

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**CONTROLE *TOP-DOWN* DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM  
RESERVATÓRIOS EUTRÓFICOS TROPICAIS: UM CENÁRIO DE  
BIOMANIPULAÇÃO COM A ADIÇÃO DE CLADÓCEROS PLANCTÔNICOS**

**CELINA REBECA VALENÇA CARNEIRO**

**RECIFE**

**2019**

CELINA REBECA VALENÇA CARNEIRO

**CONTROLE *TOP-DOWN* DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM  
RESERVATÓRIOS EUTRÓFICOS TROPICAIS: UM CENÁRIO DE  
BIOMANIPULAÇÃO COM A ADIÇÃO DE CLADÓCEROS PLANCTÔNICOS**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas/UFRPE como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ariadne do Nascimento Moura.

RECIFE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- C289c Carneiro, Celina Rebeca Valença  
CONTROLE TOP-DOWN DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM RESERVATÓRIOS  
EUTRÓFICOS TROPICAIS: UM CENÁRIO DE BIOMANIPULAÇÃO COM A ADIÇÃO DE CLADÓCEROS  
PLANCTÔNICOS / Celina Rebeca Valença Carneiro. - 2019.  
44 f. : il.
- Orientadora: Ariadne do Nascimento Moura.  
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Licenciatura em Ciências Biológicas, Recife, 2020.
1. Eutrofização. 2. Fitoplâncton. 3. Floração de Algas. 4. Cladóceros. 5. Biomanipulação. I. Moura,  
Ariadne do Nascimento, orient. II. Título

---

CDD 574

CELINA REBECA VALENÇA CARNEIRO

**CONTROLE *TOP-DOWN* DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM  
RESERVATÓRIOS EUTRÓFICOS TROPICAIS: UM CENÁRIO DE  
BIOMANIPULAÇÃO COM A ADIÇÃO DE CLADÓCEROS PLANCTÔNICOS**

Comissão Avaliadora:

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ariadne do Nascimento Moura – UFRPE  
Orientador

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Watson Arantes Gama Júnior– UFRPE  
Titular

---

MSc. Anamaria Silva Diniz – PPGB (UFRPE)  
Titular

---

MSc. Silvano Lima do Nascimento Filho – PPGB (UFRPE)  
Suplente

RECIFE  
2019

## DEDICATÓRIA

A Deus, pela força dada para superar a grande dificuldade que foram as borboletas no estômago.

Ao meu pai, Davi, *in memoriam*, por toda a confiança que obtive ao lembrar da sua história, ver nossas fotos e ler as dedicatórias dos livros que me deu.

À minha mãe Marly, minha avó Nocy e meu irmão Davi por todo o amor, conselhos e orações.

A Gabriel Melo, meu amor, por ouvir absolutamente todos os meus desabafos e estar ao meu lado nos momentos onde as borboletas predominaram.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha professora orientadora, Ariadne do Nascimento Moura, por toda a confiança depositada em mim. Lembrarei de cada conversa que tivemos a sós, de cada crítica construtiva e elogios.

À minha tia Fátima e a toda minha família que ofereceu suporte durante o período de graduação.

À aqueles que estiveram ao meu lado desde o início no Laboratório de Ficologia – Taxonomia e Ecologia de Microalgas (LABFIC): Cihelio Amorim, Anamaria Diniz, Silvano Nascimento e Rafael Henrique. Cada seminário, saída de campo, discussão, conselho e sorriso foi enriquecedor.

Ao CNPq e à Universidade Federal Rural de Pernambuco pela concessão de bolsa durante os dois anos de Iniciação Científica.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. Eutrofização e sua relação com as Florações ou <i>blooms</i> algais.....  | 1         |
| 1.2. Controle <i>top-down</i> e a relação fitoplâncton-zooplâncton em ecossistemas aquáticos eutróficos tropicais..... | 1         |
| <b>INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1. Experimento I.....</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1. Comunidade fitoplanctônica e organismo experimental.....  | 5         |
| 1.2. Experimentos de herbivoria.....   | 6         |
| 1.3. Análises estatísticas.....  | 7         |
| <b>2. Experimento II.....</b>  | <b>8</b>  |
| 2.1. Descrição do local de estudo.....   | 8         |
| 2.2. Comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica.....   | 8         |
| 2.3. Isolamento dos organismos zooplanctônicos.....  | 9         |
| 2.4. Experimento de herbivoria: delineamento experimental.....   | 9         |
| 2.5. Experimentos de herbivoria: tratamento das amostras.....  | 9         |
| 2.6. Análises estatísticas.....  | 10        |
| <b>RESULTADOS.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>1. Experimento I.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2. Experimento II.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>DISCUSSÃO.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>CONCLUSÃO.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>31</b> |

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Composição florística das microalgas planctônicas registradas no Açude de Apipucos nos períodos chuvoso e seco de 2017.....12

**Tabela 2.** Lista das espécies fitoplanctônicas abundantes e biomassa total no Açude de Apipucos no período chuvoso de 2017, além de seus percentuais de redução pelo cladóceros *Macrothrix spinosa* após 6h e 8h (final do experimento), nos tratamentos com 40 e 60 indivíduos comparados com o controle.....14

**Tabela 3.** Lista das espécies fitoplanctônicas abundantes e biomassa total no Açude de Apipucos no período seco de 2017, além de seus percentuais de redução pelo cladóceros *Macrothrix spinosa* após 6h e 8h (final do experimento), nos tratamentos com 40 e 60 indivíduos comparados com o controle.....14

**Tabela 4.** Composição florística das microalgas planctônicas registradas no Reservatório de Tapacurá durante a realização do experimento.....22

**Tabela 5.** Média dos parâmetros abióticos medidos *in situ* ao início (T0) e final (T48) do experimento.  $\pm$ : Desvio padrão. CTL T0: Início do experimento; CTL T48: Final do experimento; Z: Comunidade zooplanctônica natural; 2Z: Comunidade zooplanctônica natural com biomassa duplicada; ZC: Comunidade zooplanctônica natural + Cladóceros.....23

**Tabela 6.** Comunidade zooplanctônica encontrada nos reservatórios de Tapacurá e Cursaí.....24

**Tabela 7.** Biomassa total e grupos morfofuncionais e seus percentuais de redução nos diferentes tratamentos após 48h (final do experimento) quando comparados com o controle. Z: Comunidade zooplanctônica natural; 2Z: Comunidade zooplanctônica natural com biomassa duplicada; ZC: Comunidade zooplanctônica natural + Cladóceros.....24



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Biomassa total da comunidade fitoplanctônica do Açude de Apipucos submetida ao experimento de herbivoria por *Macrothrix spinosa* em diferentes densidades nos períodos chuvoso (a) e seco (b)..... **13**
- Figura 2.** Biomassa das espécies fitoplanctônicas abundantes no Açude de Apipucos submetidas ao experimento de herbivoria por *Macrothrix spinosa* em diferentes densidades no período chuvoso..... **15**
- Figura 3.** Biomassa das espécies fitoplanctônicas abundantes no Açude de Apipucos submetidas ao experimento de herbivoria por *Macrothrix spinosa* em diferentes densidades no período seco. .... **16**
- Figura 4.** Taxa de crescimento fitoplanctônico durante o experimento nos períodos chuvoso (a) e seco (b) ..... **18**
- Figura 5.** Taxas de ingestão de *Macrothrix spinosa* durante os experimentos nos períodos chuvoso (a) e seco (b) ..... **19**
- Figura 6.** Máxima dimensão linear as microalgas em  $\mu\text{m}$ . a) período chuvoso; b) período seco..... **20**
- Figura 7.** Máxima dimensão linear das cianobactérias filamentosas durante o experimento de predação após 8h nos tratamentos controle e com a adição de 40 e 60 indivíduos de *Macrothrix spinosa*, durante os períodos chuvoso (a) e seco (b).. **20**
- Figura 8.** Biomassa total das comunidades fitoplanctônica (a) e zooplanctônica (b) submetidas ao experimento de herbivoria. CTL T0: Início do experimento; CTL T48: Final do experimento; Z: Comunidade zooplanctônica natural; 2Z: Comunidade zooplanctônica natural com biomassa duplicada; ZC: Comunidade zooplanctônica natural + Cladóceros..... **23**
- Figura 9.** Biomassa dos grupos morfofuncionais do reservatório de Tapacurá submetidos ao experimento de herbivoria. CTL T0: Início do experimento; CTL T48: Final do experimento; Z: Comunidade zooplanctônica natural; 2Z: Comunidade zooplanctônica natural com biomassa duplicada; ZC: Comunidade zooplanctônica natural + Cladóceros..... **25**
- Figura 10.** Taxa de crescimento fitoplanctônico durante o experimento realizado no reservatório de Tapacurá..... **26**
- Figura 11.** Taxa de ingestão do zooplâncton durante o experimento. .... **27**
- Figura 12.** Máxima dimensão linear das microalgas no experimento realizado no reservatório de Tapacurá. .... **27**

## RESUMO

Os crescentes níveis de eutrofização nos ecossistemas aquáticos têm chamado atenção para estudos que busquem o controle das florações de microalgas, uma vez que alguns destes organismos podem produzir toxinas capazes de causar danos aos mais variados grupos de seres vivos. Buscando possíveis soluções para esse desequilíbrio ecológico, têm-se preocupado em descobrir as particularidades da relação fitoplâncton-zooplâncton, especialmente devido aos últimos atuarem diretamente na dinâmica de ecossistemas aquáticos. Assim sendo, este estudo objetiva analisar o potencial dos cladóceros em atuar no controle *top-down* da biomassa fitoplanctônica de reservatórios eutróficos. O trabalho consistiu de dois experimentos: o primeiro foi realizado sob condições laboratoriais controladas com a comunidade fitoplanctônica do Açude de Apipucos-PE e o segundo foi realizado *in situ* com o fitoplâncton do Reservatório de Tapacurá-PE. No experimento laboratorial, foi observada a redução significativa em 67,39% e 40,17% da biomassa total nos períodos seco e chuvoso, respectivamente, após oito horas na maior densidade zooplanctônica. Por outro lado, no experimento *in situ* os cladóceros não obtiveram sucesso no controle da biomassa fitoplanctônica. No entanto, notou-se que o tratamento com a biomassa zooplanctônica natural do Reservatório de Tapacurá duplicada foi capaz de reduzir significativamente a biomassa de quase todos os grupos morfofuncionais. Além disso, em ambos os experimentos as espécies que apresentaram máxima dimensão linear com valores entre 0 e 100  $\mu\text{m}$  não apresentaram reduções no tamanho em ambos os períodos sazonais, sugerindo que o cladóceros as consumiu inteiras, enquanto que apenas no experimento I as espécies maiores que 100  $\mu\text{m}$  foram reduzidas principalmente nos tratamentos com adição de 200 e 300 ind  $\text{L}^{-1}$ . Portanto, a comunidade zooplanctônica natural do Reservatório de Tapacurá e *Macrothrix spinosa* demonstraram serem potenciais controladores do crescimento fitoplanctônico em ecossistemas aquáticos eutróficos tropicais.

**Palavras-chave:** Eutrofização, Fitoplâncton, Floração de Algas, Cladóceros, Biomanipulação.

## ABSTRACT

The growing levels of eutrophization in the aquatic ecosystems have brought attention to studies that research the control of microalgae bloom, since some of these organisms can produce toxins capable of causing damage to a large variety of living beings. Looking for possible solutions to this ecological imbalance, there is a growth in the levels of preoccupation concerning the particularities of the phytoplankton-zooplankton relation, especially due to the direct role of the zooplankton in the dynamic of aquatic ecosystems. Therefore, this study aims to analyze the potential of cladocerans in acting on the top-down control of the phytoplanktonic biomass of the eutrophic reservoirs. The study consists of two experiments: the first was realized under controlled laboratory conditions with the phytoplanktonic community of the Apipuço's weir, in Pernambuco, and the second was realized in situ with the phytoplankton from the Tapacurá's reservoir, also in Pernambuco. Through the laboratory experiment, a significant decrease of 67.39% and 40.17% from the total biomass in the dry and wet weather periods, respectively, was observed after eight hours in the higher zooplanktonic density. On the other hand, the cladocerans were not successful with the control of the phytoplanktonic biomass through the experiment. However, the treatment with the duplicated zooplanktonic biomass from the Tapacurá's reservoir was capable of significantly reducing the biomass of almost every morphofunctional groups. Besides that, in both experiments the species that presented the most linear dimension, with values between 0 and 100  $\mu\text{m}$ , did not present reductions in the size in both the seasonal periods, suggesting that the cladoceran consumed them whole, while only in the experiment I species larger than 100  $\mu\text{m}$  were reduced, mainly through treatments with addition of 200 and 300 ind  $\text{L}^{-1}$ . Thus, the natural zooplanktonic community from the Tapacurá's reservoir and *Macrothrix spinosa* demonstrate to be potential controllers of the phytoplanktonic growth in aquatic eutrophic tropical ecosystems.

**Key-words:** Eutrophization, Phytoplankton, Algae Bloom, Cladoceran, Biomanipulation.

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1. Eutrofização e sua relação com as Florações ou *blooms* algais

O processo de eutrofização ocorre quando existe o aumento da concentração de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) e, geralmente, está associado ao consequente aumento da biomassa fitoplanctônica, podendo ser classificado como natural ou artificial – de acordo com a presença ou não de interferência humana (ESTEVES, 2011).

O crescimento demasiado da densidade da comunidade fitoplanctônica em um ecossistema aquático leva ao processo conhecido como floração ou *bloom* algal. Estas podem ser prejudiciais devido a sua capacidade de produzir e liberar toxinas que se acumulam ao longo da cadeia alimentar (HALLEGRAEF, 2003). Além disso, as florações afetam outros fatores essenciais para a vida no ambiente aquático, por exemplo: diminuem a penetração da luz nos corpos d'água e levam ao aumento de matéria vegetal que ao se decompor provoca a diminuição do oxigênio dissolvido essencial à vida aquática (SEVERIANO, 2017).

Podem, ainda, afetar a qualidade do ambiente para os organismos aquáticos como zooplâncton, peixes e macrófitas, ou mesmo para a saúde humana por meio da ingestão de águas contaminadas. No caso das microalgas, o incidente mais popular de dano ao ecossistema, economia e sociedade ficou conhecido como a “Tragédia da Hemodiálise”, ocorrida em Caruaru (Pernambuco) no ano de 1996, onde cerca de 60 pacientes de uma clínica de hemodiálise morreram por intoxicação devido ao uso de água contaminada com cianotoxinas (CARMICHAEL, 2001; AZEVEDO et al., 2002).

Assim sendo, têm-se realizado inúmeras pesquisas no campo da limnologia utilizando a manipulação de alguns componentes do ecossistema aquático afim de reverter a problemática da qualidade da água em ambientes eutrofizados.

### 1.2. Controle *top-down* e a relação fitoplâncton-zooplâncton em ecossistemas aquáticos eutróficos tropicais

A biomanipulação de componentes-chave do ecossistema aquático é uma importante ferramenta utilizada no combate à eutrofização. Dá-se a regulação do crescimento da biomassa fitoplanctônica por meio do processo de predação de

organismos como os zooplânctônicos, o nome de controle ou efeito *top-down* (HAIRSTON; SMITH; SLODODKIN, 1960).

Logo, existe uma relação complexa entre fitoplâncton-zooplâncton com características particulares como o fluxo de energia ao longo da cadeia trófica e a ciclagem de nutrientes. Por exemplo, o material excretado por zooplâncton e peixes pode ser fonte de nutrientes para os organismos fitoplanctônicos (HUNT; MATVEEV, 2005).

A maioria dos estudos se dedica a estudar o potencial dos cladóceros como controladores da biomassa fitoplanctônica. Isto se deve a fatores como seu hábito alimentar do tipo filtrador e à sua falta de seletividade alimentar (GLIWICZ, 2004). Além disso, leva-se em consideração características da palatabilidade dos organismos fitoplanctônicos. Por exemplo, em ambientes com florações é comum encontrarmos clorófitas e cianobactérias, entretanto, enquanto as clorófitas geralmente são consideradas palatáveis, as cianobactérias não são consideradas os melhores alimentos para o zooplâncton e podem ser prejudiciais devido a fatores como baixo valor nutricional, grande tamanho dos filamentos ou colônia e a presença de metabólitos secundários tóxicos (GER; HANSON; LÜRLING, 2014).

Seu potencial de predação sobre o fitoplâncton, especialmente as cianobactérias, já foi demonstrado em diversos trabalhos, como o de Tillmanns et al. (2011) que mostrou que *Daphnia ambigua* foi capaz de evitar o consumo de cianobactérias tóxicas do gênero *Microcystis* após uma pré-exposição a essa cianobactéria. Além disso, Chislock et al. (2013) mostrou que mesmo sob elevadas concentrações de microcistinas, uma hepatotoxina potente, o cladóceros *Daphnia pulicaria* foi capaz de aumentar sua biomassa e reduzir florações de cianobactérias através da predação. Em estudos desenvolvidos em reservatórios de Pernambuco, Severiano et al. (2018) comprovaram que o zooplâncton natural de reservatórios tropicais é capaz de reduzir com sucesso a biomassa de cianobactérias potenciais formadoras de florações tóxicas, como é o caso de *Microcystis aeruginosa*.

Há fatores ainda como a “Hipótese da Eficiência de Tamanho” proposta por Brooks & Dodson (1965), onde a eficiência de predação do zooplâncton está diretamente relacionada ao seu tamanho corporal, pois o indivíduo maior possui, por consequência, um maior e mais eficiente aparato alimentar: aumentando o espectro de algas que podem ser consumidas, no caso dos cladóceros, por meio da filtração da água do ambiente. Esta hipótese continua sendo testada em tempos atuais (Hart

& Bychek, 2011; Havens et al., 2015), entretanto ainda não conhecemos pesquisas que tratem especificamente de biomanipulação com grandes cladóceros através do *controle top-down* em reservatórios tropicais.

Portanto, a utilização do zooplâncton, especialmente os cladóceros, pode ser uma estratégia viável capaz de controlar o crescimento das microalgas e cianobactérias, beneficiando diversos setores da cadeia produtiva, como agricultura e pecuária. Além disso, o controle *top-down* destaca-se, ainda, com uma alternativa viável diante de outras técnicas que possuem custo elevado, como é o caso da remoção de nutrientes.

## INTRODUÇÃO

A comunidade fitoplanctônica é representada por uma variedade de organismos fotossintetizantes, principalmente por cianobactérias, clorófitas, diatomáceas e euglenófitas (ESTEVES, 2011). Em situações de elevada eutrofização, causadas pelo incremento das concentrações de nutrientes como nitrogênio e fósforo, as microalgas planctônicas aumentam sua biomassa, formando o que chamamos de “florações” ou “*blooms*” – especialmente as cianobactérias, pois nessas condições costumam apresentar um maior crescimento em relação aos demais grupos algais (BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2014; MOURA; ARAGÃO-TAVARES; AMORIM, 2018).

Frequentemente a elevada biomassa de cianobactérias torna-se um problema principalmente devido a capacidade que algumas possuem de produzir e liberar toxinas que afetam a qualidade da água. Consequentemente, estas florações prejudicam os mais diversos organismos: zooplâncton (FREITAS et al., 2014; GER; HANSON; LÜRLING, 2014), macrófitas aquáticas (AMORIM; ULISSES; MOURA, 2017), peixes e até mesmo seres humanos (CARMICHAEL et al., 2001).

Visando minimizar a problemática das florações, a limnologia moderna tem se preocupado em descobrir as particularidades da relação fitoplâncton-zooplâncton, especialmente devido aos últimos atuarem diretamente na dinâmica de ecossistemas aquáticos: com a ciclagem de nutrientes e repasse de fluxo energia a níveis mais altos na cadeia trófica (ESTEVES, 2011).

Assim sendo, diversos estudos laboratoriais vêm sendo realizados: especialmente aqueles com a utilização de cladóceros, visto que estes são capazes de filtrar e se alimentar de partículas, dos mais variados tamanhos, suspensas em corpos d’água (GLIWICZ, 2004; GER; HANSON; LÜRLING, 2014).

Dentre os grupos zooplanctônicos, os cladóceros se mostram os animais com maior potencial predatório da comunidade fitoplanctônica nos ecossistemas dulciaquícolas, apresentando elevadas taxas de ingestão, além da habilidade de filtrar e consumir partículas, de variados tamanhos, suspensas em água (GLIWICZ, 2004; GER; HANSON; LÜRLING, 2014).

Nota-se a prevalência de estudos realizados em regiões temperadas, enquanto que, regiões tropicais e subtropicais ainda existem diversas lacunas quanto ao efeito *top-down* do zooplâncton em cascata trófica (JEPPESEN et al., 2005; GER

et al., 2014). Portanto, é importante que se realizem estudos com comunidades fitoplanctônicas de ambientes tropicais, especialmente os com elevada taxa de eutrofização, buscando minimizar a problemática das florações de cianobactérias. Estas, têm causado inúmeros prejuízos ambientais, econômicos e de saúde humana. Assim sendo, este trabalho objetiva analisar o controle *top-down* do fitoplâncton pelo zooplâncton com adição de cladóceros, simulando um cenário de biomanipulação em reservatórios eutróficos tropicais por meio de dois experimentos: o primeiro em laboratório e o segundo *in situ*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Experimento I

#### 1.1. Comunidade fitoplanctônica e organismo experimental

A comunidade fitoplanctônica utilizada foi coletada no Açude de Apipucos (8°1'11.12"S, 34°56'1.61"W), localizado no município do Recife. Este manancial hídrico possui área de aproximadamente 2,9 km<sup>2</sup>, volume estimado em 556.375 m<sup>3</sup> e profundidade média de 2,5 m (NEUMANN-LEITÃO et al., 1989). É considerado um reservatório eutrófico com expressiva ocorrência da macrófita flutuante *Eichhornia crassipes* (Mart.) (ALMEIDA et al., 2012). A coleta para estudo taxonômico do fitoplâncton foi realizada através de arrastos superficiais com rede de plâncton com abertura de malha de 25 µm e fixadas com formol a 4% (BICUDO; MENEZES, 2006). Para o estudo quantitativo do fitoplâncton do ambiente, as amostras foram coletadas na subsuperfície da coluna d'água e preservadas com lugol acético, a contagem dos organismos foi realizada em câmaras de sedimentação sob microscópio invertido Zeiss Axiovert 135M seguindo metodologia de Utermöhl (1958).

O organismo experimental, *Macrothrix spinosa* King (1853), é um microcrustáceo fitófilo dulciaquícola, com comprimento de 370 a 770 µm (ELMOOR-LOUREIRO, 1997, 2007). Antes da realização dos experimentos, *M. spinosa* foi cultivado em erlenmeyers com água reconstituída e filtrada com uma rede de plâncton



com abertura de malha de 20  $\mu\text{m}$ , sob condições controladas de temperatura (26 °C), intensidade luminosa ( $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e fotoperíodo de 12 h. Os organismos zooplanctônicos foram coletados no Reservatório de Duas Unas-PE, os quais foram alimentados com a clorofícea *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs a cada dois dias, pois espécies de Chlorophyta são consideradas excelente fonte de alimento para o zooplâncton devido sua qualidade nutricional (COLINA et al., 2016; TÖNNO et al., 2016).

## 1.2. Experimentos de herbivoria

Os experimentos de herbivoria foram realizados em diferentes períodos sazonais, compreendendo os períodos chuvoso (agosto de 2017) e seco (novembro de 2017), pois a composição e abundância das espécies fitoplanctônicas é fortemente influenciada pelos períodos sazonais. Foram coletados 5 litros de água bruta na subsuperfície da região litorânea do Reservatório de Apipucos utilizando-se garrafa de Van Dorn. As amostras foram filtradas com uma rede de plâncton de 60  $\mu\text{m}$  para remoção da comunidade zooplanctônica do ambiente e, posteriormente, foram acondicionadas em recipientes plásticos – onde foram transportadas ao laboratório.

Antes da realização do experimento, organismos adultos de *M. spinosa* foram acondicionados em tubos de ensaio de 10 mL contendo água reconstituída e mantidos sem alimentação por 2 h. Posteriormente, os organismos testes foram colocados em erlenmeyers de 250 mL onde receberam 200 mL da água processada do Açude de Apipucos com a comunidade fitoplanctônica natural do ambiente. O experimento foi conduzido em sala climatizada com as mesmas condições descritas para o cultivo do cladócero. Os tratamentos foram divididos em três diferentes densidades iniciais do cladócero, com três réplicas cada: 20 ( $100 \text{ ind L}^{-1}$ ), 40 ( $200 \text{ ind L}^{-1}$ ) e 60 indivíduos ( $300 \text{ ind L}^{-1}$ ). O tratamento controle consistiu de amostras sem adição de *M. spinosa*. O experimento teve duração de 8 h, sendo retiradas alíquotas de 2 mL no início do experimento (T0) e em intervalos de 2 h (T2, T4, T6 e T8) para análise da densidade, biomassa e máxima dimensão linear das algas.

A densidade da comunidade fitoplanctônica foi expressa em  $\text{org mL}^{-1}$  e foi determinada conforme metodologia descrita para amostras do ambiente. A determinação da biomassa das espécies fitoplanctônicas foi realizada a partir da

multiplicação da densidade pelo biovolume médio das espécies e expressa em  $\text{mg L}^{-1}$ . O biovolume foi determinado pelo cálculo das fórmulas geométricas proposto por Sun e Liu (2003). A máxima dimensão linear foi avaliada pelo máximo comprimento das células, colônias ou filamentos dos organismos fitoplanctônicos presentes nas amostras.

As taxas de crescimento ( $\mu$ ) do fitoplâncton foram calculadas com base nos valores de biomassa entre as horas de amostragem e a biomassa inicial dos experimentos. Foi utilizada a fórmula proposta por Wood et al. (2005):  $\mu (\text{d}^{-1}) = (\ln(Nt) - \ln(Nt_0)) / (t - t_0)$ , onde  $N$  representa os valores de biomassa nas diferentes horas do experimento ( $t$ ) e no tempo inicial ( $t_0$ ). As taxas de ingestão ( $I$ ,  $\mu\text{m}^3 \text{ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) foram verificadas a partir da diferença entre a biomassa presente nos tratamentos controle e com adição de *M. minuta* e utilizamos as fórmulas propostas por Kâ et al. (2012) para calculá-las:

$$I = (C_c - C_e) \times V / (B \times t)$$

Onde  $C_c$  e  $C_e$  correspondem ao biovolume total ( $\mu\text{m}^3 \text{mL}^{-1}$ ) das espécies fitoplanctônicas e da comunidade total nos tratamentos controle e com adição de *M. minuta*, respectivamente;  $V$  representa o volume utilizado no experimento (mL);  $B$  é a densidade zooplanctônica ( $\text{ind L}^{-1}$ ); e  $t$  expressa o tempo do experimento (h).

### 1.3. Análises estatísticas

Uma ANOVA um fator foi empregada para verificar as diferenças na densidade e biomassa entre os tratamentos para cada hora de amostragem. Antes da realização das análises de variâncias, os dados foram testados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov- Smirnov e homocedasticidade pelo teste de Bartlett. Quando foram verificadas diferenças significativas, as análises foram seguidas do teste a posteriori de Tukey. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa R e o nível de significância foi fixado em  $p < 0,05$  (R Core Team, 2016).

## 2. Experimento II

### 2.1. Descrição do local de estudo

O experimento *in situ* para avaliar o controle *top-down* exercido pelo zooplâncton sobre o fitoplâncton natural foi realizado no reservatório de Tapacuí, localizado na Estação Ecológica do Tapacurá, o qual está localizado no município de São Lourenço da Mata/PE, é considerado um reservatório eutrófico e que é utilizado para abastecimento público, possuindo área de aproximadamente  $9,6 \times 10^6 \text{ m}^2$ , profundidade máxima de 21 m e volume de acumulação de aproximadamente  $94,2 \times 10^6 \text{ m}^3$  (DANTAS; BITTENCOURT-OLIVEIRA; MOURA, 2012).

### 2.2. Comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica

O experimento foi realizado no reservatório de Tapacurá durante o mês de janeiro de 2019, estação seca. Antes da realização do experimento, foi realizada uma coleta para estudo taxonômico do fitoplâncton através de arrastos superficiais com rede de plâncton com abertura de malha de  $25 \mu\text{m}$  e fixadas com formol a 4% para análise e identificação em microscópio óptico, com auxílio de literatura especializada, tais como Bicudo e Menezes (2006), Komárek e Anagnostidis (1986, 2005), Komárek (2016), Krammer e Lange-Bertalot (1991 a), dentre outros. Para o estudo quantitativo, as amostras foram coletadas na subsuperfície da coluna d'água e preservadas com lugol acético e a contagem os organismos foi realizada em câmaras de sedimentação em microscópio invertido conforme Utermöhl (1958).

Para identificação e quantificação do zooplâncton natural dos reservatórios, foi feita a filtragem de 100 L da água do reservatório com uma rede de plâncton com abertura de malha de  $60 \mu\text{m}$ , em seguida os organismos foram anestesiados com água gaseificada e fixados com formol a 4%. Em laboratório, o zooplâncton foi quantificado em câmaras de Sedgewick-Rafter e identificado em microscópio óptico, seguindo bibliografia especializada: Koste (1978), Neumann-Leitão et al. (1989) e Elmoor-Loureiro (1997).

### **2.3. Isolamento dos organismos zooplanctônicos**

Para o isolamento do zooplâncton utilizado no experimento, uma coleta prévia (no dia inicial do experimento) foi realizada no reservatório de Cursaí, ecossistema caracterizado por possuir cladóceros de grande tamanho corporal quando comparados com a comunidade zooplanctônica de Tapacurá. Foram filtrados 220 L de água do reservatório com rede de plâncton com abertura de malha de 200  $\mu\text{m}$  para concentração dos cladóceros. Estes foram mantidos em frascos plásticos contendo água do ambiente filtrada em rede de 25  $\mu\text{m}$  para remoção do microfitoplâncton, os quais foram transportados sob baixas temperaturas até Tapacurá. O reservatório de Cursaí foi escolhido, ainda, por apresentar as mesmas espécies de cladóceros encontrados em Tapacurá.

### **2.4. Experimento de herbivoria: delineamento experimental**

Foram utilizados 16 microcosmos transparentes de polietileno com capacidade máxima de 5 L, os quais foram preenchidos com água do ambiente coletada da região limnética do reservatório, a qual foi previamente filtrada através de rede de plâncton com abertura de malha de 60  $\mu\text{m}$  para remoção do zooplâncton natural.

No experimento, a comunidade fitoplanctônica do reservatório foi exposta a quatro diferentes tratamentos, cada um com quatro réplicas. Os tratamentos consistiram na comunidade zooplanctônica natural sem biomanipulação (Z); comunidade zooplanctônica natural com adição de cladóceros de grande tamanho corporal (ZC); comunidade zooplanctônica natural com biomassa uma vez maior à encontrada no ambiente (2Z) e um controle que consistiu da comunidade fitoplanctônica natural sem adição do zooplâncton (CTL). Após o preenchimento dos microcosmos, estes foram vedados com plástico para garantir que não houvessem bolhas de ar ou perda da água e, por fim, foram suspensos na região limnética do reservatório por 48 horas ( $T_{\text{final}}$ ) e amarrados a uma corda para garantir o espaçamento entre eles e evitar a perda das unidades experimentais.

### **2.5. Experimentos de herbivoria: tratamento das amostras**

As amostras foram retiradas após o preenchimento dos microcosmos ( $T_{\text{inicial}}$ ) e após 48h de experimento ( $T_{\text{final}}$ ). Em todos os tratamentos foram verificados, com

auxílio de sonda multiparamétrica Hanna HI-9829, valores de temperatura da água (°C), sólidos totais dissolvidos (mg L<sup>-1</sup>), condutividade elétrica (µS cm<sup>-1</sup>), salinidade (PSU) e pH.

A densidade da comunidade fitoplanctônica foi expressa em org mL<sup>-1</sup> e determinada de acordo com metodologia descrita para amostras do ambiente. A determinação da biomassa das espécies fitoplanctônicas foi feita a partir da multiplicação da densidade pelo biovolume médio das espécies e expressa em mg L<sup>-1</sup>, conforme Sun e Liu (2003). A máxima dimensão linear foi determinada através do máximo comprimento das células, colônias ou filamentos dos organismos nas amostras. Além disso, o fitoplâncton foi classificado em diferentes grupos morfofuncionais segundo Kruk et al. (2010) e Colina et al. (2016).

As taxas de crescimento ( $\mu$ ) do fitoplâncton foram calculadas com base nos valores de biomassa após 48h ( $T_{final}$ ) e a biomassa inicial dos experimentos. Foi utilizada a fórmula proposta por Wood et al. (2005):  $\mu (d^{-1}) = (\ln(Nt) - \ln(Nt_0)) / t - t_0$ , onde  $N$  representa os valores de biomassa após 48h ( $t$ ) e no tempo inicial ( $t_0$ ). As taxas de ingestão ( $I$ ,  $\mu m^3 \cdot ind^{-1} \cdot h^{-1}$ ) foram verificadas a partir da diferença entre a densidade e biomassa presente nos tratamentos controle e com adição dos organismos zooplanctônicos, sendo calculadas de acordo com Kâ et al. (2012):

$$I = (C_c - C_e) \times V / (B \times t)$$

Onde  $C_c$  e  $C_e$  correspondem ao biovolume total (mg L<sup>-1</sup>) das espécies fitoplanctônicas e da comunidade total nos tratamentos controle e com adição do zooplâncton, respectivamente;  $V$  representa o volume utilizado no experimento (mL);  $B$  é a densidade zooplanctônica (ind L<sup>-1</sup>); e  $t$  expressa o tempo do experimento (h).

## 2.6. Análises estatísticas

Uma ANOVA *one-way* foi empregada para verificar as diferenças entre as biomassas, taxas de crescimento, taxas de ingestão dos tratamentos. Antes da realização das análises de variâncias, os dados foram testados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e homocedasticidade pelo teste de Bartlett. Quando verificadas diferenças significativas, as análises foram seguidas pelo teste *a posteriori* de Tukey. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa R com significância de  $p < 0,05$  (R Core Team, 2016).

## RESULTADOS

### 1. Experimento I

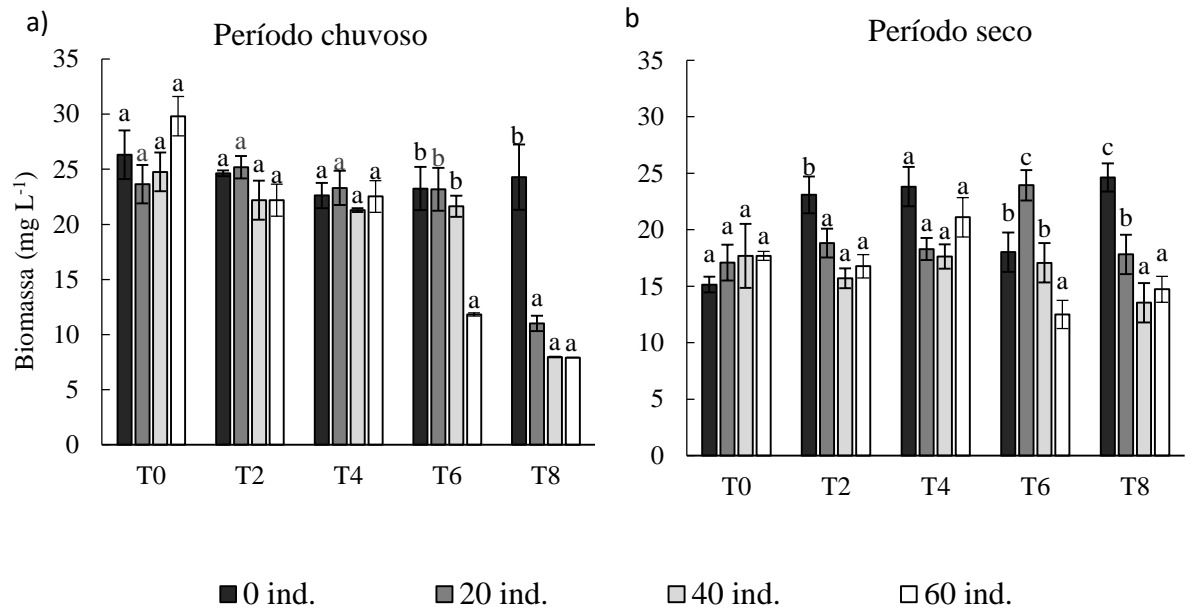
As análises taxonômicas mostraram que a comunidade fitoplanctônica do Açude de Apipucos esteve representada por 42 espécies e uma variedade, distribuídas nas classes Chlorophyceae (21 spp.), Cyanophyceae (7 spp.), Trebouxiophyceae (5 spp.), Bacillariophyceae (4 spp. e 1 var.), Euglenophyceae (4 spp.) e Chrysophyceae (1 spp.). A riqueza variou sazonalmente entre os períodos, apresentando 38 e 40 espécies durante os períodos chuvoso (agosto/2017) e seco (outubro/2017), respectivamente (Tabela 1).

A biomassa das espécies fitoplanctônicas foi analisada em todos os tratamentos e em todas as horas de amostragem nos dois experimentos. Não houveram espécies dominantes e os períodos sazonais contaram com diferentes espécies abundantes: o período chuvoso esteve representado pelas clorófitas *Botryococcus* sp., *Chlorococcum infusionum*, *Kirchneriella lunaris*, *Pediastrum duplex* e *Micractinium pusillum*, além da cianobactéria *Merismopedia tenuissima* (Figura 2), enquanto que o período seco esteve representado pelas clorófitas *Chlorococcum infusionum* e *Kirchneriella lunares*, pelas cianobactérias *Geitlerinema amphibium*, *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa* e *Planktothrix agardhii*; além da diatomácea *Cyclotella* sp. (Figura 3). Além disso, os tratamentos com 40 e 60 indivíduos se destacaram por terem os maiores percentuais de redução, principalmente após 6h e 8h de experimento. Todos os tratamentos após 2h e 4h, além de todos os horários com a adição de 20 indivíduos do cladócero não mostraram reduções significativas da biomassa das espécies fitoplanctônicas em ambos os períodos sazonais.

As biomassas médias iniciais do fitoplâncton foram de 26,31 mg L<sup>-1</sup> e 15,14 mg L<sup>-1</sup> nos períodos seco e chuvoso, respectivamente (Figura 1). Chlorophyta e Cyanobacteria foram os grupos com maior representatividade em ambos os períodos de coleta, embora no período seco a diatomácea *Cyclotella* sp. tenha sido abundante (Figura 3). Realizados os experimentos verificamos que após 8h na maior densidade de cladóceros durante o período chuvoso houve redução significativa de 67,39% da biomassa total do fitoplâncton. Durante o período seco o cladócero também reduziu significativamente a biomassa total da comunidade fitoplanctônica em 40,17% após 8h de exposição com a maior densidade de *M. spinosa*.

**Tabela 1.** Composição florística das microalgas planctônicas registradas no Açude de Apipucos nos períodos chuvoso e seco de 2017.

| <b>Classe / Espécies</b>   | <b>Chuvoso</b> | <b>Seco</b> |
|--|----------------|-------------|
| <b>Cyanophyceae</b>  |                |             |
| <i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann                             |                | X           |
| <i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli                                  | X              | X           |
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju    | X              | X           |
| <i>Geitlerinema amphibium</i> (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis              | X              | X           |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann                                    | X              | X           |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing                              |                | X           |
| <i>Plankothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek                  | X              | X           |
| <b>Chlorophyceae</b>   |                |             |
| <i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs                                 | X              | X           |
| <i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Meneghini                           | X              | X           |
| <i>Coelastrum microporum</i> Nägeli in A.Braun                               | X              | X           |
| <i>Crucigenia frenestrada</i> (Schmidle) Schmidle                            | X              | X           |
| <i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald                          | X              |             |
| <i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) SSAn, T. Friedl e E.Hegewald     | X              | X           |
| <i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G.Richter) E.Hegewald                       | X              | X           |
| <i>Desmodesmus protuberans</i> (F.E.Fritsch & M.F.Rich) E.Hegewald           | X              | X           |
| <i>Desmodesmus quadricauta</i> (Turpin) Brébisson in Brébisson & Godey       | X              | X           |
| <i>Kirchneriella lunares</i> (Kirchner) Möbius                               | X              | X           |
| <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák                             | X              | X           |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová               | X              | X           |
| <i>Pediastrum duplex</i> Meyen   | X              | X           |
| <i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs                                   | X              | X           |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat                             | X              | X           |
| <i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann                          | X              | X           |
| <i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly                       | X              |             |
| <i>Tetraëdron regulare</i> Kützing   | X              | X           |
| <i>Tetraëdron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg                                 | X              | X           |
| <i>Tetrastrum elegans</i> Playfair   | X              | X           |
| <i>Treubaria schmdlei</i> (Schröder) Fott & Kovácik                          | X              | X           |
| <b>Trebouxiophyceae</b>  |                |             |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim                                      | X              | X           |
| <i>Botryococcus</i> sp.  | X              | X           |
| <i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Komárek                               | X              | X           |
| <i>Micractinium bornhemiense</i> (W.Conrad) Korshikov                        | X              |             |
| <i>Micractinium pusillum</i> Fresenius                                       | X              | X           |
| <b>Euglenophyceae</b>  |                |             |
| <i>Lepocinclis acus</i> (O.F.Müller) B.Marin & Melkonian                     | X              | X           |
| <i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann                               |                | X           |
| <i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin                                | X              | X           |
| <i>Phacus tortus</i> (Lemmermann) Skvortzov                                  |                | X           |
| <b>Bacillariophyceae</b>   |                |             |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen                            | X              | X           |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Otto Müller) Simonsen | X              | X           |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing                                       | X              | X           |
| <i>Cyclotella</i> sp.  | X              | X           |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère  |                | X           |
| <b>Chrysophyceae</b>   |                |             |
| <i>Synura uvella</i> Ehrenberg   | X              | X           |
| Total de espécies  | 38             | 40          |



**Figura 1.** Biomassa total da comunidade fitoplanctônica do Açude de Apipucos submetida ao experimento de herbivoria por *Macrothrix spinosa* em diferentes densidades nos períodos chuvoso (a) e seco (b). Letras diferentes (a, b e c) representam diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ).

A nível específico, *Macrothrix spinosa* reduziu significativamente a biomassa de todas as espécies abundantes do período chuvoso: as clorófitas *Botryococcus* sp., *Chlorococcum infusionum*, *Kirchneriella lunaris*, *Pediastrum duplex* e *Micractinium pusillum*; e a cianobactéria colonial *Merismopedia tenuissima*. No período seco o cladócero reduziu significativamente a biomassa da clorófita *Kirchneriella lunares*; e das cianobactérias *Geitlerinema amphibium*, *Microcystis aeruginosa* e *Planktothrix agardhii*. Com exceção da diatomácea *Cyclotella* sp., que teve sua biomassa incrementada após a exposição do cladócero.

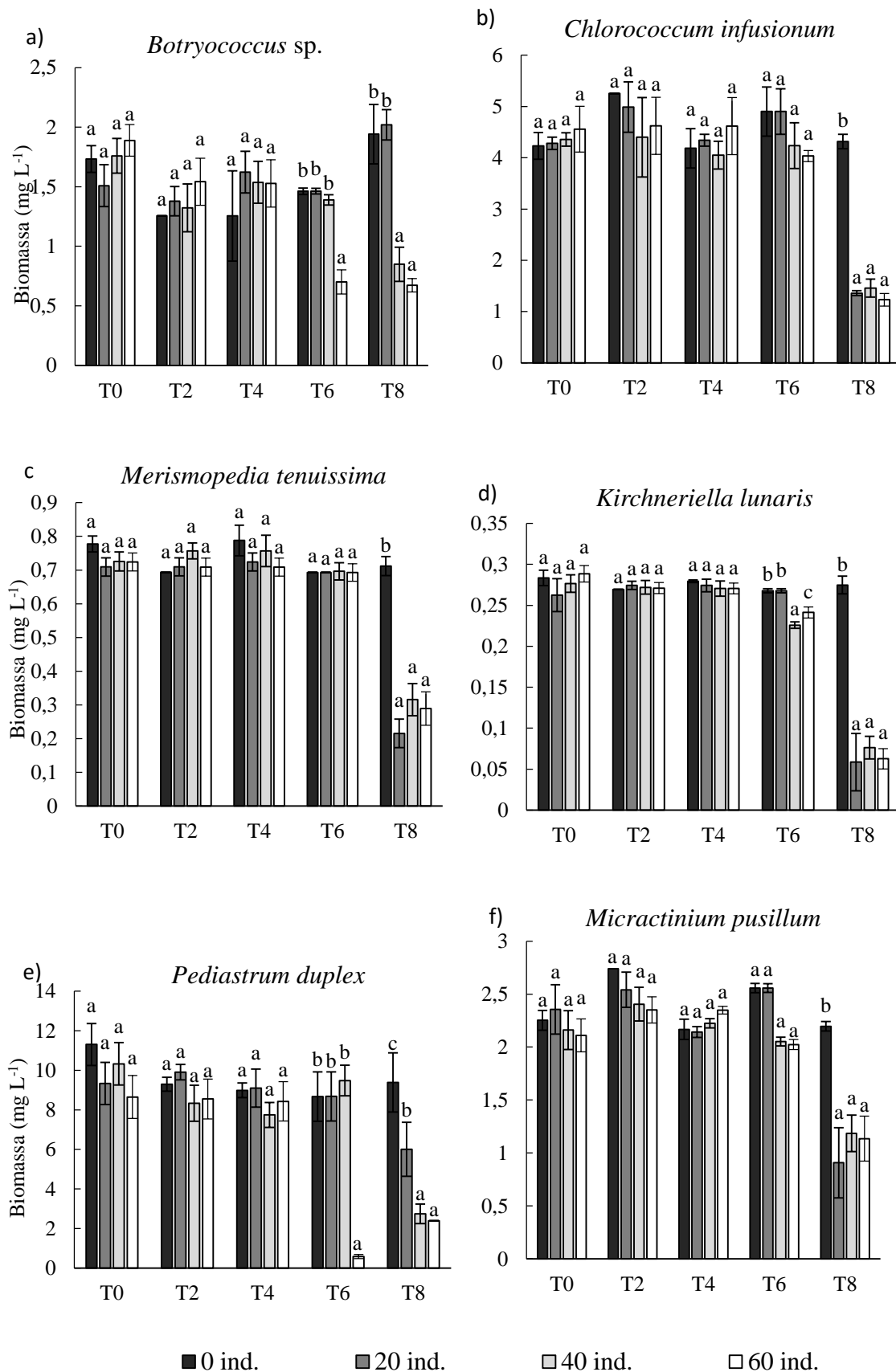


**Tabela 2.** Lista das espécies fitoplanctônicas abundantes e biomassa total no Açude de Apipucos no período chuvoso de 2017, além de seus percentuais de redução pelo cladóceros *Macrothrix spinosa* após 6h e 8h (final do experimento), nos tratamentos com 40 e 60 indivíduos comparados com o controle.

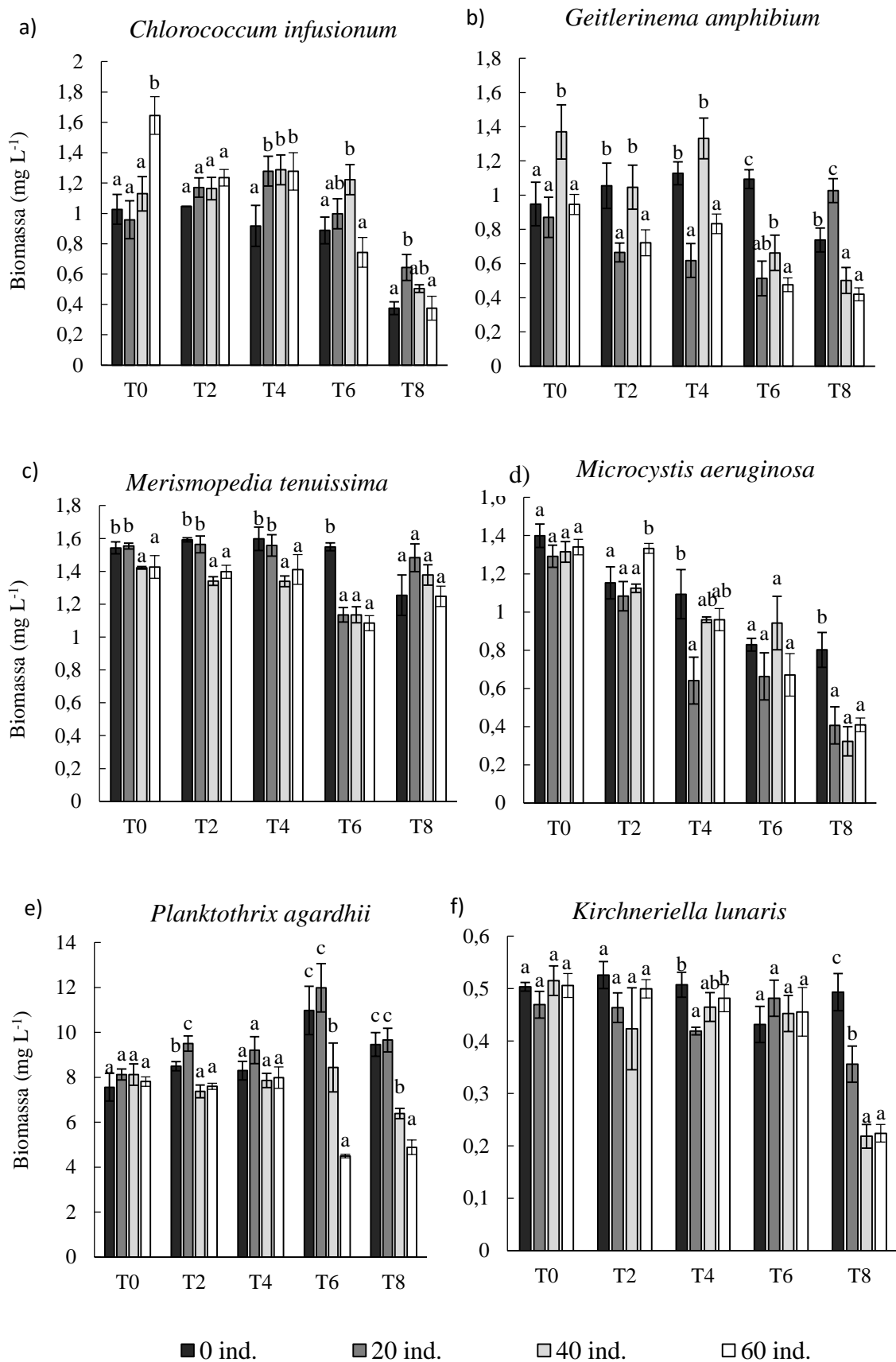
| Período chuvoso                            | T6      |         | T8      |         |
|--|---------|---------|---------|---------|
|  | 40 ind. | 60 ind. | 40 ind. | 60 ind. |
| <b>Biomassa total/ Espécies abundantes</b> |         |         |         |         |
| Biomassa total                             | 6.93%   | 49.15%  | 67.18%  | 67.39%  |
| <i>Botryococcus</i> sp.                    | 5.02%   | 52.11%  | 56.28%  | 65.34%  |
| <i>Chlorococccum infusionum</i>            | 13.58%  | 17.71%  | 66.18%  | 71.48%  |
| <i>Merismopedia tenuissima</i>             | -0.47%  | 0.02%   | 55.65%  | 59.41%  |
| <i>Kirchneriella lunaris</i>               | 15.69%  | 9.89%   | 72.18%  | 77.19%  |
| <i>Pediastrum duplex</i>                   | -9.39%  | 93.29%  | 70.82%  | 74.55%  |
| <i>Micractinium pusillum</i>               | 19.81%  | 20.91%  | 46.05%  | 48.34%  |

**Tabela 3.** Lista das espécies fitoplanctônicas abundantes e biomassa total no Açude de Apipucos no período seco de 2017, além de seus percentuais de redução pelo cladóceros *Macrothrix spinosa* após 6h e 8h (final do experimento), nos tratamentos com 40 e 60 indivíduos comparados com o controle.

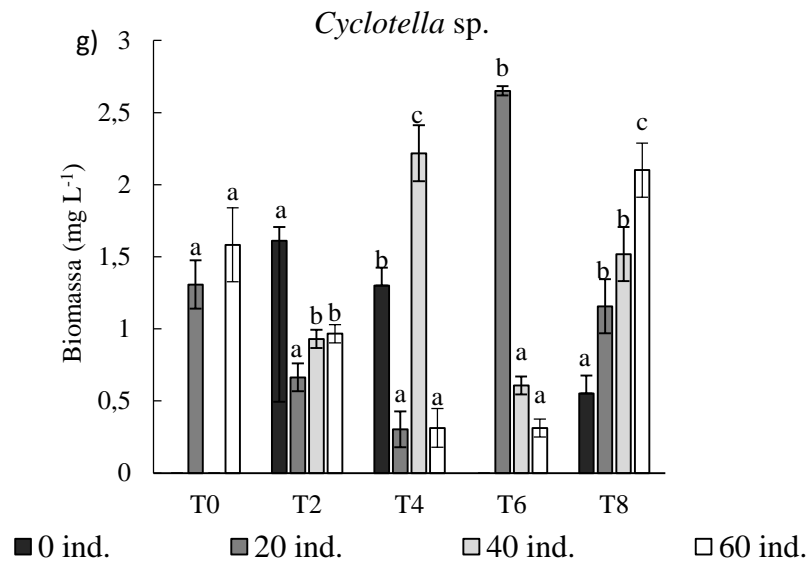
| Período seco                                | T6         |            | T8       |          |
|---|------------|------------|----------|----------|
|   | 40 ind.    | 60 ind.    | 40 ind.  | 60 ind.  |
| <b>Biomassa total / Espécies abundantes</b> |            |            |          |          |
| Biomassa total                              | 5.23%      | 30.60%     | 45.02%   | 40.17%   |
| <i>Chlorococccum infusionum</i>             | -37.69%    | 16.32%     | -34.29%  | 0.19%    |
| <i>Geitlerinema amphibium</i>               | 39.41%     | 56.48%     | 32.09%   | 43.09%   |
| <i>Merismopedia tenuissima</i>              | 26.69%     | 29.95%     | -9.79%   | 0.60%    |
| <i>Microcystis aeruginosa</i>               | -13.55%    | 19.11%     | 59.69%   | 48.95%   |
| <i>Planktothrix agardhii</i>                | 23.12%     | 59.02%     | 32.52%   | 48.37%   |
| <i>Kirchneriella lunaris</i>                | -4.84%     | -5.52%     | 55.74%   | 54.60%   |
| <i>Cyclotella</i> sp.                       | -60734.04% | -31186.08% | -174.61% | -279.89% |



**Figura 2.** Biomassa das espécies fitoplancônicas abundantes no Açude de Apipucos submetidas ao experimento de herbivoria por *Macrothrix spinosa* em diferentes densidades no período chuvoso. Letras diferentes (a, b e c) representam diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ).

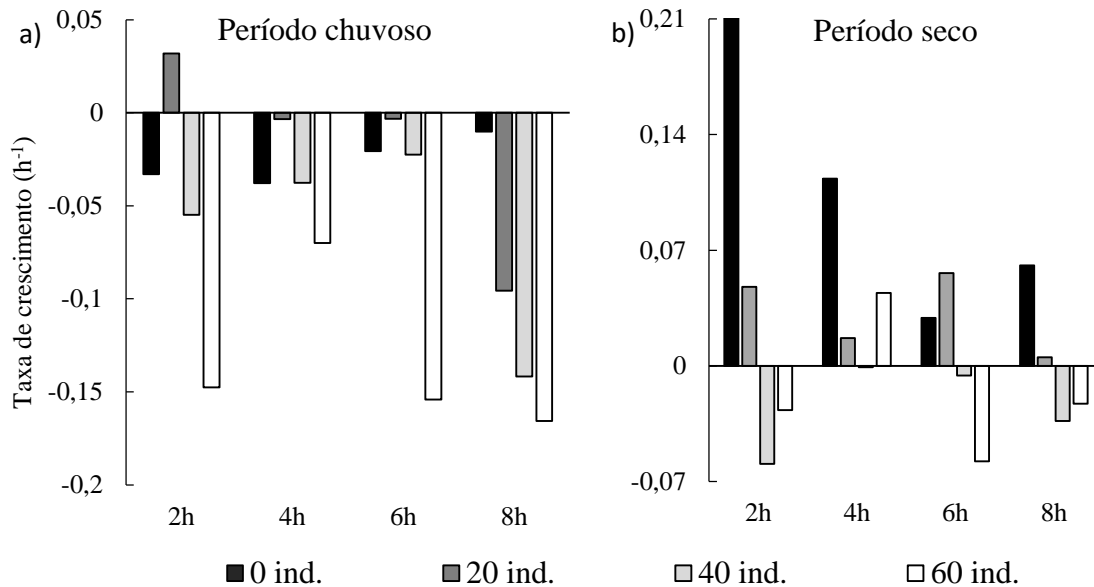


**Figura 3.** Biomassa das espécies fitoplancônicas abundantes no Açude de Apipucos submetidas ao experimento de herbivoria por *Macrothrix spinosa* em diferentes densidades no período seco. Letras diferentes (a, b e c) representam diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ).



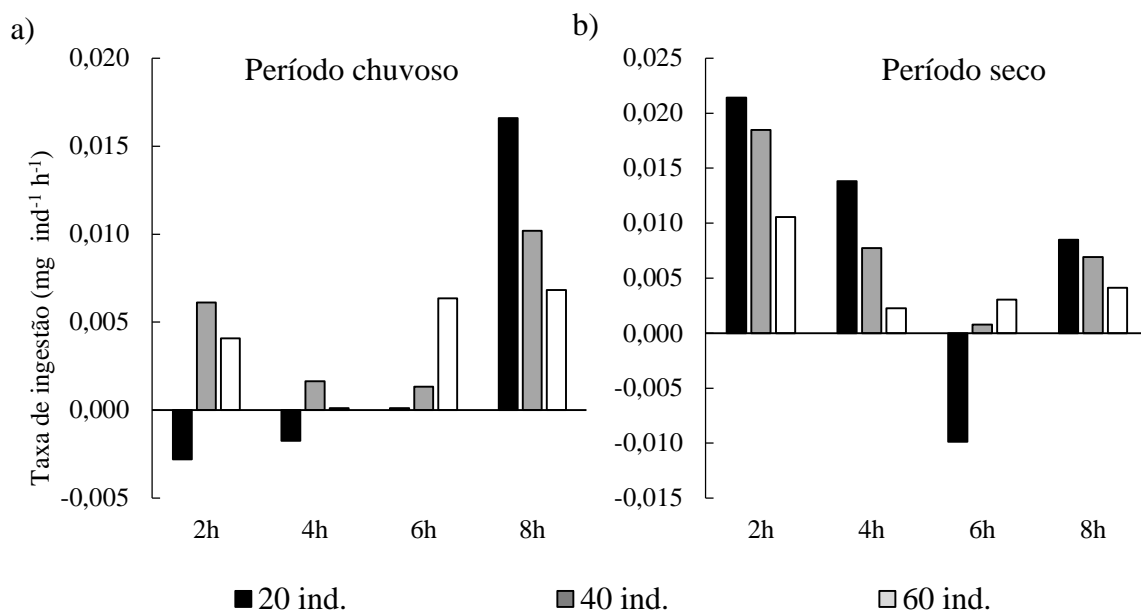
**Figura 3.** Biomassa das espécies fitoplanctônicas abundantes no Açude de Apipucos submetidas ao experimento de herbivoria por *Macrothrix spinosa* em diferentes densidades no período seco. Letras diferentes (a, b e c) representam diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ).

A taxa de crescimento do fitoplâncton no período chuvoso foi positiva ( $0,031 \text{ h}^{-1}$ ) apenas nas primeiras duas horas do experimento no tratamento com adição de 20 indivíduos de *M. spinosa*, reduzindo para  $-0,17 \text{ h}^{-1}$  ao final do experimento no tratamento com a maior adição de cladóceros. Nesse período o tratamento controle sempre apresentou crescimento negativo (Figura 4a). Quanto ao período seco, merece destaque o controle (0 ind.), o qual mostrou taxa de crescimento positiva em todos os horários, entretanto, apresentou uma redução de  $0,21 \text{ h}^{-1}$  após 2h para  $0,06 \text{ h}^{-1}$  após 8h de experimento. Além disso, para a maioria dos tratamentos com adição de diferentes densidades do cladóceros, houve uma redução no crescimento fitoplanctônico, demonstrado pelas taxas de crescimento negativas, chegando a  $-0,06 \text{ h}^{-1}$  após 6h no tratamento com 60 indivíduos de *M. spinosa* no período seco (Figura 4b).



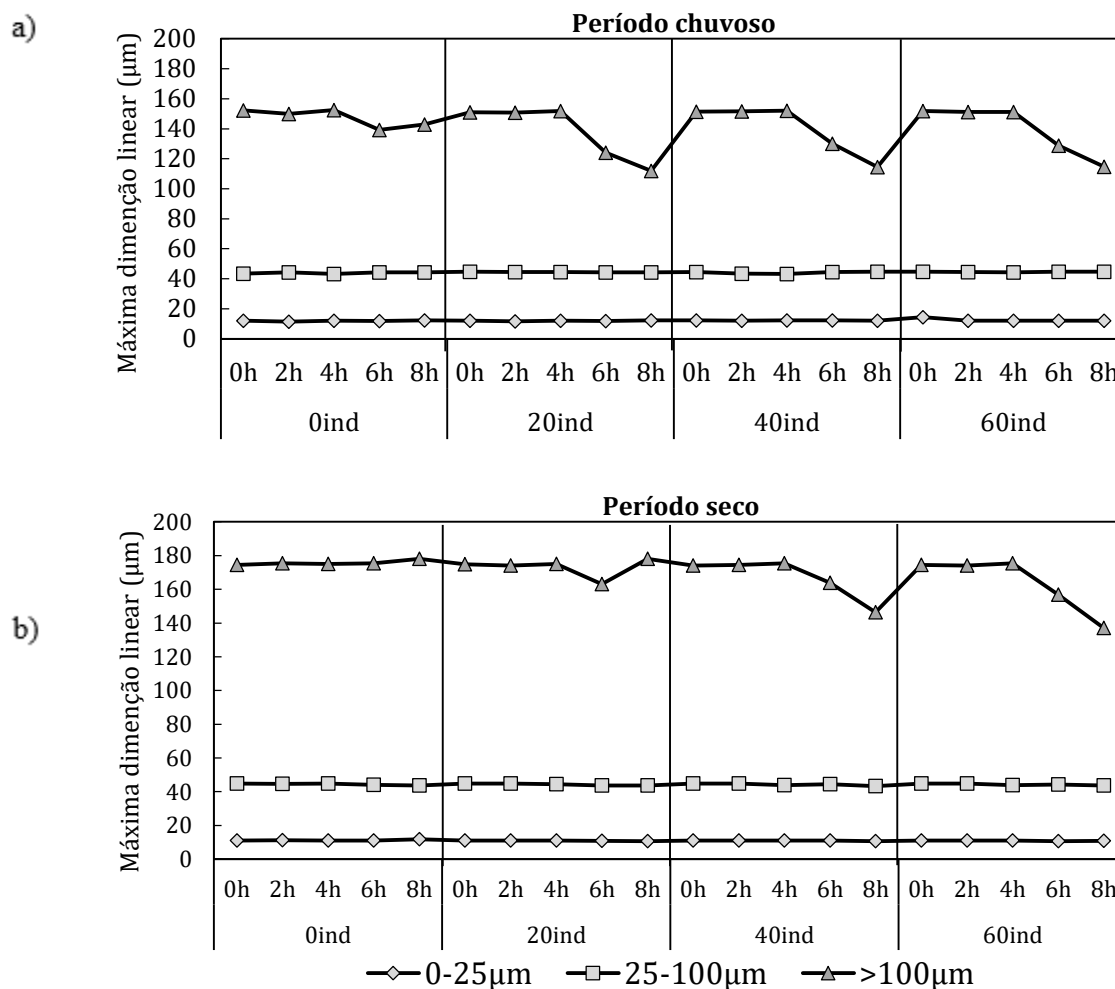
**Figura 4.** Taxa de crescimento fitoplanctônico durante o experimento nos períodos chuvoso (a) e seco (b).

As taxas de ingestão foram utilizadas para quantificar a capacidade de *Macrothrix spinosa* para consumir as microalgas presentes nos microcosmos. No período chuvoso, a ingestão ( $I$ ) incrementou ao longo do tempo no experimento, com maiores valores após 8h no tratamento com 20 cladóceros ( $I = 0,017 \text{ mg ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), seguido pelo com 40 ( $I = 0,01 \text{ mg ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) e 60 ( $I = 0,007 \text{ mg ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) (Figura 5a). Ao contrário do período chuvoso, as taxas apresentaram uma redução ao longo do tempo, com maiores valores após 2h no tratamento com 20 cladóceros ( $I = 0,021 \text{ mg ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) (Figura 5b). Valores negativos para as taxas de ingestão foram verificados no tratamento com 20 cladóceros em ambos os períodos, demonstrando que o crescimento fitoplanctônico foi superior à ingestão pelo zooplâncton.

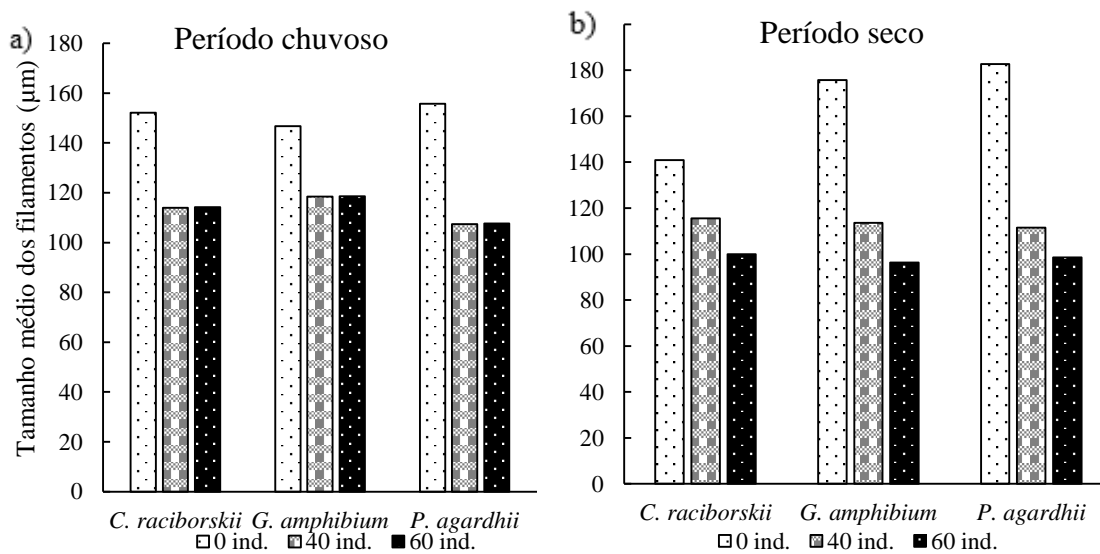


**Figura 5.** Taxas de ingestão de *Macrothrix spinosa* durante os experimentos nos períodos chuvoso (a) e seco (b).

Ao analisar as máximas dimensões lineares da comunidade fitoplanctônica encontrada no Açude de Apipucos durante o período dos experimentos, verificamos que as espécies que apresentaram valores entre 0 e 100µm não apresentaram reduções no tamanho em ambos os períodos sazonais, sugerindo que o cladóceros as consumiram inteiras. No entanto, as espécies com máxima dimensão linear maior que 100 µm, representadas pelas cianobactérias filamentosas *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktothrix agardhii* e *Geitlerinema amphibium* apresentaram uma redução no tamanho após 6 e 8h, em todos os tratamentos com adição do cladóceros (Figura 6). Especificamente para as cianobactérias filamentosas, as quais apresentaram maiores comprimentos, o cladóceros foi capaz de cortar os filamentos e consumir as partes menores, como demonstrado pela redução no tamanho dos filamentos nos tratamentos com adição de 40 e 60 cladóceros, sendo que uma maior redução foi observada no período seco (Figura 7).



**Figura 6.** Máxima dimensão linear as microalgas em  $\mu\text{m}$ . a) período chuvoso; b) período seco.



**Figura 7.** Máxima dimensão linear das cianobactérias filamentosas durante o experimento de predação após 8h nos tratamentos controle e com a adição de 40 e 60 indivíduos de *Macrothrix spinosa*, durante os períodos chuvoso (a) e seco (b).

## 2. Experimento II

A comunidade fitoplanctônica esteve representada por 27 espécies distribuídas nas classes Cyanophyceae, Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Bacillariophyceae e Chrysophyceae (Tabela 4). Após análises taxonômicas, a classificação em diferentes grupos morfofuncionais totalizou seis grupos: I, II, III, IV, VI e VII. O grupo VII apresentou maior representatividade no período de coleta e estava representada por espécies de *Microcystis* (Figura 9f).

Ao analisar os parâmetros abióticos durante o período de experimento, observamos que houve pequena variação nos valores medidos ao final do experimento (CTL T48, Z, 2Z e ZC). No entanto, em comparação com os valores iniciais (CTL T0), ao final do experimento foi observado apenas um pequeno aumento nos valores de todos os parâmetros analisados (Tabela 5).

As comunidades zooplanctônicas nos reservatórios de Tapacurá e Cursai no momento da coleta estiveram caracterizadas, em geral, pelas mesmas espécies de rotíferos, cladóceros e copépodos (Tabela 6).

Realizado o experimento de biomanipulação, verificamos que em todos os tratamentos a biomassa fitoplanctônica total foi maior do que no controle inicial (Figura 8). Entretanto, a nível específico dos grupos morfofuncionais, o tratamento mais eficaz no controle *top-down* da comunidade fitoplanctônica durante o período de estudo foi aquele com microcosmos onde a biomassa zooplanctônica natural do ambiente foi duplicada (2Z).

O grupo morfofuncional I, seguidos de VI, III e II foram aqueles com maior percentual de redução quando comparados ao controle após 48h de experimento (Tabela 7). No entanto, essas maiores reduções foram observadas nos tratamentos com a biomassa natural de zooplâncton duplicada (2Z), enquanto que os tratamentos com adição de cladóceros de maior tamanho corporal (ZC) apresentaram pequenas reduções significativas nos grupos I, II, III, IV e VI (Figura 9a, 9b, 9c, 9d e 9e).

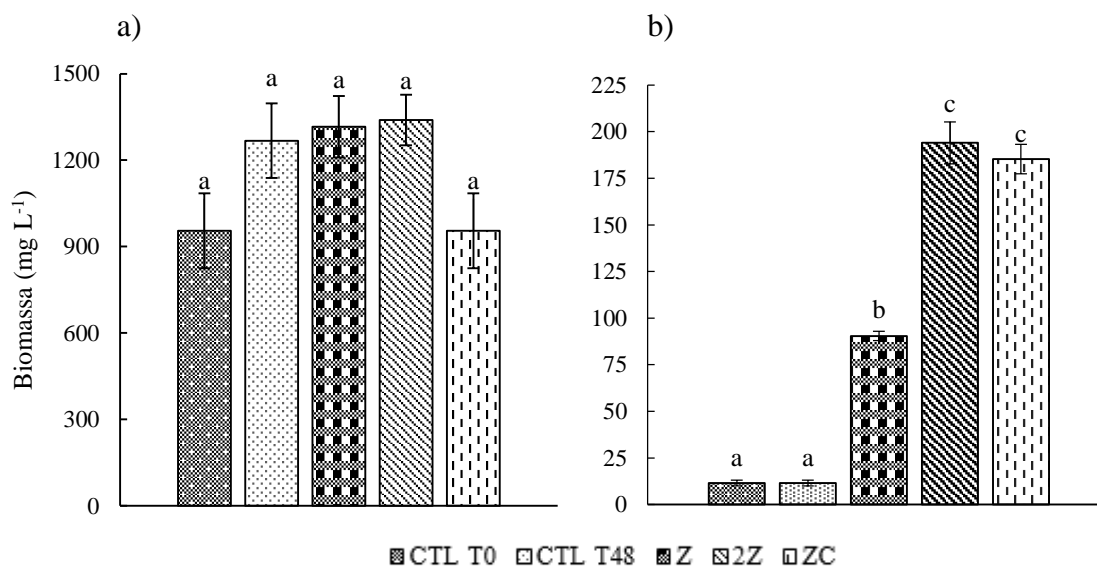


**Tabela 4.** Composição florística das microalgas planctônicas registradas no Reservatório de Tapacurá durante a realização do experimento.

| <b>Classe / Espécies</b>  |
|---|
| <b>Cyanophyceae</b>   |
| <i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli   |
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju                                     |
| <i>Geitlerinema amphibium</i> (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis   |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann   |
| <i>Microcystis brasiliensis</i> (De Azevedo e CLSant 'Anna) Rigonato et al.                                   |
| <i>Microcystis panniformis</i> Komárek, Komárková-Legnerová, Sant'Anna, MTPAzevedo e PACSenna                 |
| <i>Microcystis protocystis</i> WBCrow   |
| <i>Microcystis</i> sp.  |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek  |
| <i>Pseudanabaena papillaterminata</i> (Kiselev) Kukk  |
| <i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i> (Forti) Zapomelová, Jezberová, Hrouzek, Hisem, Reháková & Komárková |
| <b>Chlorophyceae</b>  |
| <i>Coelastrum microporum</i> Nägeli in A.Braun  |
| <i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedusenko) PMTsarenko  |
| <i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius  |
| <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák  |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová  |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat  |
| <i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann   |
| <i>Tetrastrum elegans</i> Playfair  |
| <b>Trebouxiophyceae</b>   |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim   |
| <i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Komárek  |
| <b>Bacillariophyceae</b>  |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen   |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Otto Müller) Simonsen                                  |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing  |
| <i>Nitzschia</i> sp.  |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère   |
| <b>Chrysophyceae</b>  |
| <i>Mallomonas caudata</i> Iwanoff [Ivanov]  |
| Total de espécies   |

**Tabela 5.** Média dos parâmetros abióticos medidos *in situ* ao início (T0) e final (T48) do experimento.  $\pm$ : Desvio padrão. CTL T0: Início do experimento; CTL T48: Final do experimento; Z: Comunidade zooplancônica natural; 2Z: Comunidade zooplancônica natural com biomassa duplicada; ZC: Comunidade zooplancônica natural + Cladóceros.

| Parâmetros  | Tratamentos |                  |                  |                   |                  |
|---|-------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
|   | CTL T0      | CTL T48          | Z                | 2Z                | ZC               |
| Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )           | 535         | $676 \pm 2,45$   | $674 \pm 1,5$    | $678 \pm 4,42$    | $659 \pm 2,16$   |
| Sólidos totais dissolvidos ( $\text{mg L}^{-1}$ ) | 268         | $337 \pm 0,95$   | $337 \pm 0,95$   | $339 \pm 2,38$    | $328 \pm 3,10$   |
| Salinidade (PSU)                                  | 0,25        | $0,32 \pm 0,005$ | $0,32 \pm 0$     | $0,325 \pm 0,005$ | $0,31 \pm 0,005$ |
| Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )                | 31,21       | $32 \pm 0,42$    | $31,78 \pm 0,11$ | $31,86 \pm 0,33$  | $31,75 \pm 0,31$ |
| pH  | 10,05       | $11,06 \pm 0,03$ | $11,07 \pm 0,02$ | $11,10 \pm 0,03$  | $11,06 \pm 0,07$ |



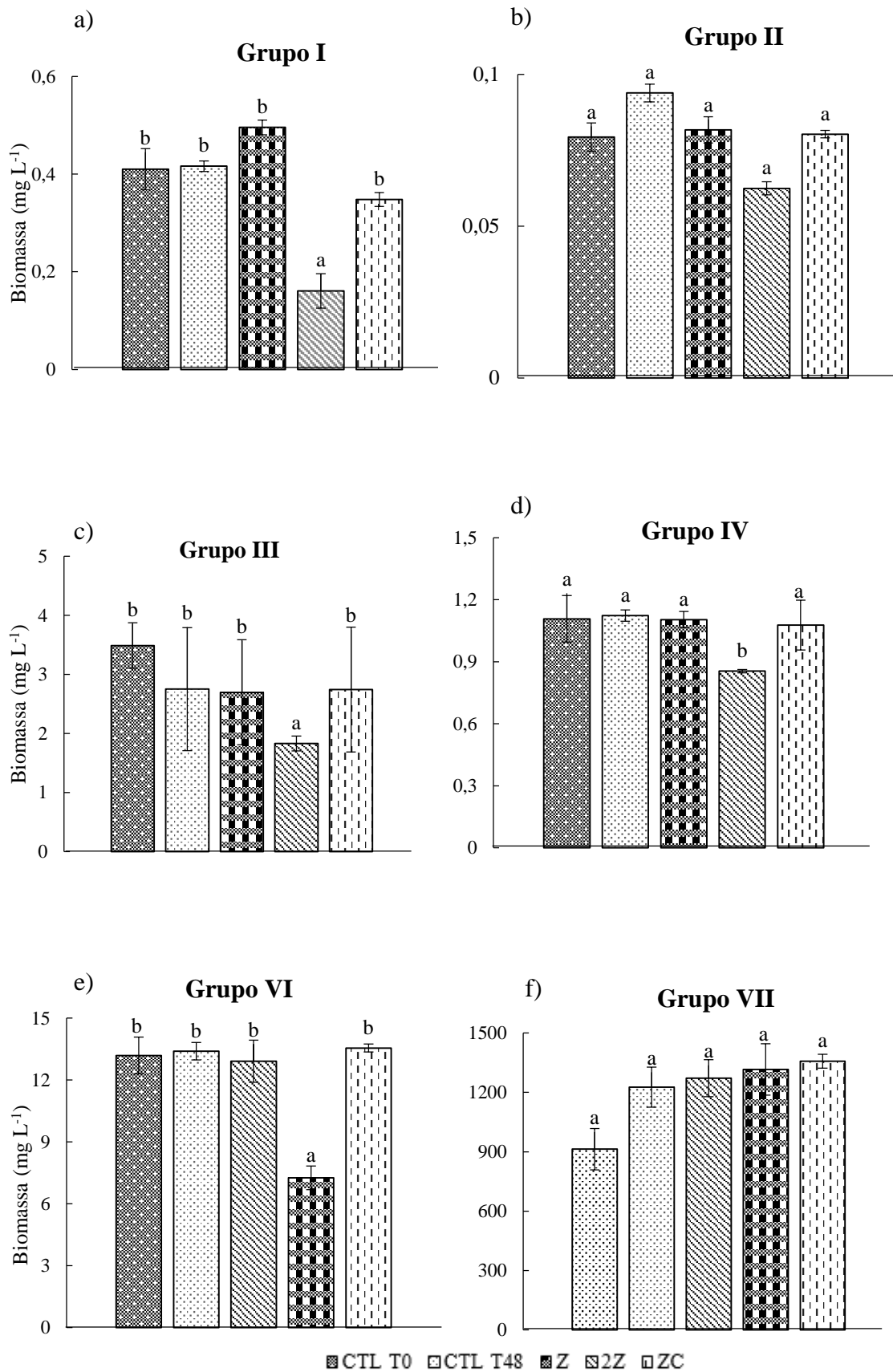
**Figura 8.** Biomassa total das comunidades fitoplancônica (a) e zooplancônica (b) submetidas ao experimento de herbivoria. CTL T0: Início do experimento; CTL T48: Final do experimento; Z: Comunidade zooplancônica natural; 2Z: Comunidade zooplancônica natural com biomassa duplicada; ZC: Comunidade zooplancônica natural + Cladóceros. Letras diferentes (a, b e c) representam diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 6.** Comunidade zooplanctônica encontrada nos reservatórios de Tapacurá e Cursai.

| <b>Espécie</b>                                | <b>Tapacurá</b> | <b>Cursai</b> |
|---|-----------------|---------------|
| <b>Rotifera</b>                               |                 |               |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766   | X               | X             |
| <i>Brachionus havanaensis</i> Rousselet, 1911 | X               | X             |
| <i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg, 1834      | X               | X             |
| <i>Keratella tropica</i> Apstein, 1907        | X               | X             |
| <b>Copepoda</b>                               |                 |               |
| Náuplio                                       | X               | X             |
| <i>Notodiaptomus cearensis</i> Wright, 1936   |                 | X             |
| <i>Thermocyclops decipiens</i> Kiefer, 1929   | X               | X             |
| <b>Cladocera</b>                              |                 |               |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886        | X               | X             |
| <i>Diaphanosoma spinulosum</i> Herbst, 1975   | X               | X             |
| <i>Moina micrura</i> Kurz, 1875               | X               | X             |

**Tabela 7.** Biomassa total e grupos morfofuncionais e seus percentuais de redução nos diferentes tratamentos após 48h (final do experimento) quando comparados com o controle. Z: Comunidade zooplanctônica natural; 2Z: Comunidade zooplanctônica natural com biomassa duplicada; ZC: Comunidade zooplanctônica natural + Cladóceros.

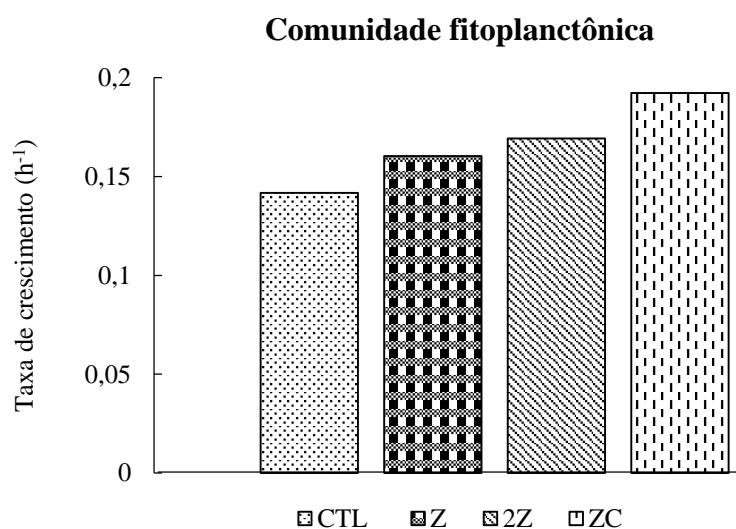
|                        | <b>Z (%)</b> | <b>2Z (%)</b> | <b>ZC (%)</b> |
|------------------------|--------------|---------------|---------------|
| <b>Biomassa total</b>  | -103,80      | -105,67       | -110,62       |
| <b>Grupos</b>          |              |               |               |
| <b>Morfofuncionais</b> |              |               |               |
| I                      | -119,08      | 61,36         | 16,37         |
| II                     | 12,97        | 23,56         | 14,56         |
| III                    | 1,94         | 32,20         | 0,26          |
| IV                     | 1,71         | 22,58         | 4,05          |
| VI                     | 3,67         | 43,79         | -101,11       |
| VII                    | -103,68      | -103,48       | -103,12       |



**Figura 9.** Biomassa dos grupos morfofuncionais do reservatório de Tapacurá submetidos ao experimento de herbivoria. CTL T0: Início do experimento; CTL T48: Final do experimento; Z: Comunidade zooplancônica natural; 2Z: Comunidade zooplancônica natural com biomassa duplicada; ZC:

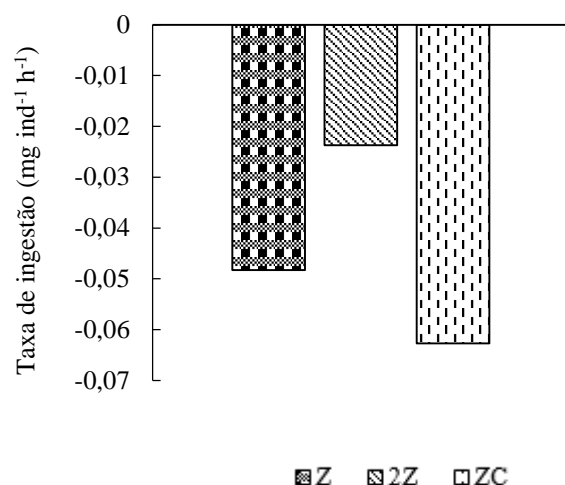
Comunidade zooplancônica natural + Cladóceros. Letras diferentes (a e b) representam diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ).

A taxa de crescimento do fitoplâncton (Figura 10), analisada ao final do experimento, foi positiva em todos os tratamentos. A nível específico, o tratamento com adição de cladóceros com maior tamanho corporal (ZC) foi aquele com o maior crescimento fitoplanctônico ( $0,19 \text{ h}^{-1}$ ), enquanto que o tratamento controle (CTL) apresentou o menor valor ( $0,14 \text{ h}^{-1}$ ).



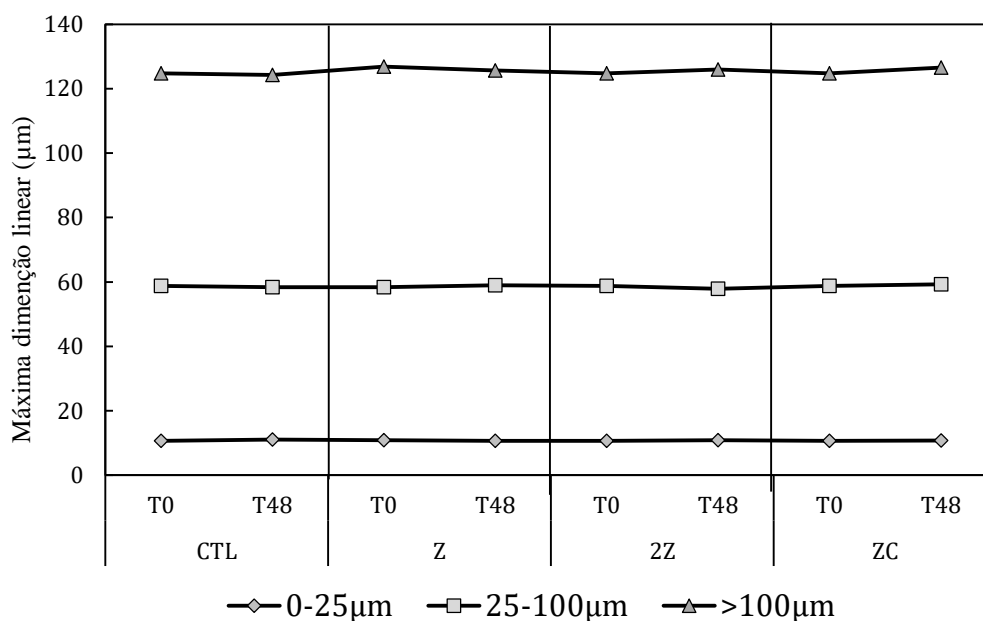
**Figura 10.** Taxa de crescimento fitoplanctônico durante o experimento realizado no reservatório de Tapacurá.

Todos os tratamentos apresentaram valores negativos para as taxas de crescimento fitoplanctônico e ingestão pelo zooplâncton, indicando que o crescimento fitoplanctônico, em geral, foi superior à ingestão pelo zooplâncton (Figura 11). Entretanto, o tratamento com a biomassa natural zooplancônica do reservatório de Tapacurá duplicada (2Z) foi aquele que apresentou a menor taxa de ingestão ( $I = -0,237 \text{ mg ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ).



**Figura 11.** Taxa de ingestão do zooplâncton durante o experimento.

Para analisar as máximas dimensões lineares da comunidade fitoplanctônica encontrada no reservatório de Tapacurá durante o período do experimento, as espécies foram separadas em três categorias de tamanho: 0-25  $\mu\text{m}$ , 25-100  $\mu\text{m}$  e >100  $\mu\text{m}$ . Nenhuma das espécies apresentou redução no tamanho, sugerindo que, se predadas, foram consumidas inteiras (Figura 12).



**Figura 12.** Máxima dimensão linear das microalgas no experimento realizado no reservatório de Tapacurá.

## DISCUSSÃO

Os resultados do experimento I indicaram que o cladóceros *Macrothrix spinosa* pode exercer um efetivo controle *top-down* sobre a biomassa fitoplanctônica de reservatórios eutróficos tropicais. Tal controle é dependente da densidade de cladóceros utilizados na biomanipulação, reduzindo a biomassa do fitoplâncton já nas primeiras horas de incubação. Além disso, esse cladóceros foi capaz de consumir os mais variados grupos fitoplanctônicos, especialmente as clorófitas, assim como também as cianobactérias filamentosas e coloniais. Além de alterar a estrutura de tamanho do fitoplâncton maior que 100 µm (principalmente cianobactérias filamentosas), os quais tiveram seus filamentos cortados para facilitar o consumo de partes menores.

Em contrapartida, na biomanipulação *in situ* (experimento II) realizado no Reservatório de Tapacurá, o controle da biomassa fitoplanctônica não ocorreu com sucesso. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de que a maior parte da biomassa era de espécies do gênero *Microcystis* – que tem sua baixa palatabilidade e capacidade de produzir e liberar toxinas já conhecida (CARMICHAEL, 2001; COLINA, et al., 2016). Por outro lado, apesar de o tratamento Z (com a comunidade zooplanctônica natural do reservatório) não ser eficiente no controle *top-down* do fitoplâncton, quando teve sua biomassa duplicada (2Z) apresentou as maiores taxas de ingestão do experimento.

A grande diversidade da comunidade fitoplanctônica de ambos os locais de estudo criou um maior espectro de consumo do zooplâncton, os quais tinham disponíveis os mais variados grupos de algas para serem predadas.

Além disso, a comunidade zooplanctônica, em ambientes eutróficos tropicais observa-se a dominância de pequenos cladóceros e/ou rotíferos, o que justificaria a ausência da ocorrência natural do controle *top-down* em regiões tropicais, uma vez que o fitoplâncton destas regiões é frequentemente dominado por cianobactérias filamentosas e coloniais de grande tamanho, dificultado o consumo pelo zooplâncton (GER et al., 2014).

As regiões temperadas destacam-se devido a publicação de estudos que mostram o potencial do zooplâncton em controlar o fitoplâncton de ambientes eutróficos, especialmente aqueles com florações de cianobactérias (p.e. EKVALL; URRUTIA-CORDEIRO; HANSSON, 2014; SØNDERGAARD et

al., 2008, 2017). Esse controle pode ser justificado pela composição da comunidade zooplanctônica em regiões temperadas, que está representada principalmente por cladóceros de grande tamanho (até 5 mm de comprimento) (SARMA; NANDINI; GULATI, 2005).

O zooplâncton do Açude de Apipucos e do Reservatório de Tapacurá está representado principalmente por rotíferos de pequeno tamanho e copépodos ciclopoidea que não são herbívoros (SEVERIANO et al., 2017; DINIZ et al., 2019), os quais não são eficientes consumidores do fitoplâncton, suportando uma elevada biomassa algal nesse ambiente. Entretanto, em nossos experimentos nós demonstramos que a adição de um cladóceros (Experimento I) em diferentes densidades (mesmo com pequeno tamanho corporal) e de pequenos rotíferos e cladóceros (Experimento II – tratamento 2Z) foi capaz de controlar eficientemente o crescimento fitoplanctônico.

No experimento II, observamos que a comunidade zooplanctônica natural do reservatório de Tapacurá foi a mais eficiente no controle do crescimento fitoplanctônico.

Logo, nosso resultado não está de acordo com a “Hipótese da Eficiência de Tamanho” proposta por Brooks & Dodson (1965) e pode ser melhor entendido se relacionarmos a utilização de cladóceros nativos de ambientes oligotróficos (reservatório de Cursai) em ambientes eutróficos (reservatório de Tapacurá) com estudos laboratoriais que sugerem que a pré-exposição a toxinas pode levar a uma maior resistência desses organismos zooplanctônicos (TILLMANN et al., 2011 e CHISLOCK et al., 2013). Este pode ter sido o caso da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Tapacurá, pois havia floração das microalgas potencialmente tóxicas pertencentes ao gênero *Microcystis* no momento do experimento.

A escolha pelos grupos morfofuncionais no segundo experimento foi devido a sua utilização para agrupar os organismos fitoplanctônicos de acordo com características morfológicas como presença de mucilagem, flagelo, aerótopos, estruturas silicosas, entre outras (KRUK et al., 2010). Além disso, Colina et al., 2016, constataram que o grau de susceptibilidade de uma microalga à predação zooplanctônica está diretamente relacionado com suas características morfológicas.



Os grupos que apresentaram maiores reduções foram I, VI, III e II, caracterizados por serem pequenos organismos com elevada razão superfície-volume, organismos sem flagelo com presença de sílica em seu esqueleto, organismos filamentosos com presença de aerótopos e pequenos organismos flagelados com estruturas silicosas, respectivamente (KRUK et al., 2010; COLINA et al., 2016). Estes grupos morfofuncionais, com exceção do I, não são considerados palatáveis pelo zooplâncton devido à presença de estruturas que dificultam sua ingestão. No entanto, os grupos IV e I (considerados palatáveis devido a sua qualidade nutricional, pequeno tamanho e ausência de estruturas especializadas) não foram eficientemente predados.

Além disso, as baixas taxas de ingestão (I) sugerem que a medida em que o zooplâncton predava as algas, estas apresentaram taxas de crescimento semelhantes às de predação, reduzindo as taxas de ingestão e depuração — o que pode justificar os baixos percentuais de predação até mesmo nos grupos considerados mais palatáveis.

## CONCLUSÃO

Tanto o Açude de Apipucos como o Reservatório do Tapacurá, ambos eutróficos, demonstram serem excelentes ecossistemas modelo para estudo da interação fitoplâncton-zooplâncton, pois apresentam uma diversificada comunidade de algas e cianobactérias – especialmente o Açude de Apipucos, com períodos alternados de florações de algas verdes cenobiais e cianobactérias filamentosas.

Após realização dos experimentos e análises estatísticas observamos que *Macrothrix spinosa* foi um efetivo controlador da biomassa da comunidade fitoplanctônica em ambos os períodos sazonais, especialmente das clorófitas e das cianobactérias filamentosas e coloniais, as quais são potencialmente formadoras de florações tóxicas. E, com a realização do experimento em Tapacurá, observamos que os tratamentos com adição dos cladóceros (ZC), em geral, não foram efetivos no controle da biomassa da comunidade fitoplanctônica

estudada. Entretanto, o tratamento 2Z (criado para simular a biomassa do tratamento ZC) mostrou-se eficiente, predando com sucesso cinco dos seis grupos morfofuncionais presentes no reservatório de Tapacurá. Assim sendo, a comunidade zooplanctônica natural do Reservatório de Tapacurá e *Macrothrix spinosa* demonstraram ter potencial para serem utilizadas como estratégia de biomanipulação para controle de florações algais em ecossistemas aquáticos eutróficos tropicais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V.L.S., MELÃO, M.G.G., MOURA, A.N. Plankton diversity and limnological characterization in two shallow tropical urban reservoirs of Pernambuco State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.84, n.2, p.537-550. 2012.

AMORIM, C. A.; ULISSES, C.; MOURA, A. N. Biometric and physiological responses of *Egeria densa* Planch. Cultivated with toxic and non-toxic strains of *Microcystis*. **Aquatic Toxicology**, v. 191, p. 201-208, 2017.

AMORIM, C.A. Efeitos alelopáticos mútuos entre a macrófita aquática *Egeria densa* Planch. e a cianobactéria formadora de florações *Microcystis*. Dissertação (mestrado em botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017. 70p.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; PICCIN-SANTOS, V.; MOURA, A. N.; ARAGÃO-TAVARES, N. K. Cyanobacteria, microcystins and cylindrospermopsin in public drinking supply reservoirs of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n.1, p. 297-310, 2014.

BOUVY, M.; MOLICA, R. J. R. Avaliação da ingestão de *Cylindrospermopsis* pelo zooplâncton: testes em laboratório. Anais do VII Congresso Brasileiro Ficologia, pp. 22–26, Porto de Galinhas, Setembro de 1999.

BROOKS, J. L. & S. I. DODSON, 1965. Predation, body size, and composition of plankton. **Science** 150: 28–35.

CARMICHAEL, W. W.; AZEVEDO, S. M.; AN, J. S.; MOLICA, R. J.; JOCHIMSEN, E. M.; LAU, S.; RINEHART, K. L.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human fatalities from cyanobacteria: chemical and biological evidence for cyanotoxins. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, n. 7, p. 663-668, 2001.

CHISLOCK, M. F.; SARNELLE, O.; JERNIGAN, L. M.; WILSON, A. E. Do high

concentrations of microcystin prevent *Daphnia* control of phytoplankton?. **Water research**, v. 47, n. 6, p. 1961-1970, 2013

COLINA, Maite et al. A trait-based approach to summarize zooplankton–phytoplankton interactions in freshwaters. **Hydrobiologia**, v. 767, n. 1, p. 221-233, 2016.

DINIZ, Anamaria S. et al. Phytoplankton–zooplankton relationships based on phytoplankton functional groups in two tropical reservoirs. **Marine and Freshwater Research**, v. 70, n. 5, p. 721-733, 2019.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Editora Universa – UCB p. 1997.

ELMOOR-LOUREIRO, L. Phytophilous cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from Paranã River Valley, Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, p. 344-352, 2007.

ESTEVEZ, F. D. A., **Fundamentos de limnologia**. 3 ed. Interciência/Finep 790p. 2011.

FREITAS, E. C.; PINHEIRO, C.; ROCHA, O., LOUREIRO, S. Can mixtures of cyanotoxins represent a risk to the zooplankton? The case study of *Daphnia magna* Straus exposed to hepatotoxic and neurotoxic cyanobacterial extracts. **Harmful algae**, v. 31, p. 143-152, 2014.

FULTON, I. I. I.; ROLLAND, S.; PAERL, Hans W. Zooplankton feeding selectivity for unicellular and colonial *Microcystis aeruginosa*. **Bulletin of Marine Science**, v. 43, n. 3, p. 500-508, 1988.

GER, K.A.; HANSSON, L-A.; LÜRLING, M. Understanding cyanobacteria-zooplankton interactions in a more eutrophic world. **Freshwater Biology**, v. 59, n. 9, p. 1783-1798, 2014.

GLIWICZ, Z. M. Zooplankton. In: O’SULLIVAN, P. E., REYNOLDS C. S. (Eds). *The Lakes Handbook. Limnology and Limnetic Ecology*. Oxford: **Blackwell Science**, 2004, p. 461-516.

HAVENS, K. E., R. M. Pinto-coelho, M. BEKLIUGLU, K. S. CHRISTOFFERSEN, E. JEPPESEN, T. L. LAURIDSEN, A. MAZUMDER, G. METHOT, B. P. ALLOUL, U. N. TAVSANOGLU, S. ERDOGAN & J. VIJVERBERG, 2015. Temperature effects on body size of freshwater crustacean zooplankton from Greenland to the tropics. **Hydrobiologia** 743: 27–35.

HART, R. C. & E. A. BYCHEK, 2011. Body size in freshwater planktonic crustaceans: an overview of extrinsic determinants and modifying influences of biotic interactions. **Hydrobiologia** 668: 61–108.

HORN, HEIDEMARIE; HORN, WOLFGANG. Bottom-up or top-down–How is the autotrophic picoplankton mainly controlled? Results of long-term investigations from two drinking water reservoirs of different trophic state. **Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters**, v. 38, n. 3-4, p. 302-312, 2008.

HUNT, RICHARD J.; MATVEEV, VLADIMIR F. The effects of nutrients and zooplankton community structure on phytoplankton growth in a subtropical Australian reservoir: an enclosure study. **Limnologica**, v. 35, n. 1-2, p. 90-101, 2005.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 2: Chroococcales. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, n.43, p.157-226.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 2005. Cyanoprokaryota 2. In: Budel, B., Krienitz, L., Gartner, G., Schargerl, M. (Eds) *Oscillatoriales. Subwasserflora von Mitteleuropa*. Elsevier GmbH: München.

KOSTE, W.; SHIEL, R. J. Rotifera from Australian inland waters. II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). **Invertebrate Systematics**, v. 1, n. 7, p. 949-1021, 1987.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1991a. Bacillariophyceae, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena.

KRUK, C et al. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology*, v. 55, n. 3, p. 614-627, 2010.

JEPPESEN, E., SØNDERGAARD, M., MAZZEO, N., MEERHOFF, M., BRANCO, C., HUSZAR, V., SCASSO, F. Lake restoration and biomanipulation in temperate lakes: relevance for subtropical and 28 tropical lakes. In: Reddy, M.V. (Ed.), *Restoration and Management of Tropical Eutrophic Lakes*. **Science Publishers**, 2005, p. 1–12.

JEPPESEN, ERIK; SØNDERGAARD, MARTIN; LIU, ZHENGWEN. Lake restoration and management in a climate change perspective: An introduction. 2017.

HALLEGRAEFF, G. M. Harmful algal blooms: a global overview. **Manual on harmful microalgae**, v. 33, p. 1-22, 2003.

KÂ, S., MENDOZA-VERA, J., M. BOUVY, M., CHAMPALBERT, G., N'GOM-KÂ, R., PAGANO, B. Can tropical freshwater zooplankton graze efficiently on cyanobacteria? **Hydrobiologia**, v.679, p.119-138. 2012.

KRUK, Carla et al. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 3, p. 614-627, 2010.

MOURA, A. N.; ARAGÃO-TAVARES, N. K. C.; AMORIM, C. A. Cyanobacterial blooms in freshwater bodies in a semiarid region, northeastern Brazil: A review. **Journal of Limnology**, 2018.

PANOSSO, R. et al. Effect of grazing by a neotropical copepod, *Notodiaptomus*, on a natural cyanobacterial assemblage and on toxic and non-toxic

cyanobacterial strains. **Journal of Plankton Research**, v. 25, n. 9, p. 1169-1175, 2003.

SARMA, S. S. S.; NANDINI, S.; GULATI, R. D. Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. In: **Aquatic Biodiversity II**. Springer, Dordrecht, 2005. p. 315-333.

SEVERIANO, J. S.; Almeida-Melo, V. L. S.; Melo-Magalhães, E. M.; Bittencourt-Oliveira, M. C.; Moura, A. N. Effects of zooplankton and nutrients on phytoplankton: an experimental analysis in a eutrophic tropical reservoir. **Marine and Freshwater Research**, v. 68, n. 6, p. 1061-1069, 2017.

SEVERIANO, J.S., ALMEIDA-MELO, V. L. S., BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C., CHIA, M. A., MOURA, A.N. Effects of increased zooplankton biomass on phytoplankton and cyanotoxins: A tropical mesocosm study. **HARMFUL ALGAE**, v. 71, p. 10-18, 2018.

SØNDERGAARD, M. et al. Lake restoration by fish removal: short-and long-term effects in 36 Danish lakes. **Ecosystems**, v. 11, n. 8, p. 1291-1305, 2008.

SØNDERGAARD, M. et al. Repeated Fish Removal to Restore Lakes: Case Study of Lake Væng, Denmark—Two Biomanipulations during 30 Years of Monitoring. **Water**, v. 9, n. 1, p. 43, 2017.

SUN, J., LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v.25, p.1331-1346. 2003.

TILLMANN, A. R.; BURTON, S. K.; PICK, F. R. *Daphnia* Pre-Exposed to Toxic *Microcystis* Exhibit Feeding Selectivity. **International Review of Hydrobiology**, v. 96, n. 1, p. 20-28, 2011.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommer der quantitative phytoplankton methodic. Mitteilungen **Internationale Vereinigung fuer. Theoretische und Angewandte Limnologie**, v.9, p.1-38. 1958.

VAN DONK, E.; IANORA, A.; VOS, M.. Induced defences in marine and freshwater phytoplankton: a review. **Hydrobiologia**, v. 668, n. 1, p. 3-19, 2011.