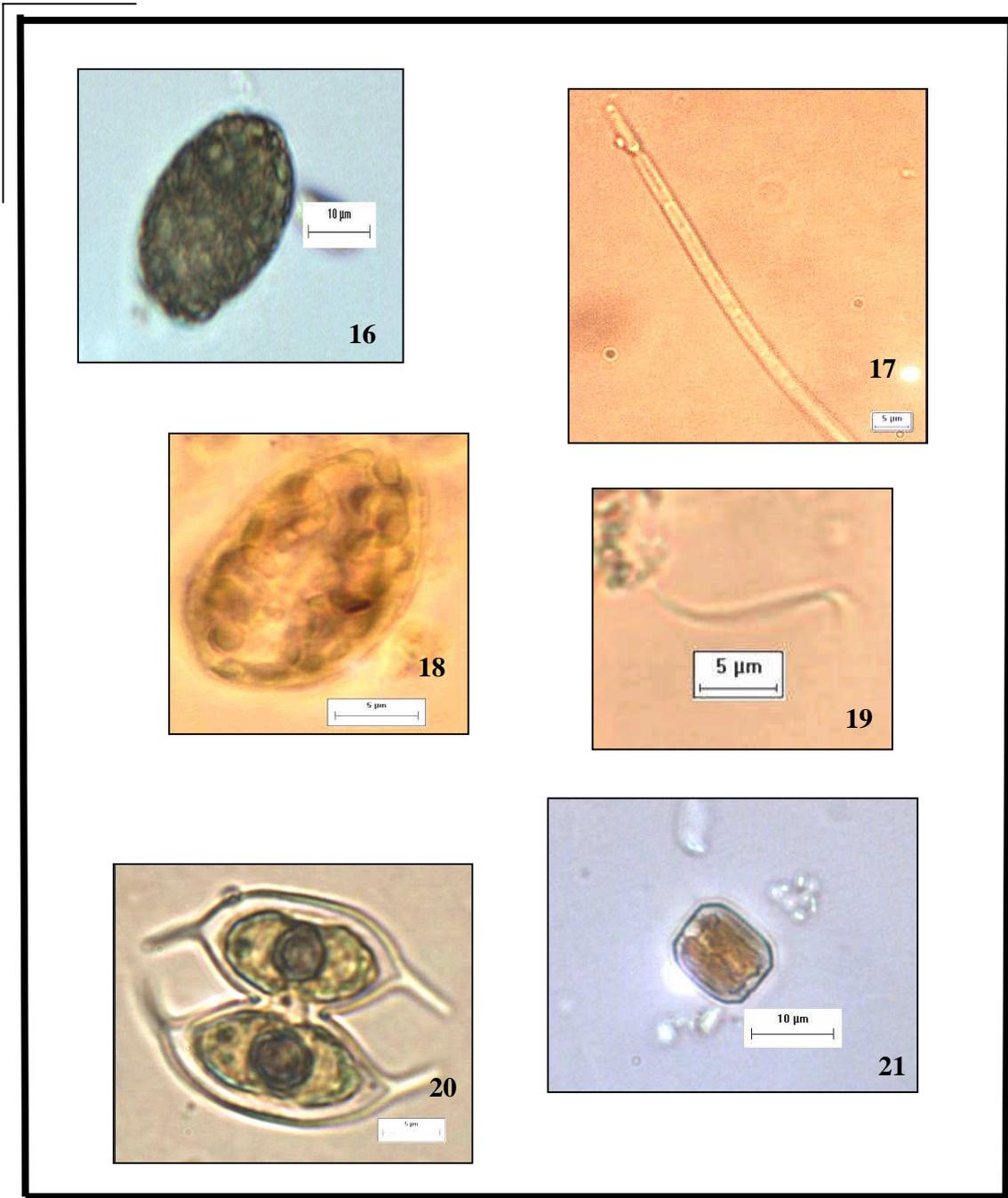
No corpo central do reservatório, o início do período de chuvas foi marcado pela dominância de cianobactérias (76%), representadas, sobretudo, por *Cylindrospermopsis raciborskii* (figuras 17 e 22). Além desta, foram também importantes uma espécie de euglenofíceas (*Lepocinclis fusiformis*, 9%; figuras 16 e 22) e uma espécie de diatomácea (*Cyclotella* sp., 7%; figuras 21 e 22). No período chuvas, as cianobactérias foram as que mais contribuíram para a biomassa total (63%), continuando a ser representada principalmente por *Cylindrospermopsis raciborskii*. Seguiram-se zignematofíceas (10%; principalmente *Staurodesmus convergens* – figuras 20 e 22) e clorofíceas (7%; figura 22), sobretudo *Kolliella longiseta* f. *variabilis* (figura 19). Da mesma forma que nos dois anteriores, o período seco foi caracterizado por maiores biomassas de cianobactérias (66%), seguindo-se clorofíceas (7%) e diatomáceas (4%; figura 22). Neste período, *Cylindrospermopsis raciborskii* contribuiu com valores superiores a 50% para a biomassa total. Uma diatomácea cêntrica (*Cyclotella* sp.) e uma clorofíceas nanoplanctônica (*Choricystis cylindracea*) foram as principais espécies de suas respectivas classes.

Compartimento Braço do reservatório



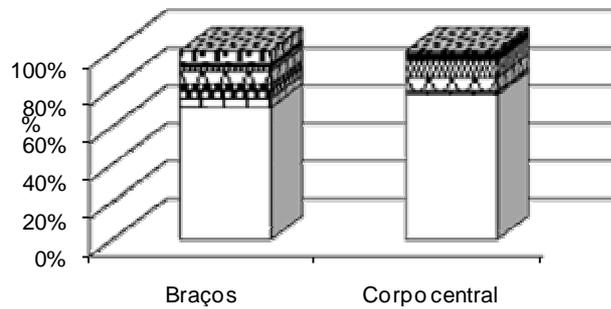
Prancha I: Táxons importantes para a biomassa fitoplanctônica no braço do Reservatório de Serra da Mesa durante o estudo: Figura 10: *Trachelomonas armata*.; Figura 11: *Glochidinium platigaster*; Figura 12: *Dinobryon divergens*; Figura 13: *Coelastrum reticulatum*; Figura 14: *Staurastrum tetracerum*; Figura 15: *Cyclotella* sp.

Compartimento Corpo central do reservatório

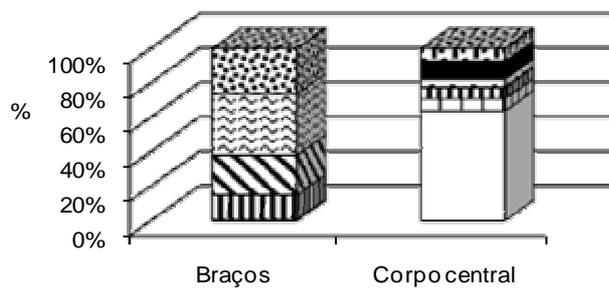


Prancha II: Táxons importantes para a biomassa fitoplanctônica no corpo central do reservatório durante o estudo: Figura 16: *Lepocinclis fusiformis*; Figura 17: *Cylindrospermopsis raciborskii*; Figura 18: *Cryptomonas* sp.; Figura 19: *Koliella longiseta* f. *variabilis*; Figura 20: *Staurodesmus convergens*; Figura 21: *Cyclotella* sp.

Início das chuvas



Chuvas



Seca

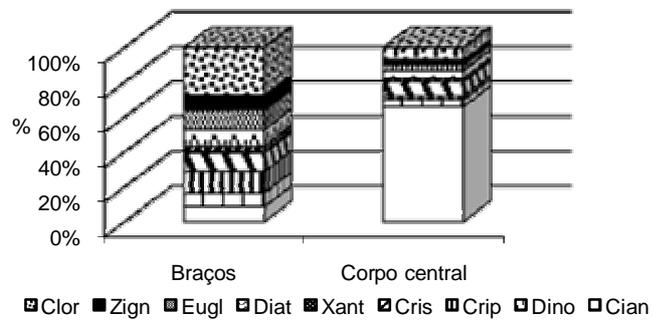


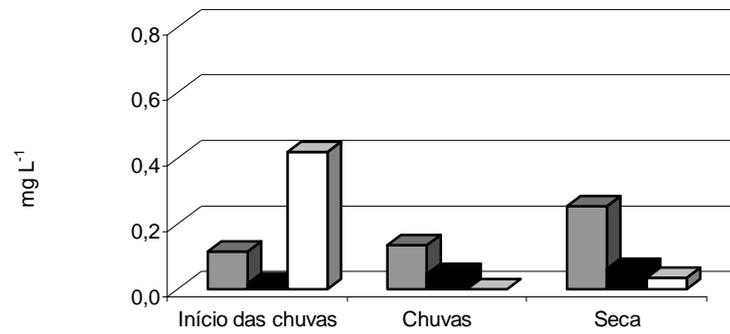
Figura 22: Contribuição das diferentes classes taxonômicas para a biomassa total do fitoplâncton no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados (Ciano=cianofíceas; Crip=criptofíceas; Cris=crisofíceas; Diat=diatomáceas; Zign=zignematofíceas; Cloro=clorofíceas; Dino= dinoflagelados; Xant=xantofíceas; Eugl=euglenofíceas).

5.7. Biomassa fitoplanctônica por classes de tamanho

A fração de tamanho maior que 50 μm foi a mais importante para a biomassa nos três períodos climatológicos no corpo central do reservatório (início das chuvas – 0,73 mg L^{-1} ; chuvas – 0,70 mg L^{-1} ; e seca – 0,68 mg L^{-1}), representada principalmente por *Cylindrospermopsis raciborskii*. Em seguida, foram importantes organismos menores que 20 μm (representada, sobretudo, por uma espécie de *Cyclotella* – início das chuvas; *Cryptomonas*-chuvas; crisofícea - seca) e entre 20 e 50 μm (*Lepocincles fusiformis* – início das chuvas; *Staurodesmus convergens* var. *laportei* – chuvas; *Lepocincles fusiformis* – seca), respectivamente (figura 23). No entanto, no braço do reservatório, apenas o início do período das chuvas (0,4 mg L^{-1}) apresentou maior biomassa de organismos maiores que 50 μm (*Cylindrospermopsis raciborskii*). Nos períodos pós - chuva (0,1 mg L^{-1} ; uma espécie de *Cryptomonas*) e de seca (0,3 mg L^{-1}), organismos menores que 20 μm foram os que mais contribuíram para a biomassa fitoplanctônica, com presença marcante de uma espécie de *Cryptomonas* (figura 23).

Considerando os três períodos climatológicos, as três classes de tamanho apresentaram maiores médias no corpo central do reservatório (<20 μm =0,21 mg L^{-1} ; 20-50 μm = 0,06 mg L^{-1} ; >50 μm = 0,71 mg L^{-1}) do que no braço (< 20 μm = 0,16 mg L^{-1} ; 20-50 μm =0,04 mg L^{-1} ; > 50 μm =0,15 mg L^{-1}). Apenas a fração > 50 μm ($p=0,008$), foi significativamente diferente entre os compartimentos.

Braço



Corpo central

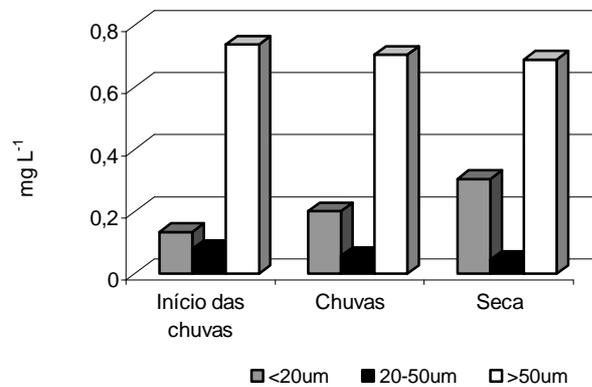
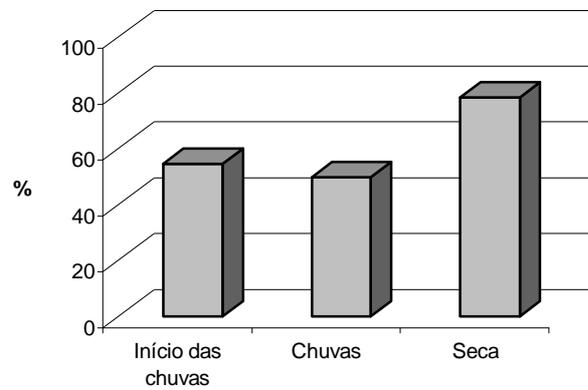


Figura 23: Contribuição das diferentes classes de tamanho no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.

5.8. Equitabilidade e diversidade específica

Com exceção do período de seca e o de chuvas, o reservatório de Serra da Mesa apresentou valores semelhantes de equitabilidade entre os dois compartimentos, fluando entre 53% (início das chuvas) no corpo central e 78% (seca) no braço (figura 24).

Braço



Corpo central

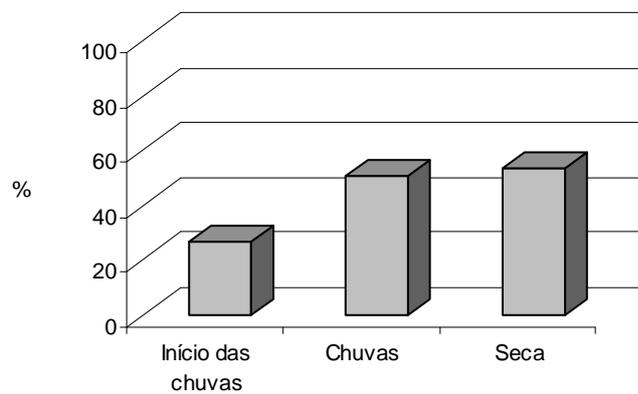
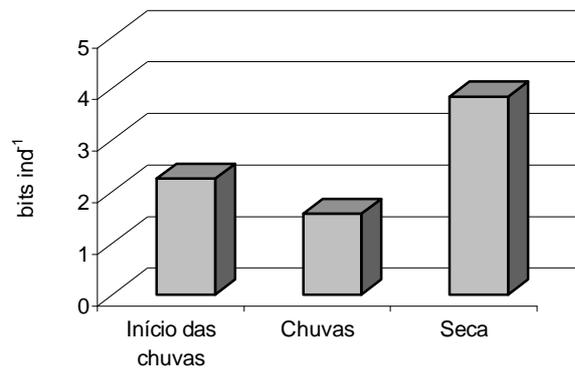


Figura 24: Equitabilidade no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.

Como para a equitabilidade, o braço na seca apresentou a maior diversidade, com valores oscilando entre $1,5 \text{ bits ind}^{-1}$ (período chuvas – braço) e $3,8 \text{ bits ind}^{-1}$ (período de seca – braço; figura 25). Entretanto, no corpo central, a diversidade foi semelhante nos períodos de

chuvas e seca (2,4 e 2,5 bits ind⁻¹, respectivamente), enquanto que no início das chuvas foi observada menor diversidade (1,2 bits ind⁻¹).

Braço



Corpo central

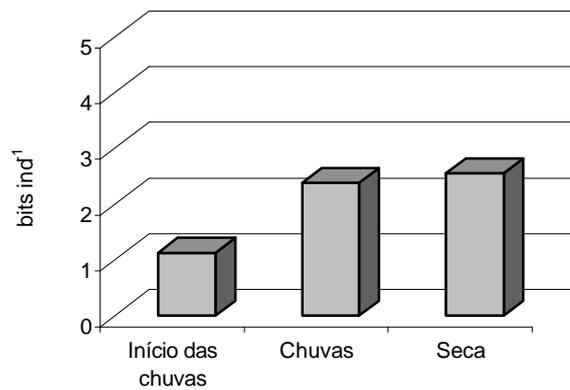
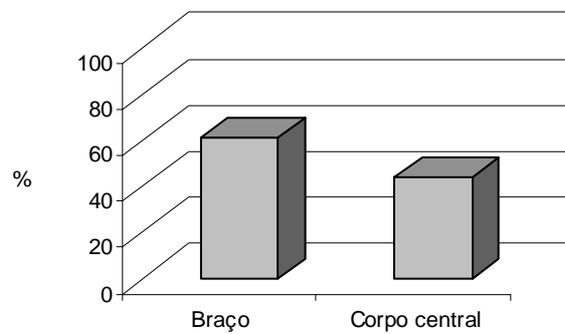


Figura 25: Diversidade no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos períodos estudados.

Os valores médios de equitabilidade (Figura 26) foram maiores no braço (61%) do que no corpo central do reservatório (44%). Como para a equitabilidade, a diversidade média foi maior no braço (2,5 bits ind⁻¹) do que no corpo central (2,0 bits ind⁻¹; figura 26).

Equitabilidade



Diversidade

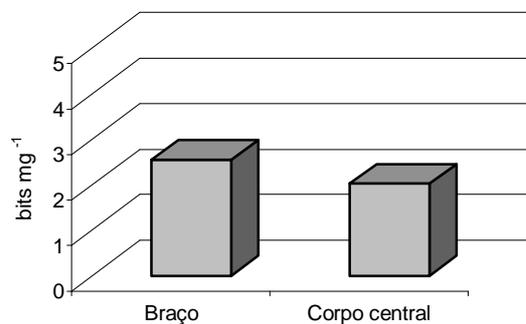


Figura 26: Equitabilidade e diversidade média entre os três períodos de estudo no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa.

5.9. Biomassa zooplanctônica (Fonte: Rosa, 2005)

O braço do reservatório apresentou maior biomassa zooplanctônica média no início das chuvas ($513 \mu\text{g C L}^{-1}$) e menor no período de seca ($80 \mu\text{g C L}^{-1}$). Por outro lado, no corpo central, a maior biomassa média ($87 \mu\text{g C L}^{-1}$; figura 27) ocorreu no período chuvas.

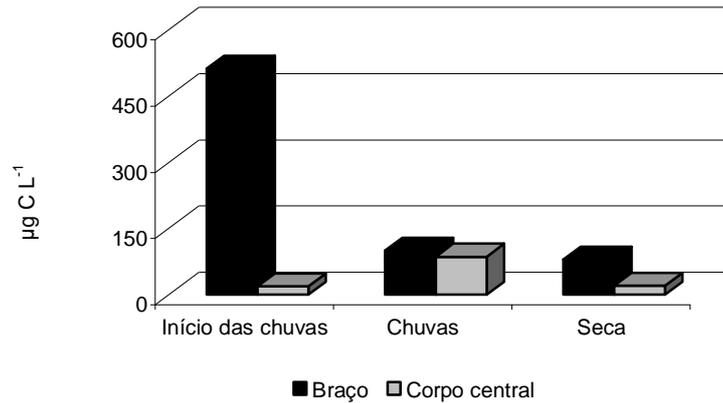
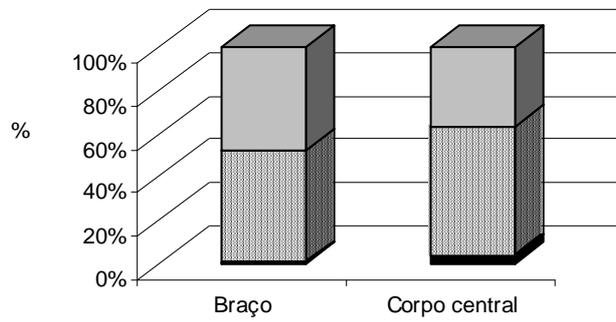


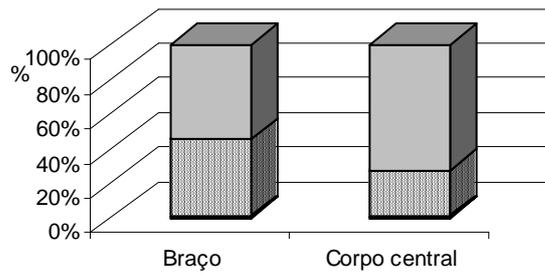
Figura 27: Biomassa zooplantônica média no braço e no corpo central do reservatório de Serra da Mesa nos período estudados.

No braço do reservatório, os copépodos foram os que mais contribuíram para a biomassa zooplanctônica nos três períodos. No corpo central, com exceção do período de início das chuvas, os copépodos também foram os mais importantes para a biomassa (figura 28).

Início das chuvas



Chuvas



Seca

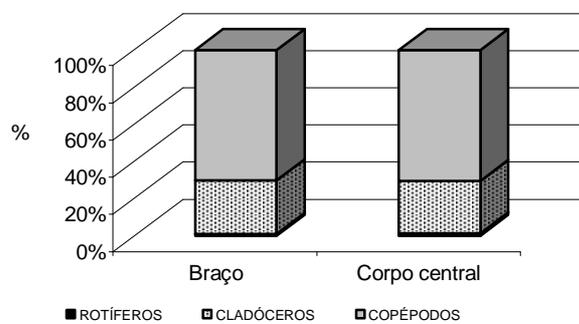
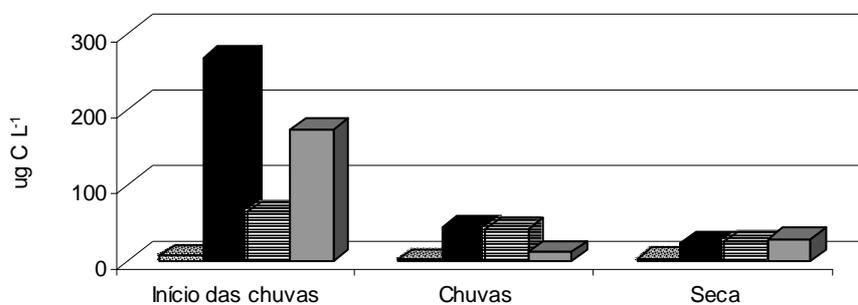


Figura 28: Contribuição das diferentes classes taxonômicas para a biomassa zooplanctônica total no braço e no corpo central do reservatório nos períodos estudados.

De acordo com o hábito alimentar, no braço do reservatório, o microzooplâncton > 300 µm (cladóceros+rotíferos+copéodos harpacticoida) foi o mais importante para a biomassa durante o início das chuvas. Por outro lado, durante as chuvas, além do microzooplâncton > 300 µm, omnívoros também foram importantes para a biomassa. No período seco todos os grupos, com exceção do microzooplâncton < 300 µm (protozoários+rotíferos+náuplios) apresentaram valores similares (figura 28).

Como para o braço do reservatório, o microzooplâncton >300 µm foi o mais importante no corpo central durante o início das chuvas (figura 29). Com exceção do microzooplâncton <300 µm, os demais grupos apresentaram biomassas semelhantes nos períodos pós-chuva e seca. Apesar do padrão semelhante, destaca-se a biomassa elevada do zooplâncton no braço durante o início das chuvas.

Braço



Corpo central

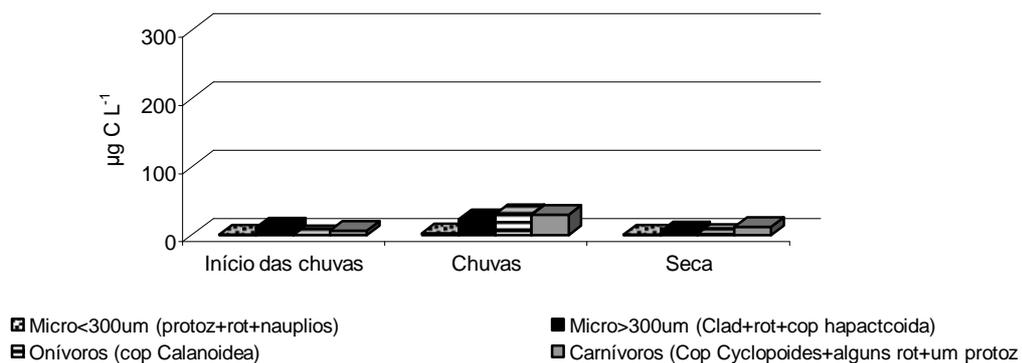


Figura 29: Contribuição das diferentes classes zooplanctônicas por hábito alimentar para a biomassa total no braço e no corpo central do reservatório nos períodos estudados. Micro < 300 = (protozoários+rotíferos+náuplios); Micro > 300 μm = (Cladóceros + rotíferos + copépodos hapactcoida); Omnívoros = (Copépodos Calanoidea); Carnívoros = (Copépodos Cyclopoides+alguns rotíferos+um protozoário).

6. DISCUSSÃO

As maiores diferenças entre reservatórios e lagos naturais são a existência e a operação da barragem (Kennedy, 1999), cujos aspectos do procedimento operacional para usos múltiplos são fundamentais. Construídos para a produção de energia, reservatórios como o de Serra da Mesa exigem um procedimento operacional que produz várias mudanças nos mecanismos de funcionamento durante o ano. Assim, num reservatório, normalmente, a frequência e o volume de precipitação regem sua operação, contribuindo desta forma para modular as características limnológicas do reservatório. Além disso, a dinâmica da massa d'água de reservatórios é altamente relacionada à interação entre as taxas de vazão afluyente (entrada de água no reservatório) e vazão defluyente (saída de água). O reservatório de Serra da Mesa apresentou durante o fim da primavera (início das chuvas), vazão defluyente superior à afluyente, em razão da alta demanda de energia característica do verão, resultando na redução no nível de água do reservatório. Por outro lado, durante as chuvas a vazão afluyente foi constantemente superior a defluyente. Portanto, a partir da associação entre a grande precipitação no período e uma maior entrada de água pela vazão afluyente, o reservatório foi caracterizado pelo aumento no volume d'água. Entretanto, reservatórios de ambientes temperados podem apresentar regime de operação diferenciado. No reservatório Barkley (Tennessee, EUA; inserido em ambiente de clima temperado), por exemplo, a primavera caracteriza-se principalmente pela redução da vazão defluyente em relação à afluyente em períodos de maior fluxo durante a estação, tendo como objetivo o aumento do volume de água (Kennedy 1999).

Similarmente ao período de chuvas, o de seca (inverno) foi caracterizado por uma baixa vazão defluyente, ocorrendo, além disso, a manutenção do nível da água atingido durante o período de chuvas. Como resultado do padrão de enchimento e aparente estabilização do volume d'água durante os períodos chuvas e de seca, respectivamente, ambos foram,

caracterizados por um maior nível do reservatório, com uma maior diluição do plâncton quando comparados ao início das chuvas, influenciando assim, provavelmente, em biomassas relativamente reduzidas no braço do reservatório.

Interações entre entrada de rios e características da bacia em reservatórios levam ao estabelecimento de gradientes longitudinais físicos, químicos e biológicos na coluna d'água na direção da barragem (Kennedy, 1999). Assim, regiões distais à barragem e mais próximas a entrada dos tributários (principalmente compartimento braço do reservatório de Serra da Mesa) tendem a apresentar dinâmica hidrológica distinta das áreas de maior proximidade à barragem (corpo central do reservatório), modulando, conseqüentemente, sobre as variáveis físicas, químicas e sobre o fitoplâncton.

No reservatório de Serra da Mesa, o compartimento braço foi, em média, menos transparente que o corpo central, nos períodos estudados. A radiação solar que penetra na coluna d'água depende principalmente das concentrações de materiais dissolvidos (compostos húmicos) e particulados em suspensão e, de maneira geral, essas concentrações podem apresentar um gradiente longitudinal ao longo do reservatório, sendo observados valores mais elevados próximos à desembocadura de rios, afetando, como resultado, características da água como cor e turbidez (Wetzel & Likens, 1990), explicando, provavelmente, as menores transparências no braço. Entretanto, por período climatológico, o período chuvoso foi marcado por transparências significativamente menores do que os demais, coincidindo com a menor biomassa fitoplanctônica do estudo. A baixa transparência observada, provavelmente esteve relacionada às maiores concentrações de partículas em suspensão, como conseqüência direta da proximidade dos principais rios formadores do reservatório e dos maiores índices de pluviosidade e de vazão afluente.

Em escala regional, a temperatura da água é influenciada pela latitude e altitude (Esteves, 1998), mas, localmente inúmeros outros fatores podem influenciar a temperatura da água (Nabout *et al.*, 2006). Apesar de distintos quanto à hidrologia, ambos os compartimentos foram semelhantes quanto à temperatura durante todo o estudo. Além disso, em ecossistemas tropicais, a temperatura, por estar quase sempre acima dos valores limitantes ao crescimento fitoplanctônico, não apresenta efeitos tão significativos sobre a variação temporal desta comunidade como em ambientes temperados (Esteves, 1998). Com relação a outras variáveis limnológicas, as águas do reservatório de Serra da Mesa foram mais oxigenadas no corpo central do que no braço no início das chuvas, provavelmente pela maior influência terrestre sobre este último, bem como uma maior condutividade foi observada na seca no corpo central.

Em ecossistemas continentais, fatores como concentrações médias de nutrientes limitantes ao crescimento fitoplanctônico, sobretudo N e P, e o efeito de suas variações sobre as concentrações da biomassa fitoplanctônica, na forma de clorofila *a* têm sido amplamente utilizados para definir o estado trófico de sistemas aquáticos. Tal abordagem tem sido utilizada, entretanto, muito menos frequentemente em regiões tropicais e subtropicais do que em regiões temperadas. De acordo com a classificação proposta por Nürnberg (1996) elaborada principalmente para lagos temperados, entretanto incluindo grandes lagos tropicais, e levando em conta as concentrações de NT, PT, clorofila *a* e a transparência, o reservatório de Serra da Mesa como um todo pode ser considerado como um sistema mesotrófico. No entanto, analisando os compartimentos, o corpo central comporta-se como mesotrófico em relação ao N e o braço, como eutrófico, face às concentrações mais elevadas de nitrato, provavelmente, devido ao aporte e fornecimento destes pelos tributários, e ressuspensão em razão de uma possível menor estratificação.

Considerando os períodos, com exceção do nitrogênio total no período de chuvas e do íon amônio na seca, foram observadas maiores concentrações de nutrientes no braço, provavelmente em função do aporte destes pelos rios formadores do reservatório ou de uma possível menor profundidade no compartimento. As concentrações de nitrato no corpo central corresponderam a apenas 8% (início das chuvas) e 16% (seca) daquela registrada no braço. A disponibilidade de nutrientes inorgânicos dissolvidos, sobretudo N e P e as razões atômicas entre esses dois nutrientes na forma total têm sido freqüentemente utilizadas para analisar a limitação ao crescimento do fitoplâncton por esses nutrientes (Fisher *et al.*, 1995). Tanto no braço como no corpo central, as concentrações de fósforo solúvel reativo (16,7 e 11,1 $\mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente) e de nitrogênio inorgânico dissolvido (523,3 e 125,8 $\mu\text{g L}^{-1}$) foram sempre superiores às constantes de semi-saturação desses dois nutrientes (NID=80-100 $\mu\text{g L}^{-1}$; SRP=3- 5 $\mu\text{g L}^{-1}$; Reynolds, 2006), para o crescimento da maioria das espécies de microalgas.

Disponibilidade de recursos como nutrientes e luz está intimamente relacionada a composição e biomassa fitoplanctônica. O número de espécies do fitoplâncton, pode ser interpretado como uma medida de heterogeneidade do ambiente. Sistemas heterogêneos são aqueles considerados com maior número de táxons (Schäffer, 1985). A partir disso, analisando os compartimentos separadamente, tanto o braço (80) quanto o corpo central do reservatório (72) apresentaram valores relativamente baixos quanto ao número total de espécies. Considerando o sistema como um todo, o reservatório de Serra da Mesa conta com um número total de espécies (104) semelhante a reservatórios eutróficos brasileiros como Barra Bonita (131 taxa; Calijuri, 1999) e Salto Grande (111 taxa; Deberdt, 1997). Estudos em lagos africanos apontam que o número de espécies do fitoplâncton em lagos tropicais, varia de 94 a 143 (Kalff & Watson 1986), sendo estes valores similares àqueles observados em

regiões temperadas (Calijuri, 1999), estando o valor observado para o reservatório de Serra da Mesa incluído nessa faixa de variação.

Com exceção do período chuvas, foram observadas maiores riquezas de táxons no braço do reservatório (média máxima=30 taxa/amostra) . A baixa expressão da riqueza no período chuvas (média de 10 taxa/amostra) esteve relacionada, provavelmente, à alta concentração de partículas inorgânicas em suspensão no compartimento, diminuindo a transparência da água que age como fator selecionador da comunidade fitoplanctônica.

Diversidade como expressão do conteúdo de informação de cada espécie para a comunidade como um todo e, equitabilidade, expressão de como a biomassa se distribui entre as espécies, são importantes descritores da comunidade fitoplanctônica. Tanto para o braço como para o corpo central, o período de seca foi o mais diverso (Braço=3,8 bits mg^{-1} ; Corpo central= 2,54 bits mg^{-1}) e com maior equitabilidade (Braço =78%; Corpo central=54%), refletindo a ausência de dominância de poucas espécies. Nesta época, a biomassa fitoplanctônica foi também representada por diferentes classes taxonômicas, tanto no braço como no corpo central. Pode-se pensar que essas condições estiveram relacionadas a uma maior constância ambiental associada à menor vazão defluente no período de seca.

Durante o estudo, o corpo central apresentou, tanto entre os três períodos como em cada um deles, as maiores médias de densidade e biomassas, tendo, provavelmente, como principal fator regulador a maior estabilidade da massa d'água. Além disso, mudanças na comunidade fitoplanctônica podem ocorrer em resposta a interações competitivas entre as espécies fitoplanctônicas e a presença dos consumidores (Silva, 2004). Entretanto, apenas durante o início das chuvas, o controle através da herbivoria pareceu ser efetivo, principalmente no braço onde ocorreram as maiores biomassas zooplanctônicas, representadas sobretudo por eficientes filtradores.

De um modo geral, o táxon mais importante para a biomassa fitoplanctônica no reservatório de Serra da Mesa foi *Cylindrospermopsis raciborskii*. Essa cianobactéria ocorre em uma extensa área geográfica que vem se expandindo nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas, e pode ser encontrada em grande variedade de ambientes aquáticos, como lagos, reservatórios artificiais e rios (Baker, 1996).

No compartimento braço, do reservatório de estudo, o início das chuvas caracterizou-se pela maior biomassa fitoplanctônica com maior contribuição da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* (70%). A presença marcante dessa espécie coincidiu com os maiores valores de nitrato (NO_3^-) e íon amônio (NH_4^+). Entretanto, por ser freqüentemente associada a ambientes limitados por nitrogênio, a cianobactéria provavelmente não esteve associada às maiores concentrações de NO_3^- e NH_4^+ . Várias são as condições ambientais que favorecem o grande desenvolvimento das populações de *C. raciborskii*, entre elas a depleção de nutrientes no epilímnio, altos valores de pH, alta temperatura, ausência de predação (Branco & Senna, 1994), geralmente associadas à reduzidas concentrações das formas dissolvidas de nitrogênio e fósforo (Briand *et al.*, 2002; Marinho & Huszar, 2002), além da estabilidade da coluna d'água (Tucci & Sant'Anna, 2003).

A maior biomassa de *Cylindrospermopsis raciborskii* pode estar relacionada à influencia da comunidade zooplanctônica, já que, como discutido anteriormente, a estrutura e a variabilidade do fitoplâncton podem ocorrer em resposta a associações entre espécies fitoplanctônicas e zooplanctônicas. Durante o início das chuvas, além de apresentar a maior biomassa no compartimento, a comunidade zooplanctônica foi representada sobretudo por cladóceros. Esse grupo zooplanctônico foi formado principalmente por eficientes filtradores, representados sobretudo por organismos $>300\mu\text{m}$ que podem se alimentar de partículas entre 1,3 a $50\mu\text{m}$ de tamanho (Levine *et al.*, 1999), apresentando nítida preferência por algas

menores que 20 μm , principalmente criptofíceas e clorofíceas (Ahlgren *et al.*, 1992). Com isso, a comunidade zooplanctônica provavelmente apresentou menor influência por herbivoria sobre *Cylindrospermopsis raciborskii* (> 50 μm) e, em contrapartida, maior sobre organismos menores que 20 μm , já que esta fração foi caracterizada por reduzidas biomassas nesse período no braço. O controle da biomassa fitoplanctônica por cladóceros maiores e mais eficientes já foi registrado para outros ambientes brasileiros, como o reservatório Monte Alegre, Ribeirão Preto, SP (Arcifa, *et al.*, 1998).

As menores biomassas no braço, no período chuvas, pode ser explicada, entre outros fatores, pela grande diluição do fitoplâncton e, provavelmente, pela limitação do crescimento fitoplanctônico por um maior estresse mecânico sobre a comunidade (Calijuri, 1999) durante o período.

Neste período não foi observada a presença de *Cylindrospermopsis raciborskii*, devido provavelmente, à alta taxa de energia resultante da grande vazão afluente intensificada por sua vez, pela proximidade dos rios formadores do reservatório. Tal fato pode ter determinado uma maior diluição do fitoplâncton de modo geral. Nesse período, a comunidade fitoplanctônica foi representada principalmente por pequenas diatomáceas (35%, espécie de *Cyclotella*), caracterizadas por geralmente apresentarem menor exigência de luz, inferior à outras algas (Sommer, 1988) e clorofíceas (26%), comuns em ambientes mesotróficos (Reynolds, 1984).

No período de seca, com o nível do reservatório também elevado e reduzidas biomassas zooplanctônicas de indivíduos maiores que 300 μm , contraditoriamente ao início das chuvas, no braço a comunidade fitoplanctônica continuou a apresentar maiores contribuições de pequenas diatomáceas e clorofíceas.

Como discutido anteriormente, o corpo central foi caracterizado pelas maiores

biomassas. O compartimento, com médias semelhantes durante os três períodos, não apresentou padrão distinto para a biomassa durante o estudo, sendo sempre representada principalmente por *Cylindrospermopsis raciborskii* (73% para o início das chuvas; 66% período chuvas; 63% período de seca; organismo maior que 50µm).

Acredita-se que a maior estabilidade da massa d'água, em razão da maior distância dos tributários e, a menor influência da vazão afluyente, tenha sido o principal fator atuante a favor da dominância de *Cylindrospermopsis raciborskii* durante os três períodos no corpo central, já que cianobactérias de um modo geral são altamente beneficiadas, dentre outros fatores, pelo aumento da estabilidade da coluna d'água (Reynolds, 1987; Tucci & Sant'Anna, 2003). Além disso, apesar da maior vazão defluente durante o início das chuvas, a comunidade fitoplanctônica apresentou biomassa semelhante nos três períodos climatológicos.

A partir da comparação da biomassa fitoplanctônica média total (considerando os três períodos), observa-se valores significativamente diferentes entre os dois compartimentos ($p=0,05$). Apesar de não apresentar diferenças significativas, os compartimentos também apresentaram valores distintos analisando-se cada período isoladamente, confirmando assim a hipótese de que esperar-se-ia encontrar distribuição horizontal heterogênea para a comunidade fitoplanctônica entre o braço e o corpo central.

Analisando o reservatório como um todo e comparando os resultados obtidos neste estudo com os da fase de pré-enchimento (De Filippo *et al.*, 1999; Santos *et al.*, 2001), observa-se que as cianobactérias e clorófitas continuaram a serem os grupos que mais contribuem para a dinâmica e estrutura neste reservatório.

De maneira geral, apesar de não haver diferença significativa da biomassa fitoplanctônica entre os dois compartimentos do reservatório de Serra da Mesa, a

variabilidade hidrológica talvez seja o principal fator regulador dos diferentes atributos do fitoplâncton no ecossistema, estando constantemente associados às vazões afluentes e defluentes e à distância dos rios formadores do reservatório.

6. CONCLUSÕES

I. Segundo a classificação formulada por Kalff (2003) para grandes reservatórios, Serra da Mesa aproxima-se do segundo tipo, com estratificação térmica permanente (dados não publicados) e do elevado tempo de residência médio teórico (aproximadamente de 770 dias).

II. Em razão da maior influência da vazão afluente, em geral foram observadas menores transparências e maiores concentrações de nutrientes no braço do reservatório.

III. De acordo com a hipótese formulada, foram observadas características distintas para alguns parâmetros abióticos entre os compartimentos. No entanto, apesar das maiores concentrações de nutrientes no braço do reservatório, ambos os compartimentos indicaram um estado mesotrófico da coluna d'água.

IV. Nitrogênio e fósforo dissolvidos estiveram sempre acima das constantes de semi-saturação para o crescimento da maioria das espécies de algas, indicando ausência de limitação ao crescimento fitoplanctônico.

V. A composição florística foi representada principalmente por clorofíceas tanto no braço como no corpo central do reservatório (44% e 41% taxa, respectivamente).

VI. O braço foi marcado pela maior riqueza de táxons, com exceção do período chuvoso, quando a maior vazão afluente pareceu ser o fator selecionador da comunidade.

fitoplanctônica.

VII. No compartimento braço, a seca apresentou a maior diversidade, sendo provavelmente explicada pela a maior estabilidade da massa d'água, permitindo assim o maior desenvolvimento da comunidade. Por outro lado, no período chuvas foi observada a menor diversidade, sendo explicada pela sobrevivência de poucas espécies sob a ação de uma possível menor estabilidade da massa d'água no compartimento. Entretanto, o corpo central foi marcado pela maior diversidade durante o período chuvas e de seca. A menor foi observada durante o início das chuvas, coincidindo com uma maior contribuição de *Cylindrospermopsis raciborskii* para a biomassa.

VIII. O braço foi marcado pela elevada importância de clorofíceas e diatomáceas para a biomassa, exceto no início das chuvas (cianobactérias), quando a comunidade esteve provavelmente associada às maiores biomassas zooplanctônicas (formadas principalmente por eficientes filtradores - $>300 \mu\text{m}$). Por outro lado, no corpo central o grupo das cianobactérias foi o que mais contribuiu durante todo o estudo. Tal dominância pode ter sido determinada, entre outros fatores, pela maior estabilidade da massa d'água.

X. Maiores biomassas foram observadas no corpo central, sendo concomitante às menores influências da vazão afluente e comunidade zooplanctônica.

XI. Os fatores que direcionam a distribuição horizontal da biomassa e da composição do fitoplâncton no reservatório de Serra da Mesa parecem ter sido principalmente os processos de transporte da massa d'água e a comunidade zooplanctônica quando presente em elevada biomassa, representada, sobretudo, por grandes e eficientes filtradores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEROMAPA, 2007. http://www.aeromapa.com.br/seg_clientes.htm. Acesso em 24/03/2007.
- ALBRECHT, M. P., 2005. *Estrutura trófica da ictiofauna do rio Tocantins da região sob influência da usina hidrelétrica Serra da Mesa, Brasil central*. Rio de Janeiro, UFRJ. 212 p. Tese.
- AHLGREN, G.; GISTAFSSON, I. B. & BOBERG, M. 1992. Fatty acid and chemical composition of freshwater microalgae. *J. Phycol.*, 28: 37-50.
- ARCIFA, M. S.; SILVA, L. H. S. & SILVA, M. H. L. 1998. The planktonic community in a tropical brazilian reservoir: Composition, fluctuations and interactions. *Rev. bras. Biol.*, 58 (2): 241-254.
- BAKER, P.D. 1996. Occurrence of *Cylindrospermopsis* in South-Eastern Australia. In: *Cylindrospermopsis – A New Toxic Algal Bloom Challenge for Australia*. Symposium – Agricultural and Management Council of Australia and New Zealand, Brisbane, p. 7.
- BRANCO, C.W.C. & SENNA, P.A.C. 1994: Factors influencing the development of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcyst aeruginosa* in the Paranoá Reservoir, Brasília, Brazil-Arch. Hydrobiol., *Algol. Stud.*, 75: 85-96
- BRIAND, J.F., ROBOLLT, C.; QUIBLIER-LLOBÉRASW, C.; HUMPERT, J. F., COUTÉ, A. & BERNARD, C., 2002. Environmental context of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) blooms in a shallow pond in France. *Wat. Res.*, 36: 3183 – 3192.
- CALIJURI, M.C.A. 1999. *Estrutura Fitoplanctônica em um Reservatório Tropical (Barra Bonita, SP)*. USP, São Carlos. 197 p. Tese de Livre-Docência.
- COLE, G.A., 1994. *Textbook of Limnology*. Illinois, Waveland press Inc., Prospect Heights.

- DE FILLIPO, R.; GOMES, E.L.; LENS-CÉSAR, J.; SOARES, C.B.P. & M, C.F.S. 1999. As alterações na qualidade da água durante o enchimento do Reservatório de UHE Serra da Mesa-GO. In: Henry, R. (ed.). *Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu, Fundibio, Fapesp. p. 321 – 345.
- DEBERDT, G.L.B. *Produção primária e caracterização da comunidade fitoplanctônica no reservatório de Salto Grande (Americana – SP) em duas épocas do ano*. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997, 105p.
- EDLER, L. (Ed.). 1979. *Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea; phytoplankton and chlorophyll*, 38p. (Working Group 9, Baltic Marine Biologists).
- ESTEVES, F. A. 1988. Considerações sobre a aplicação da tipologia de lagos temperados a lagos tropicais. *Acta Limnol. brasil*, 2: 3-28.
- ESTEVES, F.A., 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro, Ed. Interciência/FINEP, 575p.
- FISHER, T. R., J. M. MELACK, J. GROBBELLAR, AND R. W. HOWARTH. 1995. Nutrient limitation of phytoplankton and eutrophication of estuarine and marine waters. In: Tiessen, H. (ed.). *Phosphorus cycling in terrestrial and Aquatic Ecosystems*. SCOPE., Wiley. P. 301-322.
- FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. [http:// www.furnas.gov.br](http://www.furnas.gov.br). Acesso e 14/05/2007.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. 1978. *Methods for physical & chemical analysis of freshwaters*. IBP n.8. 2nd ed. Oxford, Blackwell Sci. Publ. 213p.
- HILLEBRAND, H; Dürselen, C; KIRSCHTEL, D.; POLLINGHER, U.; ZOHARY, T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.*, 35: 403-424.
- HOTEL RESERVA ONLINE, 2007.
- <http://www.reservehotelonline.com.br/pousadas/pousadas.asp>. Acesso em 24/03/2007

- HUSZAR, V. L. M. & GIANI, A. 2004. Amostragem da comunidade fitoplanctônica em águas continentais: reconhecimento de padrões espaciais e temporais. *In*: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (Eds.). *Amostragem em Limnologia*. São Carlos, Rima. P. 133-148.
- IBGE,2007.<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem/gocont97.shtm>.
- Acesso em 12/03/2007.
- KALFF, J. 2002. *Limnology, Inland Water Ecosystems*. New Jersey, Prentice Hall. 592 p.
- KALFF & WATSON 1986. Phytoplankton and its dynamics in two tropical lakes: a tropical and temperate zone comparison. *Hydrobiologia*, 138: 161-176.
- KENNEDY, R.H. 1999. Reservoir Design and Operation: Limnological Implications and Management Opportunities. *In* Tundisi, J. & Straskraba, M. (eds) *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. Brazilian Academy of Science.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTICS, K. 1999. Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales. *In:Subwasserflora von Mitteleuropa*. 19. Stuttgart, Gustav Fischer. 548p.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. 2005. Cyanoprocaryota. 2. Oscillatoriales. *In: Subwasserflora von Mittleuropa*, 19 (2).Stuttgart, Gustav Fisher. 759p.
- LEVINE, S. N.; BORCHADT, M. A. & SHAMBAUGH, A D. 1999. The impact of zooplankton grazing on phytoplankton species composition and biomass in Lake Champlain (USA – Canada). *J. Great lakes Res.*, 25 (1): 61-77
- LUND, J.W.G.; KIPPLING, C. & LE CREN, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, 11: 143-170.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, F.J. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologistis. Freshwater Biological Association Sci. Publ. n.36. Kendall, Titus Wilson & Sons Ltd. 117p.

- MARINHO, M.M. & HUSZAR, V.L.M. 2002. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). *Arch. Hydrobiol.*, 153 (3): 443-468.
- NABOUT, J.C.; NOGUEIRA, I.S.; OLIVEIRA, L.G. 2006. Phytoplankton community of floodplain lakes of the Araguaia River, Brazil, in the rainy and dry seasons. *J. Plankton Res.*; 28: 181-193.
- NÜRNBERG, G. K. 1996. Trophic state of clear and colored, soft-and hardwater lakes with special considerations of nutrients, anoxia, phytoplankton and fish. *Lake and Reserv. Manag.* 12: 432-447.
- PIELOU, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13: 131-144.
- REDFIELD, A.C. 1958. The biological control of chemical factor in the environment. *Am. Scient.*, 46: 205-221
- REYNOLDS, C.S. 1984. Phytoplankton periodicity: The interactions of form, function and environmental variability. *Freshwat. Biol.*, 14: 11-142.
- REYNOLDS, C.S., 1987. Cyanobacterial water-blooms. In Callow, J. (ed), *Advances in Botanic Reserch*, Vol. 13, Academic Press, London: 67-143.
- REYNOLDS, C.S., 1988. The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. *Verh. int. Verein. Theor. angew. Liminol.*, 23: 683-691.
- REYNOLDS, C.S.1997. Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystem theory. *In: Kinne, O. (ed.) Excellence in Ecology*. Oldenford, ECI.
- REYNOLDS, C.S. *Ecology of phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press, 2006, 564p.
- ROSA, P.G., 2005. Análise da comunidade zooplancetônica (abundância e biomassa em carbono) em quatro reservatórios tropicais do Brasil. Monografia. 73p. UNIRIO.

- ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M. & MANN, D.G. 1990. *The diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SANTOS, V.S.; GOMES, E.; LENZ CÉSAR, J.; SAMPAIO, G.; GÔMARA, G.; MENEZES, C. & FILLIPO, R. 2001. Fitoplâncton do Reservatório de Serra da Mesa (GO- Brasil) com ênfase nas cianofíceas potencialmente tóxicas. *Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Limnologia*, João Pessoa, p. 102.
- SCHÄFFER, A. 1985. *Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais*. Editora da Universidade federal Do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 532p.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana, Univ. Illinois Press. 173p.
- SILVA, L.H.S. 2004. *Fitoplâncton de um pequeno reservatório eutrófico (Lago Monte Alegre, Ribeirão Preto, SP): dinâmica temporal e respostas à ação do zooplâncton e peixes*. Rio de Janeiro, UFRJ. 217 p. Tese.
- SOMMER, U. 1988. Does nutrient competition among phytoplankton occur in situ? *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 23: 707 – 712.
- THORNTON, K. W., 1990. Sedimentary Processes. In: THORNTON, K. W; KIMMEL, B. & PAYNE, F (ed). *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. p. 43-69.
- TUCCI, A & SANT'ANNA, C. L. 2003. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynka) Seenayya & Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. *Revta Brasil. Bot.*, 26 (1): 97 – 112.
- TUNDISI, J.G. & MATSUMURA TUNDISI, T. 1995. The Lobo-Broa Ecosystem Research. In: Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E.M. & Matsumura Tundisi, T. (eds.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro, Brazilian Academy of Science. 376p.

- UHELINGHER, V. 1964. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. *Arch. Sci.*, 17(2):121-123.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton metodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9:1-38.
- VAN DEN HOECK, MANN, D.G. & JAHNS, H.M. 1997. *Algae: an introduction to Phycology*. Cambridge, Cambridge University Press. 627p.
- VANONI, V. A., 1975. *Sedimentation engineering*. Amer. Soc. Civil Engr. New York, NY.
- WETZEL, R. G. *Limnología*. Barcelona, Ed. Omega 1981, 679p.
- WETZEL, R.G. & LIKENS, G.E. 1990. *Limnological Analyses*. 2nd Edition. Springer-Verlag New York. 391 p.
- WIKIPÉDIA, 2007. http://pt.wikipedia.org/wiki/Serra_da_Mesa. Acesso em 12/03/07

Anexo 1: Táxons presentes no braço do reservatório de Serra da Mesa entre o início das chuvas (novembro/03), período chuvas (março/04) e período de seca (julho/04).

Cyanobacteria

Anabaena sp.
Aphanocapsa cf. *incerta*
Aphanocapsa *holsatica*
Aphanothece *clathrata*
Chroococcus *dispersus*
Chroococcus *minutus*
Chroococcus *minimus*
Chroococcus sp.
Cyanodiction *imperfectum*
Cylindrospermopsis *raciborskii*
Jaagnema sp.
Merismopedia *tenuissima*
Synechocystis *aquatilis*
Cryptophyceae
Cryptomonas sp.
Cryptomonas *marssonii*
Cryptomonas cf. *brasiliensis*

Dinophyceae

Glochidinium *platigaster*
Peridinium sp.1
Peridinium *umbonatum*

Chrysophyceae

Chrysophyceae 1
Chrysophyceae 2
Dinobryon cf. *divergens*

Xanthophyceae

Centritactus cf. *belenophorus*
Tetraedriella *spinigera*
Goniochloris *laevis*

Bacillariophyceae

Aulacoseira *granulata* var. *granulata*
Cyclotella sp.
Centrales 1
Pennales 1

Euglenophyceae

Trachelomonas *armata*
Trachelomonas cf. *volvocina*
Trachelomonas sp.1

Zygnematophyceae

Closterium *acutum*
Cosmarium cf. *bioculatum*
Cosmarium cf. *tinctum*
Cosmarium *sphagnicolum*
Staurastrum *tetracerum*
Staurastrum *taylorii*
Staurastrum sp.1
Staurastrum sp.2
Euastrum sp.
Mougeotia sp.
Staurastrum *excavatum*
Staurastrum *smithii*

Continuação anexo 1:

Chlorophyceae

<i>Actinastrum aciculare</i> f. <i>minimum</i>	<i>Elakatothrix gelifacta</i>
<i>Botryosphaerella</i> cf. <i>protuberans</i>	<i>Elakatothrix genevensis</i>
<i>Chlamydomonas</i> sp.1	<i>Koliella longiseta</i> f. <i>tenuis</i>
<i>Chlamydomonas</i> sp.2	<i>Koliella longiseta</i> f. <i>variabilis</i>
<i>Chlamydomonas</i> sp.4	<i>Monoraphidium komarkovae</i>
<i>Choricystis cylindracea</i>	<i>Monoraphidium minutum</i>
<i>Chlorella</i> cf. <i>homosphaera</i>	<i>Monoraphidium longiusculum</i>
<i>Choricystis minor</i>	<i>Monoraphidium griffithi</i>
Chlorophyceae 1	<i>Nephrochlamys subsolitaria</i>
Chlorophyceae 2	<i>Pediastrum privum</i>
Chlorophyceae 3	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
Chlorophyceae 4	<i>Oocystis lacustris</i>
<i>Closteriopsis longissima</i> var. <i>longissima</i>	<i>Oocystis</i> sp.
<i>Coelastrum reticulatum</i>	<i>Scenedesmus ellipticus</i>
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	<i>Scenedesmus</i> cf. <i>longispina</i>
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	<i>Schroederia</i> sp.
<i>Eutetramorus planctonicus</i>	<i>Tetraedron caudatum</i>
	<i>Tetraedron minimum</i>

9. ANEXO 2

Anexo 2: Táxons presentes no corpo central do reservatório de Serra da Mesa entre o início das chuvas (novembro/03), período chuvas (março/04) e período de seca (julho/04).

Cyanobacteria	<i>Dinobryon cf. divergens</i>
<i>Anabaena</i> sp.	Xanthophyceae
<i>Aphanocapsa cf. incerta</i>	Xanthophyceae 1
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	Bacillariophyceae
<i>Chroococcus dispersus</i>	Centrales 1
<i>Chroococcus minimus</i>	<i>Synedra</i> sp.
<i>Chroococcus minutus</i>	Pennales 1
<i>Cyanodictyon imperfectum</i>	Euglenophyceae
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Lepocinclis fusiformis</i>
<i>Jaagnema</i> sp.	<i>Trachelomonas cf. volvocina</i>
<i>Planktolyngbya subtilis</i>	<i>Euglena</i> sp.
<i>Synechocystis aquatilis</i>	Zygnematophyceae
Cryptophyceae	<i>Cosmarium cf. bioculatum</i>
<i>Cryptomonas cf. brasiliensis</i>	<i>Cosmarium cf. contractum</i>
<i>Cryptomonas</i> sp.1	<i>Cosmarium cf. tinctum</i>
<i>Cryptomonas</i> sp.2	<i>Cosmarium sphagnicolum</i>
<i>Dinophyceae</i>	<i>Staurastrum excavatum</i>
<i>Peridinium umbonatum</i>	<i>Staurastrum</i> sp.1
<i>Glochidinium platigaster</i>	<i>Staurastrum</i> sp.2
<i>Peridinium</i> sp.1	<i>Staurastrum tetracerum</i>
Chrysophyceae	<i>Euastrum</i> sp.
<i>Chromulina cf. microscopica</i>	<i>Stauroidesmus cf. controversus</i>
<i>Chrysophyceae</i> 1	<i>Mougeotia</i> sp.
<i>Chrysophyceae</i> 2	<i>Staurastrum smithii</i>

Continuação Anexo 2:

<i>Stauroidesmus convergens</i> var. <i>laportei</i>	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>
<i>Stauroidesmus</i> sp.1	<i>Elakatothrix gelifacta</i>
<i>Stauroidesmus</i> sp.2	<i>Elakatothrix genevensis</i>
Chlorophyceae	<i>Euastroopsis richterii</i>
<i>Actinastrum aciculare</i> f. <i>minimum</i>	<i>Koliella longiseta</i> f. <i>tenuis</i>
<i>Chlamydomonas</i> sp.1	<i>Koliella longiseta</i> f. <i>variabilis</i>
<i>Chlamydomonas</i> sp.	<i>Monoraphidium indicum</i>
<i>Chlamydomonas</i> sp.3	<i>Monoraphidium longiusculum</i>
<i>Chlorella</i> cf. <i>homosphaera</i>	<i>Oocystis lacustris</i>
<i>Choricystis minor</i>	<i>Pediastrum privum</i>
<i>Choricystis cylindracea</i>	<i>Radiococcus</i> sp.
Chlorophyceae 1	<i>Scenedesmus ellipticus</i>
Chlorophyceae 3	<i>Tetraedron caudatum</i>
Chlorophyceae 4	<i>Tetraedron minimum</i>
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	
