



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

GUSTAVO CORREIA DE MOURA

**INFESTAÇÃO DO ZOOPLÂNCTON PELO EPIBIONTE *Colacium simplex*
(EUGLENOPHYCEAE) EM UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO DO
NORDESTE BRASILEIRO**

Campina Grande - PB

Julho de 2013

GUSTAVO CORREIA DE MOURA

**INFESTAÇÃO DO ZOOPLÂNCTON PELO EPIBIONTE *Colacium simplex*
(EUGLENOPHYCEAE) EM UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO DO
NORDESTE BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, no formato de artigo científico segundo as normas do periódico *Limnética*, como requisito para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Msc. Sandra Maria Silva

Co-orientadora: Msc. Janiele França Vasconcelos

Campina Grande – PB

Julho de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

M929i Moura, Gustavo Correia de.
 Infestação do Zooplanton pelo epibionte Colacium Simplex (Euglenophyceae) em um reservatório do nordeste brasileiro. [manuscrito] / Gustavo Correia de Moura. – 2013.
 41 f. : il.

 Digitado.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2013.
 “Orientação: Profa. Ma. Sandra Maria Silva, Departamento de Biologia.”
 “Co-Orientação: Profa. Ma. Janiele França de Vasconcelos, Departamento de Biologia.”

 1.Epibiontes. 2. Região Semiárida. 3. Eutrofização. 4. Ecologia. I. Título.

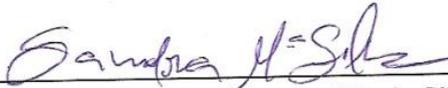
CDD 21. ed. 581.7

GUSTAVO CORREIA DE MOURA

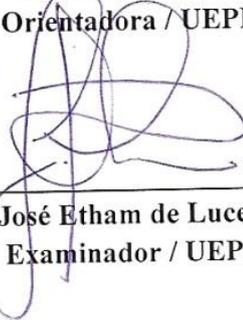
**INFESTAÇÃO DO ZOOPLÂNCTON PELO EPIBIONTE *Colacium simplex*
(EUGLENOPHYCEAE) EM UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO DO
NORDESTE BRASILEIRO**

Aprovado em: 12 de Julho de 2013.

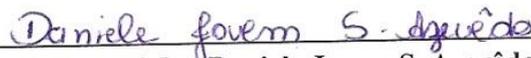
BANCA EXAMINADORA



Prof^o. Msc. Sandra Maria Silva
Orientadora / UEPB



Prof^o Dr. José Etham de Lucena Barbosa
Examinador / UEPB



Msc. Daniele Jovem S. Azevêdo
Examinadora

Dedicatória

*Aos meus pais (Fátima e Eraldo) pela dedicação,
carinho e paciência em todos os momentos decisivos
da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS por não me abandonar e fazer parte da minha vida. Obrigado, ainda mais, por estar cuidando de todas estas pessoas que estarão lendo esta mensagem. E por mostrar à elas, que nas tribulações elas estarão sempre em seu colo.

Aos meus pais (Fátima e Eraldo) por sempre me mostrar os caminhos certos a serem trilhados, pela paciência e dedicação nos ensinamentos ao longo de toda a minha vida, pelos princípios éticos, pelo apoio em todas as decisões tomadas e pela confiança nas minhas capacidades, habilidade e competências. Amo vocês!!! A minha irmã (Nathália) que sempre me ajudou nas decisões e que independente das brigas e discussões, sempre me amou MUITO. Kkkkkkkkkkk. A todos os meus familiares que diretamente ou indiretamente contribuíram para que eu alcançasse esse objetivo.

À Universidade Estadual da Paraíba que proporcionou a estrutura ao longo de toda a graduação e aos professores que em todo o momento me motivaram para conclusão do curso e para seguir a carreira acadêmica, entre eles pode-se citar: Mérgia, Ronaldo, Humberto, Ana Paula, Eliane, Érica, Simone, Fabrício, Alberto, Mathias, André, Thelma, Ethan, Sandra, Simão, Marcia, Valberto, Iranildo, Beatriz e Joseline.

À minha orientadora Sandra que sempre com paciência, dedicação, compromisso e responsabilidade me conduziu, introduziu e compartilhou humildemente os seus conhecimentos, em uma relação amigável que sempre me ajudou a alcançar as minhas metas estabelecidas.

À minha có-orientadora, amiga, “mamãe”, instrutora, consultora e confidente Janiele que no início do curso me aceitou como orientando e desde então tem contribuído muito para a pessoa que sou hoje no tempo que passei sob sua orientação. Seu incentivo, força de vontade e esperança em qualquer coisa que fazemos me encorajam a continuar na batalha diária do laboratório. Toda a confiança que você deposita em mim é convertida em uma política própria de me manter ativo diante das responsabilidades que me são concedidas e que tento cumpri-las ao máximo para não decepcionar ninguém. Saiba que sou muito grato por tudo que você tem feito por mim e espero que esse, como vários outros objetivos se repitam por várias vezes e que estejamos próximos para comemorar estas, assim como, várias outras batalhas. Até porque tu sabe que “nói é nói”.

Ao professor Ethan por ter aceitado fazer parte da banca e por subsidiar e auxiliar de forma amigável a todos do laboratório e sempre me incentivar a continuar na carreira acadêmica simplesmente pela pessoa que é. Saiba que você é o modelo de profissional que quero ser quando crescer.

*À professora Dr. Sueli Train (NUPELIA) pela identificação da alga *Colacium simplex* objeto de estudo do presente trabalho.*

Ao professor Alberto Soares que me encantou com os fundamentos da estatística e que sempre me orientou amigavelmente para desenvolver papéis fundamentais durante a monitoria.

À Flávia Oliveira pelo auxílio na identificação do zooplâncton desde a minha entrada no laboratório até os dias atuais e pelos conselhos diários no laboratório.

À Daniele por ter aceitado fazer parte da banca e por ser exemplo de dedicação e compromisso para com todos do laboratório. A Evaldo pela humildade e companheirismo nas aventuras de coleta e respeito.

À todos do LFAq (Leandro, Rosa, Paulo, Vanessa [2], Iara (Biel), Flávia Morgana, Evaldo, Dani, Cynthia, Daianne, Danilo, Mayara, Fátima, Raianne, Carlinda, Izabelly, Virginia, Shakira, Geneton, Silvana, Camila, Flávia Oliveira, Neto, Janderson e Joelma) por contribuíram positivamente para o desenvolvimento do trabalho e pelos momentos de descontração vividos ao longo desses anos.

Ao meus amigos e colegas de Curso que estiveram ao meu lado em todos os momentos felizes e de “aperreio” diante das provas e trabalhos. Agradeço também aos colegas: Elizabete, Mariana, Cal, Amanda, Raíssa, Larissa, Joellyton, Maely, Matheus e Sayanne, que fizeram parte da minha formação em diferentes momentos desta caminhada.

Aos meus amigos, Iago José, Guilherme, Carlos Arthur e Daisy que souberem lidar e compreender a minha ausência diante dos afazeres acadêmicos.

Ao amigo Leandro Gomes, que sempre esteve do meu lado e ao longo dos anos da graduação se mostrando uma pessoa com um grande coração e com princípios e políticas adquiridas ao longo de seus anos de experiência que sempre me auxiliaram a tomar as melhores decisões no meio acadêmico e pessoal.

Ao amigo Tafarel pro sempre estar do meu lado, por ser um exemplo de competência e sabedoria e sempre me ajudar nos momentos difíceis desta caminhada de forma humilde e companheira.

À Mayara Larrys, por ser exemplo de dedicação para com os estudos e ser o modelo de graduando a ser alcançado por mim. Obrigado por sempre confiar na minha competência e ser a pessoa amigável e parceira que você é.

À Flávia Morgana por sempre estar do meu lado e me apoiar nas minhas decisões sempre se mostrando uma pessoa especial a qual sou muito grato. Por sempre me aguentar e acreditar em mim, levantando minha alta estima e depositando toda a confiança necessária para minha formação acadêmica. Agradeço também a todos de sua família, por sempre me tratarem com respeito e muito carinho em todos os momentos que estivemos juntos.

À Dona Marilene que sempre cuidou muito bem de mim e se tornou mais uma das mães que sempre carregarei em meu coração. Admiro muito sua pessoa.

Aos barqueiros Amarildo e Ronaldo por sempre estarem disponíveis para realização das campanhas de coleta no Açude de Bodocongó, e por ajudarem nas mesmas.

Aos professores Humberto Silva e Paulo Medeiros que me orientaram na monitoria de Ecologia e contribuíram para a formação dos conceitos ecológicos usados nos dia-a-dia no laboratório.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho. Sou grato a todos, MUITO OBRIGADO!!!

INFESTAÇÃO DO ZOOPLÂNCTON PELO EPIBIONTE *Colacium simplex* (EUGLENOPHYCEAE) EM UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

RESUMO

MOURA, Gustavo Correia.

Foi analisado a relação entre a alga epibionte *Colacium simplex* e a comunidade zooplanctônica em um reservatório urbano eutrófico do semiárido. Espécimes foram coletadas mensalmente no reservatório Bodocongó (7°12'49.24" S 35°54'57.74" W) de Novembro de 2011 a Maio de 2012, em três estações de amostragem ao longo do reservatório. 23 táxons do zooplâncton foram observadas incluindo rotíferos (com 80.16% da densidade total), cladóceras (0.5%) e copépodos (19.34%). *Colacium simplex* foi observado no zooplâncton em Março e Abril de 2012, ocorrendo em 92.29% dos rotíferos, 53.41% nos cladóceras e 45.63% nos copépodos. Em Março e Abril, a densidade de rotíferos do gênero *Brachionus* e *Filinia* diminuiu significativamente ($p < 0.05$), de 61.25% para 0.85% e de 7.29% para 1.95% respectivamente. A ocorrência de *C. simplex* foi direta e significativamente correlacionado com as concentrações de amônio e fósforo reativo solúvel. Este é o primeiro registro de *C. simplex* no zooplâncton na região semiárida. O declínio na população do zooplâncton após a colonização indica que a alga pode ter efeitos negativos, possivelmente pela redução da reprodução e capacidade de locomoção e/ou aumento na taxa de predação por peixes zooplanctívoros.

Palavras-Chave: Epibiontes, rotíferos, eutrofização, região semiárida

**INFESTATION OF ZOOPLANKTON BY EPIBIONTIC *Colacium simplex*
(EUGLENOPHYCEAE) IN A RESERVOIR IN SEMI-ARID NORTHEASTERN
BRAZIL**

ABSTRACT

MOURA, Gustavo Correia.

Was analyzed the relationship between the epibiontic alga *Colacium simplex* and the zooplankton community in a eutrophic urban reservoir in the semi-arid. Specimens were collected monthly in Bodocongó Reservoir (7°12'49.24" S 35°54'57.74" W) from November 2011 through May 2012, at three sampling stations along the reservoir. The 23 taxa of zooplankton recorded included rotifers (with 80.16% of densities), cladocerans (0.5%) and copepods (19.34%). *Colacium simplex* was observed as an epibiontic on zooplankton in March and April, occurring on 92.29% of rotifers, 53.41% of cladocerans and 45.63% of copepods. In March and April, the densities of the rotifer genera *Brachionus* and *Filinia* decreased significantly ($p < 0.05$), from 61.25% to 0.85% and from 7.29% to 1.95% of the zooplankton numbers, respectively. The occurrence of *C. simplex* was directly and significantly correlated with the concentrations of ammonia and soluble reactive phosphorus. This is the first finding of *C. simplex* on zooplankton in the semiarid region. The subsequent decline in zooplankton populations indicated that the alga may have negatively affected, possibly by reducing their reproductive and locomotor capacities and/or increasing the rate of predation by zooplanktivorous fish.

Key-Words: Epibiont, Rotifers, Eutrophication, Semiarid Region

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização da área de estudo. Estações de Amostragem estão indicadas pelo “•” no mapa..... **11**
- Figura 2:** Variação das concentrações de amônia (A) e fósforo reativo solúvel (B) no Reservatório Bodocongó no período de Novembro de 2011 à Maio de 2012 (S1: Estação 1; S2: Estação 2; S3: Estação 3)..... **15**
- Figura 3:** Abundância dos grupos zooplanctônicos no Reservatório Bodocongó em três estações de amostragem, de Novembro de 2011 a Maio de 2012..... **17**
- Figura 4:** Variações temporais da abundância relativa de organismos infestados (I) e não-infestados (U) nas estações E2 e E3 no período de Novembro de 2011 à Maio de 2012..... **19**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Média (X), Desvio padrão (DP) variáveis físicas e químicas mensuradas no Reservatório de Bodocongó no período de Novembro de 2011 à Maio de 2012. (p: nível de significância, LSD: Teste de Fisher, P-Total: Fósforo Total, SRP: Fósforo Reativo Solúvel, N-Total: Nitrogênio Total, N-NH₄: Amônia, N-NO₃⁻, Nitrato, N-NO₂⁻, Nitrito.....**14**
- Tabela 2:** Composição e proporção da comunidade zooplanctônica no Reservatório de Bodocongó em três estações de amostragens, de Novembro de 2011 à Maio de 2012.....**16**
- Tabela 3:** Taxa de infestação e índice de seletividade do zooplâncton pelo *Colacium simplex* no Reservatório Bodocongó em Março e Abril de 2012.....**18**

Sumário

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1 Área de Estudo	10
2.2 Amostragem	11
2.3 Análise dos Dados.....	12
3. RESULTADOS.....	13
4. DISCUSSÃO	20
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
ANEXO I: Artigo a ser submetido.....	27
ANEXO II: Instruções para publicação na revista Limnética	38

INTRODUÇÃO

O zooplâncton é um dos principais componentes de sistemas lênticos, devido à sua importância no fluxo de energia e ciclagem da matéria em ecossistemas aquáticos, além de apresentarem grande sensibilidade a mudanças ambientais (Eskinazi-Sant'anna et al., 2007; Santos et al., 2009). A elevada abundância de zooplâncton, observada em reservatórios eutróficos, é representada principalmente pela alta densidade de rotíferos, os quais têm sido apontados como os componentes do zooplâncton de maior importância nestes reservatórios do semiárido (Bouvy et al. 2001; Eskinazi-Sant'anna et al. 2007; Souza et al. 2008), por sua tolerância à elevada turbidez abiogênica, comum nesses ambientes (Souza et al. 2008).

Rotíferos, copépodos, cladóceros e protozoários podem ter pequenos epibiontes ou organismos ectobiontes, tais como bactérias, fungos, algas, protozoários e rotíferos aderidos à sua superfície corporal (Regali-Seleghim & Godinho, 2004). Os epibiontes podem afetar a história de vida desses organismos que servem de substrato através da competição por alimento, impedindo a respiração, dificultando a locomoção (Henebry & Ridgeway, 1979), aumentando a susceptibilidade de predação (Kankaala & Eloranta, 1987, Green, 1974), diminuindo assim, sua fecundidade (Willey et al., 1990; Threlkeld & Willey, 1993) e capacidade de sobrevivência (Willey et al., 1990; Xu & Burns, 1991; Allen et al., 1993).

As algas epibiônicas podem desenvolver-se no exoesqueleto de organismos zooplanctônicos. No entanto, a distribuição destas microalgas epibiontes, sua dinâmica populacional e fatores de regulação são pouco estudadas (Carman & Dobbs, 1997; Lagus & Lindholm, 2000; Regali-Seleghim & Godinho, 2004), seus papéis em ecossistemas lacustres, bem como suas interações com os crustáceos, são praticamente desconhecidos (Dubovskaya et al., 2005; Threlkeld et al., 1993; Zalocar et al., 2011).

Embora os primeiros relatos de epibiontes terem sido feitos há muito tempo, não se sabe muito sobre a colonização do zooplâncton por epibiontes em sistemas tropicais e

subtropicais (Lopez et al., 1998; Regali-Selegim & Godinho, 2004; Zalocar et al., 2011), além de não ter sido encontrado nenhuma referência sobre infestações epibiontes em sistemas aquáticos de regiões semi-áridas.

Este estudo tem como objetivo descrever a densidade, a prevalência e preferenciais de colonização em zooplâncton pelo epibionte *Colacium simplex* Huber-Pestalozzi e as relações deste com as variáveis ambientais em um reservatório urbano do semiárido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no reservatório urbano Bodocongó (7°13'11" S, 35°52'21" W) em Campina Grande – PB, no Nordeste Brasileiro a uma altitude de 508 m acima do nível do mar. O reservatório ocupa uma área de 352,720 m², com profundidade média de 4.5 m, capacidade de acumulação de aproximadamente 1,019,830 m³. Refletindo o estado eutrófico e a falta de mata ciliar no entorno do açude (MOURA, 2012), cerca de 53% de sua área total está coberta por macrófitas *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, e o assoreamento já reduziu em mais de 50% a capacidade de acumulação. Historicamente, o primeiro estudo limnológico no Brasil foi desenvolvido no reservatório Bodocongó que é atualmente considerado o berço da limnologia no país. O clima da região é BSwH de acordo com a classificação Köppen, semiárido quente com um período de seca de 7-9 meses. A média anual de temperatura é entre 28 e 31°C e a precipitação na região é de aproximadamente 700mm/ano.

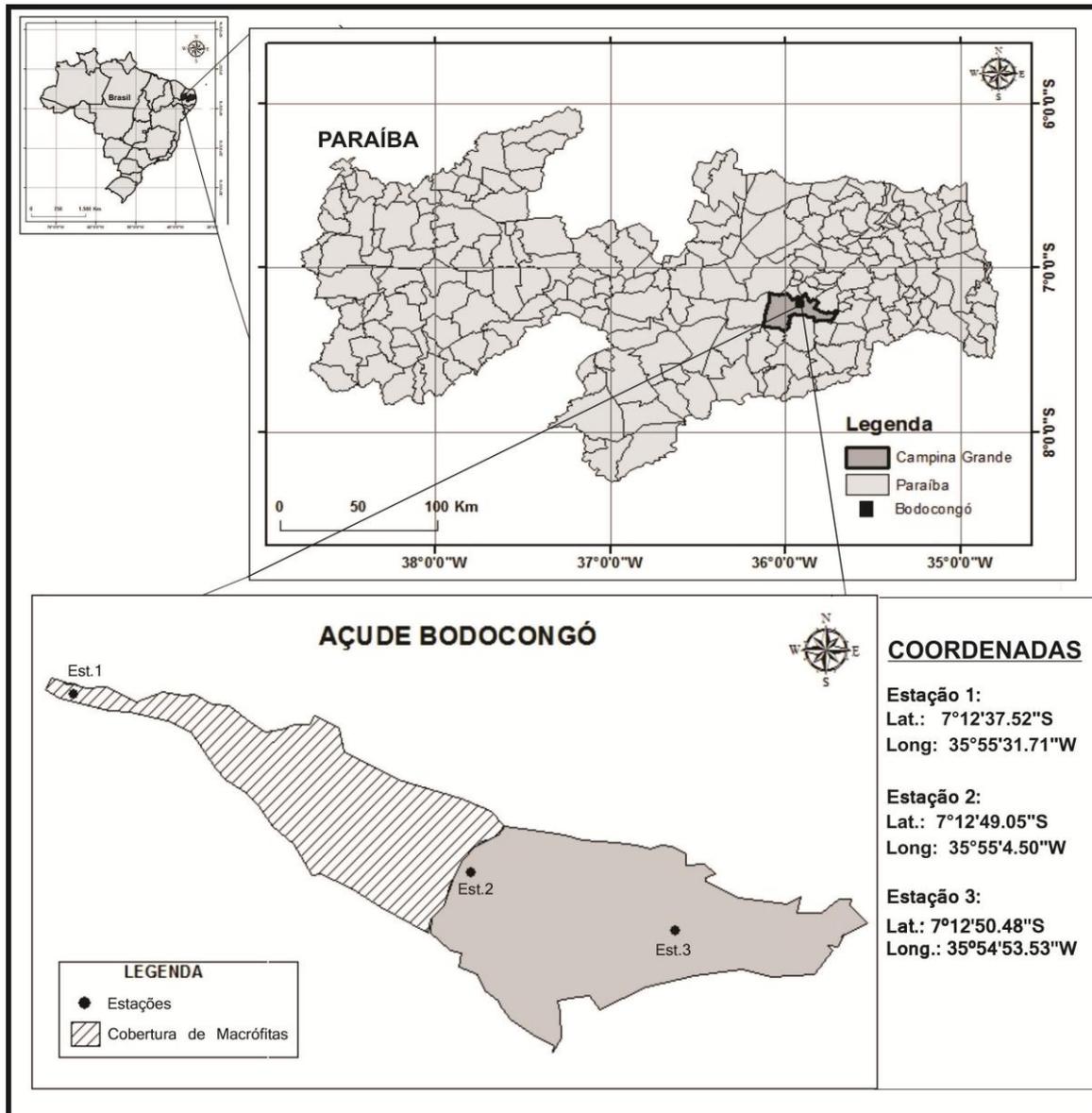


Figura 1: Inserção do Reservatório Bodocongó na geografia do Estado da Paraíba. Estações de Amostragem estão indicadas pelo “•” no mapa, sendo Est1: Estação 1; Est2: Estação 2 e Est.3: Estação 3.

2.2 Amostragem

As amostragens foram realizadas mensalmente no período de Novembro de 2011 a Maio de 2012 em 3 estações amostrais ao longo do reservatório: a montante (E1), na zona mais profunda do reservatório (E2); e a jusante (E3) (Figura 1). As amostras foram coletadas em 4 profundidades (100%, 50%, 1%) e na região mais profunda do reservatório (Z_{máx}), de acordo com a medida da profundidade do desaparecimento do Disco de Secchi e o coeficiente

de atenuação vertical da luz de 2,7 (ESTEVES, 2010). Sendo as alíquotas homogeneizadas e compondo uma única amostra.

As variáveis ambientais: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica foram aferidas com auxílio da Sonda Multiparamétrica HORIBA-U50, a transparência da água foi determinada através do desaparecimento do disco de Secchi. Amostras de água foram coletadas com auxílio da garrafa de Van Dorn (5L) e preservadas em garrafas de PVC pré-lavadas com água destilada e mantidas no gelo para transporte até o laboratório, onde foram colocadas na geladeira, para determinação dos nutrientes nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fosfatado (fósforo solúvel reativo), os quais foram analisados de acordo com metodologias descritas no APHA (2005).

Amostras da comunidade fitoplanctônica (300 mL) foram preservadas em solução de Lugol e observadas em microscópio invertido, usando câmeras de sedimentação para identificação e quantificação (Utermöhl, 1958). Os gêneros e espécies da comunidade fitoplanctônica foram identificadas usando Komarek & Agnostidis (1986), Baker (1991, 1992); Leite (1979); Tell & Conforti (1986). Amostras de zooplâncton foram coletadas com auxílio da garrafa de Van Dorn (5L), através da coluna de água, sendo filtrados 100L na Estação 1 e 25L na estação 2 e 3, usando rede de plâncton com malha de 68 µm. Os organismos foram preservados em formol glicosado a 4%. O zooplâncton foi contado, em câmaras de Sedgwick-Rafter em microscópio invertido Zeiss Axiovert 40C. Os organismos zooplanctônicos foram identificados com base nas características morfológicas (Ruttner-Kolisko, 1974; Koste, 1978; Reid, 1985; Silva et al., 1989; Elmoor-Loureiro, 1997).

2.3 Análise dos Dados

O índice de seletividade de Manly-Chesson (Manly, 1974; Chesson, 1978) ajusta a abundância relativa dos diferentes substratos (táxons zooplanctônicos) e foi utilizado para determinar a preferência de colonização dos epibiontes sobre as espécies zooplanctônicas.

$$a_i = (r_i/n_i) / \sum_{j=1}^m r_j/n_j;$$

Onde,

m refere-se ao número de grupos zooplanctônicos presentes, **r_i** a densidade do taxon **I** com epibiontes e **n_i** a densidade do táxon **i**. Visto que **a_i** é calculado em função do número de grupos zooplanctônicos presentes nas amostras, e estes variam entre as amostras, os valores de referência foram convertidos de acordo com o proposto por Chesson (1983):

$$e_i = (mai - 1) / [(m - 2)ai + 1],$$

para $i = 1, 2, \dots, m$.

O índice de preferência (**e_i**) varia de -1 (completamente evitado pelos epibiontes) a 1 (preferência dos epibiontes); zero indica neutralidade de preferência. Os valores de preferência foram determinados para cada amostra com ocorrência de epibionte.

Os resultados foram submetidos a uma análise estatística descritiva básica: média aritmética e desvio padrão, Análise de Variância (ANOVA) com um fator para diferenciação das estações de amostragens com nível de significância $p < 0.05$. Todas as análises estatísticas e composição dos gráficos foram realizados com o uso do software Statistica 7.0

3. RESULTADOS

O reservatório apresentou-se termicamente misturado com temperaturas médias de 28°C em todas as estações de amostragem. As concentrações de oxigênio dissolvido foram baixas nas estações 2 e 3 (Tabela 1). Os níveis de pH foram de neutros a alcalinos, apresentando baixa variação entre as estações de amostragem. A transparência da água apresentou menores valores na estação E1 aumentando nas estações E2 e E3 (Tabela 1). O reservatório apresentou elevadas concentrações de nutrientes fosfatados e nitrogenados sendo caracterizado como eutrófico, similar ao observado por Moura (2012). As estações de amostragem não apresentaram diferença significativa quanto as características químicas e

físicas da água (Tabela 1). As condições de nutrientes foram similares durante todo período de estudo, exceto pelo aumento de amônia (Figura 2) de Janeiro à Abril e fósforo reativo solúvel (Figura 2B) em Fevereiro e Março, ambos nas estações 2 e 3.

Tabela 1: Média (X), Desvio padrão (\pm DP) variáveis físicas e químicas mensuradas entre as estações amostrais no Reservatório de Bodocongó no período de Novembro de 2011 à Maio de 2012. (p: nível de significância, LSD: Teste de Fisher, OD: Oxigênio Dissolvido, SRP: Fósforo Reativo Solúvel, N-Total: Nitrogênio Total, N-NH₄: Amônia, N-NO₃: Nitrato, N-NO₂: Nitrito.

Variáveis	Estação 1		Estação 2		Estação 3		p	LSD
	X	\pm DP	X	\pm DP	X	\pm DP		
Secchi (m)	0.32	0.09	1.33	0.39	1.04	0.12	p<0,05	E1 \neq (E2=E3)
Temperatura (°C)	25.17	0.56	26.25	0.56	26.56	0.80	p<0,05	E1 \neq (E2=E3)
pH	7.72	0.17	7.34	0.40	7.52	0.33	p>0,05	(E1 \neq E2)=E3
OD (mg/L)	6.76	2.37	1.92	1.13	2.72	0.62	p<0,05	E1 \neq (E2=E3)
Condutividade (mS/cm)	1.15	0.17	1.37	0.14	1.41	0.11	p<0,05	E1 \neq (E2=E3)
SRP(μ g/L)	187.71	103.79	898.81	647.42	909.60	610.53	p<0,05	E1 \neq (E2=E3)
N-Total(μ g/L)	2849.45	1926.77	3858.04	924.33	4101.88	871.13	p>0,05	E1 \neq (E2=E3)
N-NH ₄ (μ g/L)	1586.99	242.42	1755.99	25.06	1755.36	27.15	p<0,05	E1 \neq (E2=E3)
N-NO ₃ ⁻ (μ g/L)	55.23	32.32	100.70	40.26	87.25	32.10	p<0,05	E3=(E1 \neq E2)
N-NO ₂ ⁻ (μ g/L)	25.38	23.62	26.11	11.84	20.25	15.82	p>0,05	E1=E2=E3

A comunidade fitoplânctonica foi representada por 35 táxons nas seguintes divisões: Cyanobacteria (11), Chlorophyceae (9), Bacillariophyceae (6), Euglenophyceae (6), Zygnemaphyceae (2) e Chlamydomonadales (1). Na estação a montante, o fitoplâncton foi dominado pela alga verde *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komàrková-Legnerová em Novembro e Dezembro de 2011. A euglena *Phacus longicauda* (Ehrenberg) Dujardin em Janeiro, Fevereiro e Abril de 2012, e a diatomácea *Cyclotella meneguiniiana* Kützing em Março de 2012. Nas estações 2 e 3 a euglena *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg foi dominante em Novembro de 2011 e Março de 2012, a diatomácea *C. meneguiniiana* em Dezembro de 2011 e a cianobactéria *Planktolyngbia* sp. em Janeiro/Fevereiro e Abril/Maio de 2012.

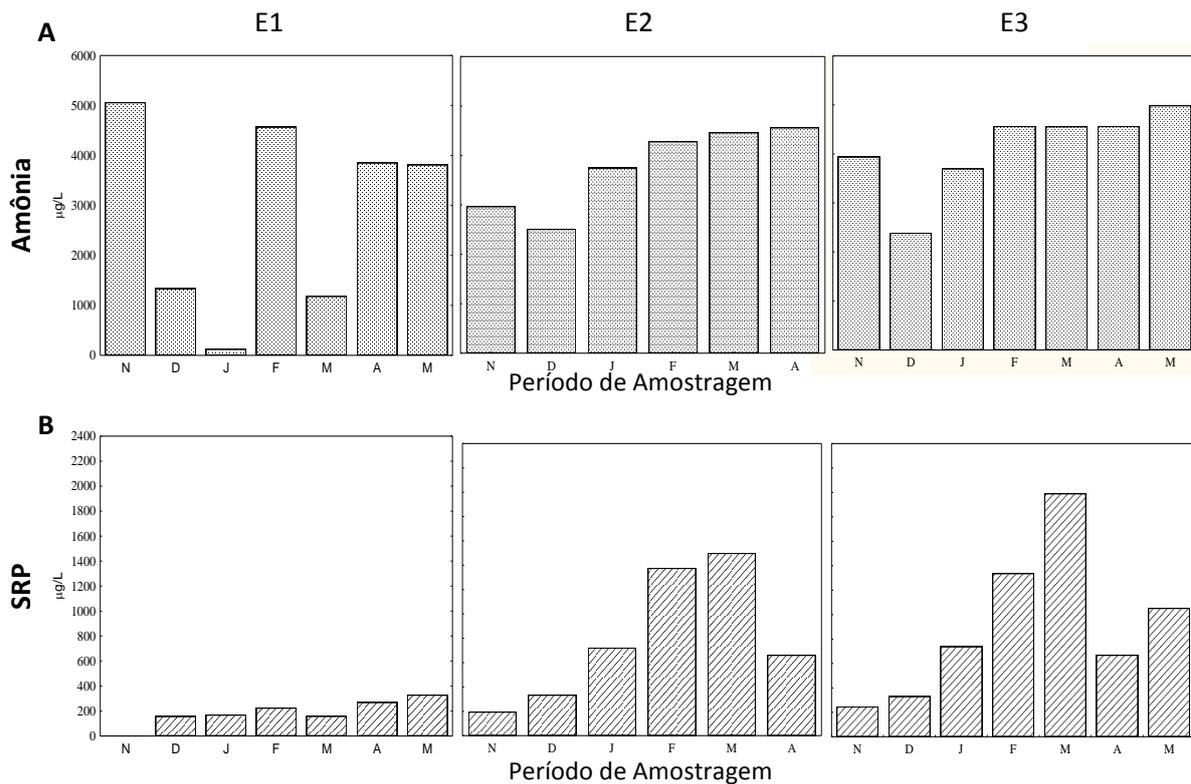


Figura 2: Variação das concentrações de amônia (A) e fósforo reativo solúvel (B) no Reservatório Bodocongó no período de Novembro de 2011 à Maio de 2012 (E1: Estação 1; E2: Estação 2; E3: Estação 3 e N: Novembro; D: Dezembro; J: Janeiro; F: Fevereiro; M: Março; A: Abril; M: Maio)

A proporção e a composição dos organismos zooplactônicos são mostradas na Tabela 2. Os rotíferos dominaram o plâncton (80,16%) em todas as estações de amostragem, seguido por copépodos (19,34%) e cladóceras (0,5%).

Tabela 2: Composição e proporção da comunidade zooplanctônica no Reservatório de Bodocongó em três estações de amostragens, de Novembro de 2011 à Maio de 2012, Est1: Estação 1; Est2: Estação 2 e Est.3: Estação 3.

Rotíferos	Lista de espécies em %		
	%Est1	%Est2	%Est3
Asplanchnidae (Eckstein, 1883)			
<i>Asplanchna sp.</i> (Gosse, 1850)	5.25	1.01	1.53
Brachionidae (Ehrenberg, 1838)			
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	1.80	0.04	0.08
<i>Brachionus falcatulus</i> (Zacharias, 1898)	1.99	34.33	35.74
<i>Brachionus urceolaris</i> (Mueller, 1773)	17.64	-	-
<i>Brachionus caudatus</i> (Barrois and Daday 1894)	2.41	29.51	11.64
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)	-	0.01	-
Euchlanidae (Ehrenberg, 1838)			
<i>Euchlanis sp.</i> (Ehrenberg, 1832)	4.16	-	-
Filiniidae (Harring & Myers 1926)			
<i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898)	-	7.90	12.76
<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)	-	6.02	17.18
Lecanidae (Remane, 1933)			
<i>Lecane sp.</i> (Nitzsch, 1827)	1.75	0.01	-
<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)	12.26	-	-
Synchaetidae (Hudson & Gosse, 1886)			
<i>Polyarthra sp.</i> (Ehrenberg, 1834)	1.80	0.83	1.36
Cladóceros			
Chydoridae (Stebbing, 1902)			
<i>Alona rectangula</i> (Sars, 1862)	1.75	-	-
<i>Leydigia ipojucae</i> (Brehm, 1938)	1.75	-	-
Sididae (Baird, 1850)			
<i>Diaphanosoma spinulosum</i> (Herbst, 1975)	-	0.07	-
Moinidae (Goulden, 1968)			
<i>Moina minuta</i> (Hansen, 1899)	2.22	0.45	0.27
<i>Neonato</i>	-	0.14	-
Copépodes			
Cyclopidae (Dana, 1846)			
<i>Thermocyclops minutus</i> (Lowndes, 1934)	-	2.05	1.81
<i>Mesocyclops longisetus</i> (Thiébaud, 1912)	-	0.04	-
Diaptomidae (Baird, 1850)			
<i>Notodiaptomus iheringi</i> (Wright, 1985)	-	1.52	0.82
<i>Copepodito</i>	20.62	2.12	2.76
<i>Nauplius</i>	24.58	13.94	14.05

Diferenças significativas foram observadas para a densidade dos grupos da comunidade zooplânctonica nas estações E2 e E3 ao longo dos meses de estudo (Figura 3). Observa-se uma alta densidade de rotíferos sendo o gênero *Brachionus* o mais representativo nas estações E2 e E3 (Figura 3B e 3C). Em Abril, nota-se diminuição dos rotíferos nas estações mencionadas, sendo os gêneros *Brachionus* e *Filinia* os que sofreram maior redução.

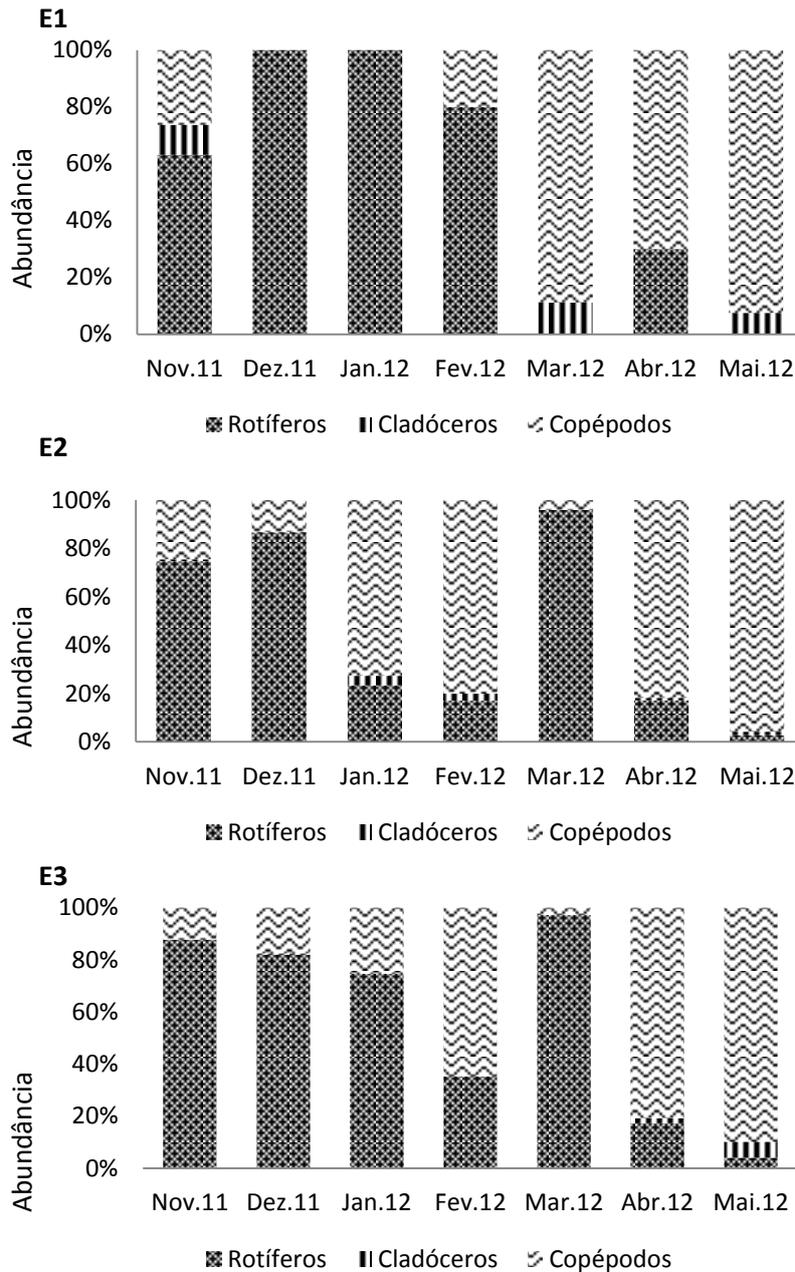


Figura 3: Abundância dos grupos zooplânctônicos no Reservatório Bodocongó em três estações de amostragem, de Novembro de 2011 a Maio de 2012, onde: E1: Estação 1; E2: Estação 2 e E3: Estação 3.

O epibionte *Colacium simplex* foi observado nos rotíferos, cladóceras e copépodos, em Março e Abril de 2012, mas apenas nas estações 2 e 3. A densidade de organismos infestados (I) foi maior que os não-infestados (U) em todos os grupos e *C. simplex* foi observado colonizando todos os estágios de vida (ovos, náuplios, copepodidos e adultos), em todas as partes do corpo, exceto nos apêndices dos organismos. A preferência de colonização pelo epibionte foi calculada mensalmente (Tabela 3), sendo o mesmo positivo para todos os táxons em Março, no entanto, a maior preferência foi observada para os rotíferos, seguidos pelos cladóceras e copépodos (Tabela 3). Em abril o índice de preferência foi positivo apenas para rotíferos, contudo os epibiontes foram observados colonizando copepodos, mesmo apresentando seletividade negativa para os mesmos. Entre os rotíferos a espécie *Brachionus caudatus* foi o mais frequentemente infestado, seguido por *Brachionus falcatus* e *Filinia terminalis*.

Tabela 3: Taxa de infestação e índice de preferência do zooplâncton pelo *Colacium simplex* no Reservatório Bodocongó em Março e Abril de 2012.

Taxon	Março		Abril	
	ei	Densidade epibionte (ind./ ind. Zooplâncton)	ei	Densidade Epibionte (ind./ind. Zooplâncton)
Nauplios	0.1	5	-1.0	0
Calanoida	0.0	9	-1.0	0
Cyclopoida	0.2	12	-1.0	0
<i>Filinia</i>	0.3	12	0.4	5
<i>Brachionus</i>	0.7	82	0.8	43
<i>Polyarthra</i>	0.4	79	0.1	27
<i>Moina</i>	0.0	64	-1.0	0

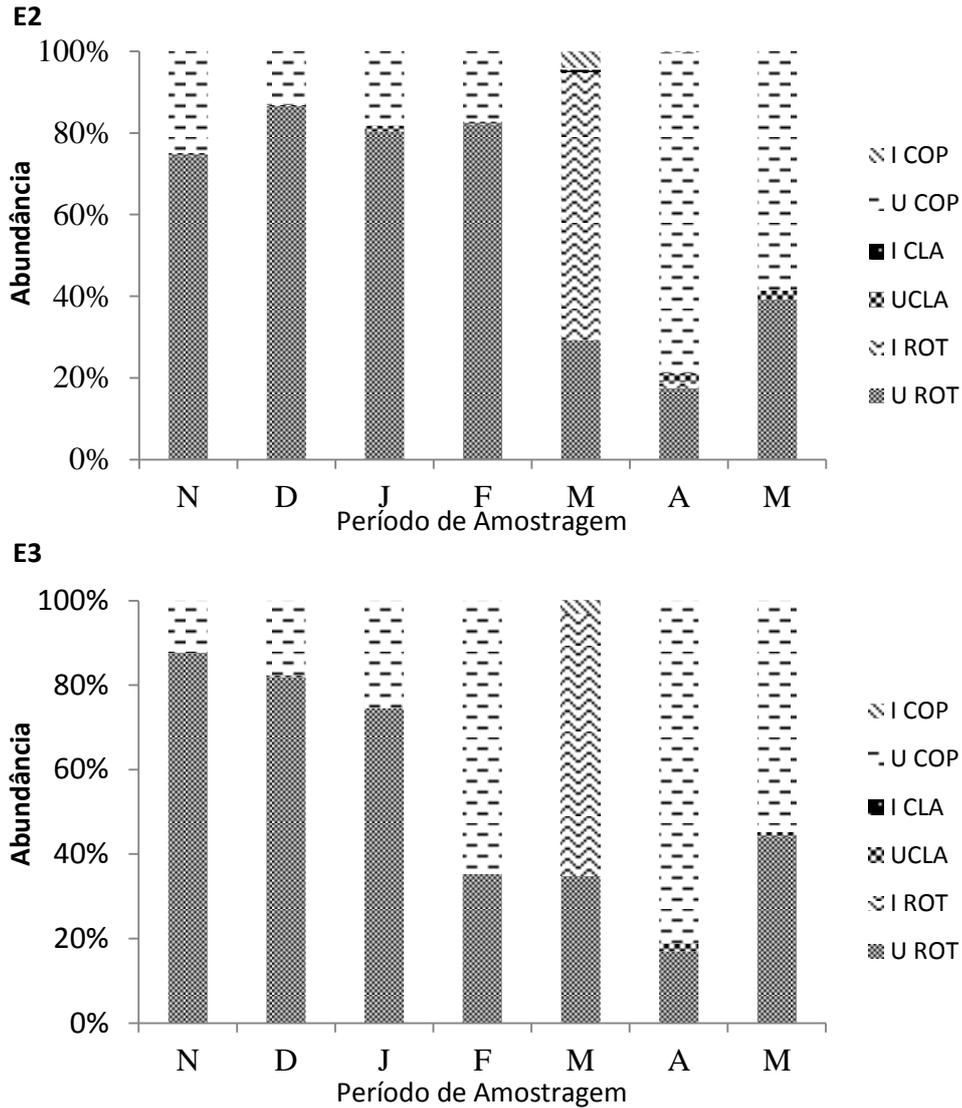


Figura 4: Variações temporais da abundância relativa de organismos infestados (I) e não-infestados (U) nas estações E2 e E3 no período de Novembro de 2011 à Maio de 2012, sendo N: Novembro; D: Dezembro; J: Janeiro; F: Fevereiro; M: Março; A: Abril; M: Maio).

Com o aparecimento do epibiontes, a densidade do zooplâncton diminuiu abruptamente na Estação 2 e 3. Em abril, o número de infestação epibionte foi baixa em todos os grupos de zooplâncton, no entanto, os rotíferos foram os mais afetadas (Figura 3). Em Maio, as infestações epibiontes não foram observadas, e as densidades de copepodes e cladóceros aumentaram significativamente ($p < 0,05$).

Relações diretas e significativas foram observadas entre a prevalência do epibionte e as concentrações de amônia ($r_p=0.36$; $p<0.05$) e SRP ($r_p=0.54$; $p<0.05$), e densidades de rotíferos ($r_p=0.84$; $p<0.05$).

4. DISCUSSÃO

As condições eutróficas do Reservatório Bodocongó evidenciaram a baixa qualidade de água. A alta entrada de nutrientes provavelmente provém da densa população urbana ribeirinha ao longo do reservatório, o qual recebe seus efluentes domésticos e industriais.

O zooplâncton do reservatório apresentou baixa riqueza de espécies, e se constituiu principalmente de rotíferos, seguido por copépodos e cladóceros. A estrutura é similar ao encontrado em alguns reservatórios na região semiárida do Brasil (Bouvy et al., 2000, 2001; Souza et al., 2008). Copépodos calanoida e rotíferos são componentes importante do zooplâncton em reservatórios eutróficos da região, possivelmente pela sua capacidade de fragmentação de filamentos de cianobactérias (Bouvy et al., 1999) e o uso de pequenas colônias de cianobactérias como recurso alimentar.

Esse é o primeiro registro do epibionte *C. simplex* na região semiárida. Esta infestação nos organismos zooplanctônicos ocorreu apenas em Março e em poucos organismos em Abril, embora o fator que favoreceu a ocorrência dessa alga seja desconhecido. Infestações mais severas do epibionte foram observadas quando as espécies de zooplâncton que eles colonizavam foram mais abundantes (Prasad et al., 1989; Mohlenberg & Kaas, 1990). Neste estudo, a infestação do epibionte foi relacionada com a alta densidade de rotíferos, similar ao observado por Threlkeld et al. (1993) e Regali-Selegim (2004).

Na literatura, poucos estudos tem descrito relações de epibiontes em rotíferos (Regali-Selegim & Godinho, 2004). Os epibiontes estão provavelmente associados com a alta densidade de rotíferos, que dessa forma, aumentam a superfície de aderência disponível para colonização. A falta de relatos de infestações em populações de rotíferos pode ser devido à

baixa densidade de rotíferos no plâncton marinho, onde as epibiosis foram mais estudadas (Regali-Selegim & Godinho, 2004).

Vários estudos têm demonstrado que as concentrações de nutrientes na água mostram não haver correlação com as infestações dos epibiontes (Green, 1974; Kankaala & Eloranta, 1987; Willey et al., 1990, Chiavelli et al., 1993, Lagus & Lindholm, 2000, Dubovskaya et al., 2005; Zalocar et al., 2011). Entretanto, em Bodocongó, a prevalência de epibionte foi correlacionada com as concentrações de amônia, além disso os epibiontes são frequentemente relacionados com a coexistência de florações de cianobactérias (Gavieskii et al., 2004, Dubovskaya et al., 2005). Neste estudo, o epibionte foi relacionado em Março com a alta entrada de amônia e SRP no reservatório, sugerindo que a infestação foi favorecida pelo aumento das concentrações dos nutrientes.

No presente estudo *C. simplex* foi encontrado em todos os táxons do zooplâncton, mas foi fortemente seletivo para o gênero *Brachionus*. Isto parece indicar que a infestação foi associada com a superfície de aderência disponível oferecido por cada grupo (o tamanho do hospedeiro, a área disponível e a densidade). Locais específicos de ligação no organismo (substrato) podem aumentar os benefícios para o epibionte, colocando-o mais próximo dos alimentos em correntes resultantes da atividade de filtração do hospedeiro (Green, 1974; Chiavelli et al., 1993; Willey et al., 1993).

As maiores densidades de rotíferos em comparação com copépodes e cladóceros explique a maior porcentagem de rotíferos infestados pelos epibiontes. Diminuições consideráveis na densidade de zooplâncton foram observadas após a infestação do epibionte, provavelmente em resposta aos efeitos negativos sobre o hospedeiro, incluindo a diminuição da fecundidade e aumento da susceptibilidade à predação (Green, 1974; Henebry & Ridgeway, 1979; Threlkeld & Willey, 1993; Stirnadel & Ebert, 1997; Evans et al., 1979; Willey et al., 1990; Chiavelli et al., 1993; Weissman et al., 1993; Wahl et al., 1997).

No reservatório Bodocongó a ocorrência da infestação da alga *C. simplex* no zooplâncton indicou que esta pode desempenhar um papel-chave na regulação da população de rotíferos e conseqüentemente alterar a direção e intensidade das relações tróficas. No entanto, as condições que levam ao aparecimento desta alga ainda não são claras.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABÍLIO, F. J. P., FONSECA-GESSNER, A. A., LEITE, R. L., & RUFFO, T. L. M. 2006, Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados a macrófitas *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semiárido paraibano. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, no. 1, p: 165-178.

ALLEN, Y. C., STASIO, B. T. & RAMCHARAN, CW. 1993, Individual and population level consequences of an algal epibiont on *Daphnia*. *Limnology and Oceanography*, vol. 38, no. 3, p. 592-601.

APHA. 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC.: American Public Health Association. 1220p.

BAKER, P. 1991. Urban Water Research Association of Australia. Identification of Common Noxious Cyanobacteria, Part1: Nostocales. Australian Centre for Water Treatment and Water Quality Research. Research Report 29. Melbourne and Metropolitan Board of Works.

BAKER, P. 1992. Urban Water Research Association of Australia. Identification of Common Noxious Cyanobacteria, Part2: Chroococcales, Oscillatoriales. Australian Centre for Water Treatment and Water Quality Research. Research Report 46, Melbourne Water Corporation.

BAREA-ARCO J., PÉREZ-MARTÍNEZ, C. & MORALES-BAQUERO, R. 2001, Evidence of a mutualistic relationship between an algal epibiont and its host, *Daphnia pulex*. *Limnology and Oceanography*, vol. 46, no. 4, p. 871–881.

BOUVY, M., MOLICA, R., OLIVEIRA, S., MARINHO, M. & BEKER, B. 1999, Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology*, vol. 20, p. 285-297.

BOUVY, M., FALCÃO, D., MARINHO, M., PAGANO, M. & MOURA, A. 2000, Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology*, vol. 23, p. 13-27.

BOUVY, M., PAGANO, M. & TROUSSELIER, M. 2001, Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquatic Microbial Ecology*, vol. 25, p. 215-227.

CARVALHO, A. P., NETO, J. M. M., LIMA, V. L. A., SOUSA, R. F., SILVA, D. G. K. C. & ARAÚJO, F.A. 2008, Aspectos qualitativos da água do Açude de Bodocongó em Campina Grande – PB. *Engenharia Ambiental*, vol. 5, no. 2, p. 96-109.

CHESSON, J. 1978, Measuring preference in selective predation. *Ecology*, vol. 59, no. 2, p. 1-2 15.

CHESSON, J. 1983, The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. *Ecology*, vol. 64, p. 1297-1304.

CHIAVELLI, D. A., MILLS, E. L. & THRELKELD, S. T. 1993, Host preference, seasonality, and community interactions of zooplankton epibionts. *Limnology and Oceanography*, vol. 38, no. 3, p. 514-583.

DINIZ, C. R., BARBOSA, J. E. L., & CEBALLOS, B. S. O. 2006, Variabilidade Temporal (Nictemeral Vertical e Sazonal) das condições Limnológicas de Açudes do Trópico Semi-árido Paraibano. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, no. 1, p. 1-19.

DUBOVSKAYA, O. P., KLIMOVA, E. P., KOLMAKOV, VI., GAEVSKY, NA. & IVANOVA, E. A. 2005, Seasonal dynamic of phototrophic epibionts on crustacean zooplankton in a eutrophic reservoir with a cyanobacterial bloom. *Aquatic Ecology*, vol. 39, p. 167–180.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. 1997. Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil. Brasília: Universo. UCB.

ERBERN, R., LAJTNER, J., KLOBUEAR, G., MAGUIRE, I., LUCIA, A. & STAMBUK, A. 2002. Zooplankton reflecting the trophic state of the dam reservoir Modrac (Bosnia and Herzegovina). International conference on limnology of shallow lakes. Balantofured, Hungary, p. 51.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M., MENEZES, R., COSTA, I. S., PANOSSO, R. F., ARAÚJO, MF. & ATTAYDE, JL. 2007, Composição da comunidade zooplanctônica em reservatório eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecologia Brasiliensia*, vol. 11, no. 3, p. 410-421.

EVANS, M. S., SICKO-GOAD, L. M. & O.M.A.I.R., M. 1979, Seasonal occurrence of *Tokophrya quadripartita* (suctoria) as epibionts on adult *Limnocalanus macrurus* (copepoda: calanoida) in southeastern Lake Michigan. *Transactions of the American Microscopical Society*, vol. 98, p. 102–109.

FRUTOS, S. M., POI DE NEIFF, A. S. G. & NEIFF, J.J. 2009, Zooplankton abundance and species diversity in two lakes with different trophic states (Corrientes, Argentina). *Acta Limnológica Brasiliensia*. vol. 21, no. 3, p. 367-375.

GAEVSKII, N. A., KOLMAKOV, V. I., DUBOVSKAYA, O. P. & KLIMOVA, E. P. 2004. Interrelations of Epibiontic Microalgae and Crustacean Zooplankton under Conditions of a Blooming Eutrophic Water Body. *Russian Journal of Ecology*, vol. 35, no. 1, p. 35–41. Translated from *Ekologiya*, no. 1, p. 43–50.

GREEN, J. 1974, Parasites and epibionts of Cladocera. *Transactions of the Zoological Society of London*. vol. 32, no. 4, p. 17-5 15.

GULATI, R. D. 1990. Zooplankton structure in the Loosdrecht lakes in relation to trophic status and recent restoration measures. *Hydrobiologia*, vol. 191, p. 173-188.

HENEGBRY, M. S. & RIDGEWAY, B. T. 1979, Epizoic ciliated protozoa of planktonic copepods and cladocerans and their possible use as indicators of organic water pollution. *Transactions of the American Microscopical Society*, vol. 98, p. 495-508.

HILLBRICHT-ILKOWSKA, A. 1983, Response of planktonic rotifers to the eutrophication process and to the autumnal shift of blooms in Lake Biwa, Japan. I. Changes in abundance and composition of rotifers. *Japanese Journal of Limnology*, vol. 44, no. 2, p. 93-106.

KANKAALA, P. & ELORANTA, P. 1987, Epizoic ciliates (*Vorticella* sp.) compete for food with their host *Daphnia longispina* in a small polyhumic lake. *Oecologia*, vol. 73, p. 203-206.

KOMAREK, J. & AGNOSTIDIS, K. 1986, Modern approach to the classification system of cyanophytes 2-chroococcales. *Archives of Hydrobiology Algol Studies* vol. 43 (Suppl 73), p. 157-226.

KOSTE, W. 1978. Rotatoria: Die Rädertiere Mitteleuropas Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt. *Überordnung Monogonta*. 2. Berlin, Gebrüder Borntraeger. p. 637.

LAGUS, A. & LINDHOLM, T. 2000, Occurrence of the euglenoid epibiont, *Colacium* sp. on the rotifer *Keratella cochlearis* Gosse in coastal inlets in Åland, SW Finland. *Archiv fuer Hydrobiologie*. vol. 149, p. 489-500.

LEITE, C. R. 1979. Chlorococcales (Chlorophyceae) do estado de São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo. São Paulo. p. 410

LOPEZ, C., OCHOA, E., PAEZ, R. & THEIS, S. 1998, Epizoans on a tropical freshwater crustacean assemblage. *Marine & Freshwater Research*, vol. 49, p. 271–276.

MANLY, B. F. J. 1974, A model for certain types of selection experiments. *Biometrics* vol. 30 no. 28, p. 1-294.

MØHLENBERG, F. & KASS, H. 1990, *Colacium vesiculosum* Ehrenberg (Euglenophyceae), infestation of planktonic copepods in the western Baltic. *Ophelia*, vol. 31, p. 125-132.

PRASAD, A. K. S. K., LIVINGSTON, R. J. & RAY, G. L. 1989, The marine epizoic diatom *Falcula hyaline* from Choctawhatchee Bay, the northeastern Gulf of Mexico: Frustule morphology and ecology. *Diatom Research* vol. 4, p. 119–129.

REGALI-SELEGHIM, M. H. & GODINHO, M. J. L. 2004, Peritrich epibiont protozoans in the zooplankton of a subtropical shallow aquatic ecosystem (Monjolinho Reservoir, São Carlos, Brazil). *Journal of Plankton Research*, vol. 26, no. 5, p. 501–508.

REID, J. W. 1985, Chave de Identificação e lista de referência bibliográficas para as espécies continentais sul-americanas de vida livre da ordem cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Boletim Zoologia da Universidade de São Paulo*, vol. 9, p. 17–143.

RUTTNER-KOLISKO, A. 1974. Plankton Rotifers. Biology and taxonomy (Monogononta). Buchhandlung Stuttgart: Schweizerbart'sche verlags, p. 146.

SANTOS, T. G., GUSMÃO, L. M. O., NEUMANN-LEITÃO, S. & CUNHA, A. G. 2009, Zooplâncton como indicador biológico da qualidade ambiental nos estuários dos rios Carrapicho e Botafogo, Itamaracá – PE. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, vol. 4, no. 1, p. 44-56.

SILVA, E. N. S., ROBERSTON, B. A., REID, J. L. W. & HARDY, E. R. 1989, Atlas de copepods planctônicos, Calanoida e Cyclopoida (Crustacea), da Amazônia Brasileira. I. Represa de Curuá-Una, Pará. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 6, no. 4, p. 725–758.

SOUZA, W., ATTAYDE, J. L., ROCHA, E. & ESKINAZI-SANT'ANNA. 2008. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Plankton Research*, vol. 30, p. 699-708.

STIRNADEL, H. A. & EBERT, D. 1997, Prevalence, host specificity and impact on host fecundity of microparasites and epibionts in three sympatric *Daphnia* species. *Journal of Animal Ecology*, vol. 66, p. 212–222.

TELL, G. & CONFORTI, V. T. D. 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. Stuttgart: J. Cramer. 301p. (Bibliotheca Phycologica, 75).

THRELKELD, S. T., CHIAVELLI, D. A. & WILLEY, R. L. 1993, The Organization of Zooplankton Epibiont Communities. *Tree* vol. 8, no. 9, p. 317-321.

UTERMÖHL H. 1958, Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik Mitteilungs. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, vol. 9, p. 1-38.

WAHL, M., HAY, M. E. & ENDERLEIN, P. 1997. Effects of epibiosis on consumer-prey interactions. *Hydrobiologia*, vol. 355, p. 49–59.

WEISSMAN, P., LONSDALE, D. J. & YEN, J. 1993, The effect of peritrich ciliates on the production of *Acartia hudsonica* in Long Island Sound. *Limnology and Oceanography*, vol. 38, p. 613–622.

WILLEY, R. L. & THRELKELD, S. T. 1993, Organization of crustacean epizoan communities in a chain of subalpine ponds. *Limnology and Oceanography*, vol. 38, no. 3, p. 623-627.

WILLEY, R. L., CANTRELL, P. A. & THRELKELD, S. T. 1990, Epibiotic euglenoid flagellates increase the susceptibility of some zooplankton to fish predation. *Limnology and Oceanography*, vol. 35, no. 4, p. 952-959.

WILLEY, R. L., WILLEY, R. B. & THRELKELD, S. T., 1993. Planktivore effects on zooplankton epibiont communities: Epibiont pigmentation effects. *Limnology and Oceanography*, vol. 38, no. 8, p. 1818-1822.

YILDIZ, S., ALTINDAG, A. & ERGÖNÜL, M. B. 2007, Seasonal fluctuations in the zooplankton composition of a eutrophic lake: Lake Marmara (Manisa, Turkey). *Turk Journal of Zoology*. vol. 31, p. 121-126.

XU, Z. 1992. The Abundance of Epizoic Ciliate *Epistylis daphniae* Related to Their Host *Moina macrocopa* in an Urban Stream. *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 60, p. 197-200.

XU, Z. & BURNS, C. W. 1991, Effects of the epizoic ciliate, *Epistylis daphniae*, on growth, reproduction and mortality of *Boeckella triarticulata* (Thomson) (Copepoda:Calanoida). *Hydrobiologia*, vol. 269, no. 3, p. 183-190.

ZALOCAR, Y., FRUTOS, S. M., CASCO, S. L., FORASTIER, M. E. & VALLEJOS, S. V. 2011, Prevalence of *Colacium vesiculosum* (Colaciales: Euglenophyceae) on planktonic crustaceans in a subtropical shallow lake of Argentina. *Revista Biología Tropical Internacional Journal of Tropical Biology and Conservation*, vol. 59, no. 3, p. 1295-1306.

ANEXO I: Artigo a ser submetido

Relationship of epibiontic *Colacium simplex* (EUGLENOPHYCEAE) and
zooplankton in a reservoir in semi-arid northeastern Brazil

Gustavo C. Moura^{1,*}, Janiele F. Vasconcelos², José Etham L. Barbosa³, Sanda Maria Silva⁴

^{1*} Laboratório de Ecologia Aquática, Universidade Estadual da Paraíba. C.P 351, 58429-500, Campina Grande, PB. Brazil. *Corresponding author: gustavocorreia2@gmail.com. Phone: +55 83 8874-4743.

² Programa de pós-graduação em ecologia de Ambientes aquáticos (PEA), Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá . C.P 5790, 87020-900. Maringá, PR. Brazil.

³ Programa de pós-graduação em Ecologia e Conservação, Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba –C.P 351, 58429-500, Campina Grande, PB. Brazil.

⁴ Laboratório de Ecologia Aquática, Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba –C.P 351,58429-500, Campina Grande, PB. Brazil.

Abstract

We analyzed the relationship between the epibiontic alga *Colacium simplex* and the zooplankton community in a eutrophic urban reservoir in the semi-arid. Specimens were collected monthly in Bodocongó Reservoir (7°12'49.24" S 35°54'57.74" W) from November 2011 through May 2012, at three sampling stations along the reservoir. The 23 taxa of zooplankton recorded included rotifers (with 80.16% of densities), cladocerans (0.5%) and copepods (19.34%). *Colacium simplex* was observed as an epibiontic on zooplankton in March and April, occurring on 92.29% of rotifers, 53.41% of cladocerans and 45.63% of copepods. In March and April, the densities of the rotifer genera *Brachionus* and *Filinia* decreased significantly ($p < 0.05$), from 61.25% to 0.85% and from 7.29% to 1.95% of the zooplankton numbers, respectively. The occurrence of *C. simplex* was directly and significantly correlated with the concentrations of ammonia and soluble reactive phosphorus. This is the first finding of *C. simplex* on zooplankton in the semiarid region. The subsequent decline in zooplankton populations indicated that the alga may have negatively affected, possibly by reducing their reproductive and locomotor capacities and/or increasing the rate of predation by zooplanktivorous fish.

Key Words: urban reservoir; epibiont infestation; rotifers; semiarid region

Resumo

Nós analisamos a relação entre a alga epibionte *Colacium simplex* e a comunidade zooplanctônica em um reservatório urbano eutrófico no semiárido. A espécie foram coletadas mensalmente no Reservatório de Bodocongó (7°12'49.24" S 35°54'57.74" O) de Novembro 2011 à Maio de 2012, em três pontos de amostragem ao longo do reservatório. As 23 taxa de zooplâncton observadas incluíram rotíferos (com 80,16% da densidade), cladóceras (0,5%) e copépodes (19,34%). *Colacium simplex* foi observado em relação epibiônica com o zooplâncton em Março e Abril, ocorrendo em 92,29% dos rotíferos, 53,41% dos cladóceras e 45,63% dos copépodes. Em março e Abril, a densidade de dos gêneros de rotíferos *Brachionus* e *Filinia* decréscimo significante ($p < 0.05$), de 61,25% para 0,85% e de 7,29% para 1,95% no número de zooplâncton, respectivamente. A ocorrência de *C. simplex* foi diretamente e significativamente correlacionada com as concentrações de amônia e fósforo reativo solúvel. Este é o primeiro registro de *C. simplex* no zooplâncton na região semiárida. O subsequente declínio na população de zooplâncton indica que a alga pode ter efeito negativo, possivelmente pela redução de sua taxa de reprodução e capacidade de locomoção e/ou aumento da taxa de predação por peixes zooplânctívoros.

Palavras-chaves: Reservatório urbano, infestação epibionte, rotíferos, região semiárida.

Introduction

The zooplankton is one of the best known aquatic communities, due to its importance in matter and energy dynamics in aquatic ecosystems and sensitivity to environmental changes (Anna, 2007; Santos et al., 2009). The high zooplankton abundances observed in eutrophic lakes are influenced by the high rotifer populations, which increase in warmer water; and the presence of cyanobacterial blooms (Hilbricht-Ilkowska, 1983; Gulati, 1990; Erben et al., 2002; Yildiz et al., 2007; Loureiro et al., 2011).

Epibiotic algae develop on the exoskeleton of zooplanktonic organisms. However, the distribution of microalgal epibionts and their population dynamics and regulating factors are little studied (Carman and Dobbs, 1997; Lagus and Lindholm, 2000; Regali-Selegim and Godinho, 2004), and their roles in lake ecosystems, such as their interactions with crustaceans, are virtually unknown (Dubovskaya et al., 2005; Threlkeld et al., 1993; Zalocar et al., 2011).

Rotifers, copepods, cladocerans and protozoa may bear small epibiont or ectobiont organisms such as bacteria, fungi, algae, protozoa or rotifers adhered to their body surface (Regali-Selegim and Godinho, 2004). Epibionts may affect the life history of their substrate organisms by competing for food, impeding respiration (Green, 1974; Allen et al., 1993; Kankaala and Eloranta, 1987) hampering locomotion (Henebry and Ridgeway, 1979), increasing susceptibility to predation (Kankaala and Eloranta, 1987; Green, 1974), decreasing fecundity (Willey et al., 1990; Threlkeld and Willey, 1993), and decreasing survival ability (Willey et al., 1990; Xu and Burns, 1991; Allen et al., 1993).

Although the first reports of epibionts were made long ago, not much is known about the colonization of zooplankton by epibionts in tropical and subtropical systems (Lopez et al., 1998; Regali-Selegim and Godinho, 2004; Zalocar et al., 2011), and we could locate no publications on epibiont infestations in aquatic systems of semi-arid regions.

This study determined the density, prevalence and preferred zooplankton hosts of the epibiont *Colacium simplex* Huber-Pestalozzi in the zooplankton community, and its relationship with environmental variables in a semi-arid urban reservoir.

Material and Methods

Description of the Study Area

The study was conducted in an urban reservoir, Bodocongó (7°13'11" S, 35°52'21" W) located in the Brazilian semi-arid northeastern region (Figure 1) at an altitude of 508 m above sea level. The reservoir occupies an area of 352,720 m², with a mean depth of 4.5 m, and a capacity of approximately 1,019,830 m³. Reflecting the eutrophic status and lack of riparian vegetation in Bodocongó, about 53% of its total surface area is covered by the macrophyte *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Historically, the first limnological studies in Brazil were carried out in the Bodocongó Reservoir, which is considered today the birthplace of limnology in this country. The regional climate is BSwH according to the Köppen classification, warm semi-arid with a 7-9 month dry season. The annual mean temperature is between 28 and 31°C and precipitation is about 700 mm/year.

Figure 1: Location of the study area. Sampling stations are indicated by “•” on the map.

Sample collection

Samples were taken monthly from November 2011 through May 2012. Environmental variables were measured, and phytoplankton and zooplankton samples were taken at four depths within the euphotic zone, according to light attenuation by Secchi disk (100%, 50%, 1% and 0% of luminosity) and combined into one sample only station 2, at three fixed sites (Figure 1): upstream (S1), in the deepest region of the reservoir (S2), and in the downstream section (S3).

Environmental variables evaluated were: water temperature, pH, dissolved oxygen was measured with multiparametric Sonda Horiba U-50 and water transparency (Secchi disk). Water samples were collected with Van Dorn (5L) bottle and stored in PVC bottles precleaned with distilled water, and kept in ice for transportation to the laboratory, where they were frozen. Nutrients (ammonia, nitrite, nitrate, total nitrogen, soluble reactive phosphorus and total phosphorus) were analyzed according to APHA techniques (1995). Subsamples (300 mL) were preserved in Lugol's solution and observed under an inverted microscope, using five 25-mL sedimentation chambers for phytoplankton identification and quantification (Utermöhl, 1958). Phytoplankton genera and species were identified by distinguishing morphological characteristics (Komarek and Agnostidis, 1986; Baker, 1991, 1992). Zooplankton samples were collected through vertical hauls of the entire water column, filtering 100 L in Sta.1 site and 25 L in S2 and S3 sites, of water using plankton nets of 68 µm mesh. Organisms were preserved in 4% formalin. Zooplankton was counted in subsamples, in a Sedgwick–Rafter chamber at 100x magnification, under a Zeiss Axiovert 40C inverted microscope. The organisms were identified based on morphological characteristics according to literature descriptions (Ruttner-Kolisko, 1974; Koste, 1978; Reid, 1985; Silva et al., 1989; Elmoor-Loureiro, 1997).

Data Analyses

Substrate taxa were not all present in the same densities and the resulting differences in epibiont encounter rates for each taxon might affect epibiont prevalence. The Manly-Chesson selectivity index (Manly, 1974; Chesson, 1978) adjusts for the relative abundance of different substrate taxa and was used to determine substrate species preference.

$$a_i = \frac{(r_i/n_i)}{\sum_{j=1}^m r_j/n_j};$$

m is the number of zooplankton groups presente, r_i the density of taxon I with epibionts, and n_i the density of taxon i . Because a_i is a function of the number of zooplankton groups present,

and the number of groups varied between sampling dates, selectivity values were converted to electivity values according to Chesson (1983):

$$ei = (mai - 1)/[(m - 2)ai + 1],$$

for $i = 1, 2, \dots, m$.

The electivity index ranges from -1 for complete avoidance to 1 for total preference; zero indicates neutral preference. Electivity values were determined for each sampling date when epibiont prevalence was $\geq 5\%$.

The resulting values were submitted to a basic descriptive statistical analysis: arithmetic mean and standard deviation with a one-way Analysis of Variance (ANOVA). Pearson's coefficient of correlation was calculated among all variables. All statistical analyses and graphs were constructed with the use of Statistica 7.0. The level of significance was set at $p < 0.05$.

Results

Analysis of the physical and chemical variables by the ANOVA test showed no significant differences among the sampling stations (Table 1). The reservoir was mixed, and the temperature remained at approximately 28°C at all sites. Dissolved-oxygen concentrations were low. pH levels were alkaline to neutral, showing little variation among the sampling stations. Light penetration was low at S1 and moderate at S3. The reservoir is eutrophic, with high phosphorus and nitrogen concentrations. Nutrient conditions were similar throughout the study period, except for increases in ammonia (Figure 2A) and SRP (Figure 2B) in March and April.

Table 1: Physical and chemical variables measured in Bodocongó Reservoir

Figure 2: Variation of ammonia concentrations (A) and soluble reactive phosphorus (B) in Bodocongó Reservoir

The phytoplankton community was represented by 35 taxa from the following divisions: Cyanobacteria (11), Chlorophyceae (9), Bacillariophyceae (6), Euglenophyceae (6), Zygnemaphyceae (2) and Chlamydothricaceae (1). In the river station, the phytoplankton was dominated by the green alga *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komàrková-Legnerová in November and December 2011, the euglenoid *Phacus longicauda* (Ehrenberg) Dujardin in January, February and April 2012, and the diatom *Cyclotella meneguiana* Kützing in March 2012. At stations S2 and S3 the euglenoid *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg was dominant in November 2011 and March 2012, the diatom *C. meneguiana* in December/2011 and the cyanobacterium *Planktolyngbia* sp. in January-February and April-May 2012.

The proportion and composition of the zooplankton organisms are shown in Table 2. Rotifers dominated the plankton (80.16% of the total zooplankton) at all sampling stations, followed by copepods (19.34%) and cladocerans (0.5%).

Table 2: Composition and proportion of zooplankton groups in Bodocongó Reservoir at three sampling stations, from November 2011 through May 2012

Significant differences were observed for the density of the zooplankton community only at S2 (Figure 3A). The highest zooplankton densities were observed in March, with dominance of copepodites at E1 and the rotifer genus *Brachionus* at S2 and S3 (Figure 3B). In April the densities of some species decreased, especially of the genera *Brachionus*, from 61.25% to 0.85%; and *Filinia*, from 17.29% to 1.95%; however, the densities of copepods

(*Thermocyclops decipiens* Lowndes, 1934) and cladocerans (*Moina minuta* Hansen, 1899) increased.

Figure 3: Abundance of zooplankton groups in Bodocongó Reservoir at three sampling stations, from November 2011 through May 2012

The epibiont *Colacium simplex* was observed on rotifers, cladocerans and copepods, in March and April 2012, but only at stations S2 and S3. The density of infested (I) was higher than uninfested (U) organisms of all groups (Figure 4), and *C. simplex* was found colonizing all life stages (eggs, nauplii, copepodids and adults), as well as all body parts, except for the appendages. The epibiont host preference was calculated for each taxon, monthly (Table 3). The electivity index was positive for all taxa in March, but the number of epibionts was highest for rotifers, followed by cladocerans and copepods (Table 3). In April the electivity index was positive only for rotifers; epibionts were also found on copepods, but had negative electivity for them, and completely avoided the other taxa. Among the rotifers with the epibiont, *Brachionus caudatus* was the most frequently infested, followed by *Brachionus falcatus* and *Filinia terminalis*.

Table 3: Zooplankton taxa infested by *Colacium simplex* in Bodocongó Reservoir, and host preference

Figure 4: Temporal variations of relative abundance of density in infested (I) and uninfested (U) Rotifera, Copepoda and Cladocera

With the appearance of epibionts, zooplankton density decreased abruptly. In April, the epibiont density was low for all zooplankton groups, but the rotifers were most affected

(Figure 3). In May, no epibionts were observed, and the densities of copepods and cladocerans increased significantly ($p < 0.05$).

Direct and significant relationships were observed between epibiont prevalence and concentrations of ammonium ($r_p = 0.36$; $p < 0.05$) and SRP ($r_p = 0.54$; $p < 0.05$), and rotifer densities ($r_p = 0.84$; $p < 0.05$).

Discussion

The trophic conditions of the Bodocongó Reservoir evidenced poor water quality. The high input of nutrients is probably due to the dense urban population surrounding the reservoir, which receives sewage and industrial wastes.

The zooplankton in the reservoirs had low species richness, and consisted mainly of rotifers, followed by copepods and cladocerans. This structure is similar to that found in many reservoirs in the Brazilian semi-arid region (Bouvy et al., 2000, 2001; Souza et al., 2008). Calanoid copepods and rotifers are important components of the zooplankton in eutrophic reservoirs in this region, possibly for their capacity to fragment cyanobacterial filaments (Bouvy et al., 1999) and use small colonial cyanobacteria as a food resource.

This is the first record of the epibiont *C. simplex* in the semiarid region. This infestation of zooplankton occurred only in March and on a few organisms in April, although the factors that favored the occurrence of this alga are unclear. Heaviest infestations of epibionts have often been observed when the zooplankton species that they occupied were most abundant (Prasad et al., 1989; Mohlenberg and Kaas, 1990). In this study, the epibiont infestation was related to a high density of the zooplankton community, in agreement with other studies (Threlkeld et al., 1993; Regali-Selegim, 2004) which concluded that considerable variation exists in the relationship between the epibiont prevalence and abundance of the zooplankton substrate organisms (Table 3).

In the literature, few studies have dealt with epibionts on rotifers (Regali-Selegim and Godinho, 2004). Epibionts were probably associated with high rotifer densities, which increases the available adhesion surface. The lack of reports of infestations in rotifer populations may be due to the low rotifer density in the marine plankton, where epibiosis has been most often studied (Regali-Selegim and Godinho, 2004).

Most studies have demonstrated that the nutrient concentration in the water showed no correlation with the epibiont infestation (Green, 1974; Kankaala and Eloranta, 1987; Willey et al., 1990, Chiavelli et al., 1993, Lagus & Lindholm, 2000, Dubovskaya et al., 2005; Zalocar et al., 2011). However, in Bodocongó, epibiont prevalence was correlated with ammonium, and epibionts have frequently been reported as co-existing with cyanobacterial blooms (Gavieskii et al., 2004, Dubovskaya et al., 2005). In this study, the epibiont was recorded in March when inputs of ammonium and SRP into the reservoir were high, suggesting that the infestation was favored by an increase in nutrients.

In the present study, *C. simplex* was found on all zooplankton taxa, but was strongly selective toward *Brachionus*. This seems to indicate that the infestation was associated with the available adhesion surface offered by each group (host size and available area). *C. simplex* appeared less frequently on the appendices of *Brachionus*. Specific attachment locations on the substrate organism may increase benefits to the epibiont, by placing it closer to food in currents resulting from the filtration activity of the host (Green, 1974; Chiavelli et al., 1993; Willey et al., 1993).

The higher densities of rotifers compared with copepods and cladocerans may perhaps explain the higher percentage of rotifers found with epibionts. However, epibiosis was proportionally more important in the rotifer populations. Considerable decreases in zooplankton densities and numbers of specimens are observed after epibiont infestations, probably in response to the negative effects on the host, including decreased fecundity and

increased susceptibility to predation (Green, 1974; Henebry and Ridgeway, 1979; Threlkeld and Willey, 1993; Stirnadel and Ebert, 1997; Evans et al., 1979; Willey et al., 1990; Chiavelli et al., 1993; Weissman et al., 1993; Wahl et al., 1997).

In the Bodocongó Reservoir the occurrence of *C. simplex* infestation on zooplankters indicated that this alga can play a key role in the regulation of the rotifer population and consequently change the direction and intensity of trophic relationships. However the conditions that lead to the appearance of this alga are still unclear.

Acknowledgments

The authors are grateful to the Universidade Estadual da Paraíba for financial support (PROPESQ/UEPB), to researchers of the Laboratório de Ecologia do Fitoplancton at the Universidade Estadual de Maringá for assistance in identifying *Colacium simplex*, and to CNPq for scholarships granted to the first and second authors.

ANEXO II: Instruções para publicação na revista *Limnética*

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Ámbito de publicación de *Limnética*

Limnética publica artículos originales de investigación sobre la ecología de las aguas continentales. El ámbito de publicación de *Limnética* incluye la ecología de ríos, lagos, embalses, lagunas costeras, zonas húmedas, biogeoquímica, paleolimnología, desarrollo de metodologías, taxonomía, biogeografía y todos los aspectos de la ecología acuática continental teórica y aplicada como gestión y conservación, evaluación de impactos, ecotoxicología y contaminación. Por este motivo *Limnética* aceptará para su publicación artículos científicos presentando avances del estado del conocimiento, de desarrollo tecnológico así como los que resulten de aplicaciones prácticas novedosas en las especialidades de interés de la revista.

Se aconseja a los autores incluir sus datos sobre distribución de especies, en una base de datos de público acceso como la "National Global Biodiversity Information Facility (GBIF)" (www.gbif.org), o en una de las bases incluidas en GBIF, como BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu)

Los manuscritos enviados a *Limnética* requerirán que los autores confirmen que el trabajo no ha sido publicado o aceptado para su publicación de forma parcial o totalmente, ni se ha enviado para considerar su publicación en ninguna otra revista.

Presentación de manuscritos

Los autores interesados deberán enviar un manuscrito vía e-mail al Editor de la revista (munoz@ub.edu). La copia en soporte informático estandarizado incluirá un fichero único con el texto, las tablas y las figuras según las presentes normas de publicación. Este fichero estará en un editor de textos compatible con un ordenador tipo PC (preferentemente Word, o programa compatible).

El formato de página será A4 y los textos se presentarán a doble espacio. Los artículos no sobrepasarán las 6 000 palabras en el texto ni 25 hojas impresas (incluidas figuras y tablas) y podrán estar escritos en castellano o en inglés. Excepcionalmente, y previa consulta con el Editor, las largas listas de especies, anexos e información adicional podrán ser publicados en la web de la revista. No se aceptarán aquellos trabajos que no cumplan las presentes instrucciones de publicación.

El Comité Editorial de *Limnética* decidirá sobre la publicación o no de los trabajos recibidos, e informará de ello a los autores. Los autores recibirán antes de su publicación una copia de las primeras pruebas de imprenta de su trabajo para su corrección. Una vez publicado el trabajo, el autor responsable de la publicación recibirá una copia en formato pdf.

Estructura del manuscrito

Todas las palabras en MAYÚSCULAS se acentuarán, tanto en el TÍTULO como en los apartados (INTRODUCCIÓN, BIBLIOGRAFÍA, etc.).

La primera página del manuscrito ha de contener los siguientes apartados:

- Título en mayúsculas.
- Relación de autores con indicación del autor responsable a efectos de la correspondencia. Se deberá indicar expresamente la dirección e-mail de dicho autor.
- Dirección postal completa de los autores.
- Título abreviado.

La segunda página incluirá el Resumen en castellano, palabras clave, el Abstract en inglés y keywords. Tanto el Resumen como el Abstract no deberán sobrepasar las 400 palabras y deberán incluir el título del trabajo en el idioma correspondiente.

Las siguientes páginas se ordenarán en apartados que se estructurarán al estilo científico. Los apartados y párrafos del texto comenzarán sin sangrado. Se acentuarán las mayúsculas en todos los casos.

Los apartados se escribirán sin numerar y se escalarán según el siguiente formato:

Apartado primario.- Mayúsculas y en negrita (INTRODUCCIÓN).

Apartado secundario.- Minúsculas y en negrita.

Apartado terciario.- *Itálica*.

Apartado de cuarto nivel.- Letra normal subrayada.

Siguientes niveles.- numéricos (1), (1.1), (1.1.1), etc.

Las Tablas constituyen una de las partes más costosas en tiempo y presupuesto por lo que se ruega se preparen procurando ocupar el mínimo espacio posible. Las tablas pueden tener la anchura de una columna (8 cm) o dos columnas (16 cm) y su longitud no puede exceder de 25 cm. Se incluirán al final del manuscrito y tendrán numeración arábiga. En el texto siempre se citarán de forma completa (p.e. Según se puede ver en la Tabla 6... o, Los datos (Tabla 6) indican que..., etc.) y nunca en forma abreviada –Tab. 6 o tab. 6. Las leyendas de las tablas se presentarán en castellano e inglés y se incluirán en el mismo apartado que el texto de las figuras. No deberán usarse líneas verticales y los encabezamientos de las columnas deberán ser breves. Se prestará particular atención en no publicar tablas que dupliquen información que ya está en forma de figuras.

Las figuras tendrán numeración arábiga con el texto explicativo en el pie. El texto incluirá la versión en castellano y en inglés. Las figuras pueden ir a tres tipos de caja de texto: 8, 12.5 y 16 cm. Los autores procurarán que los originales tengan el tamaño de letra y el grosor de línea necesario para que al reducirse puedan ser interpretables y legibles. No se aceptarán figuras que no cumplan este requisito.

Los pies de figura, junto con los encabezamientos de las tablas, estarán en una página aparte situada inmediatamente después de la bibliografía y antes de las tablas y figuras.

Las citas de las figuras en el texto se harán de forma completa y en minúscula cuando se inserte dentro del texto de un párrafo (p.e. En la figura 1 se indica la situación de los puntos de muestreo). Por el contrario, se citará de forma abreviada y en mayúscula cuando esté entre paréntesis y no relacionada directamente con el texto del párrafo [p.e. Las muestras se han recogido en cinco estaciones distribuidas a lo largo del río (Fig. 1) y con una periodicidad mensual].

Las unidades se expresarán preferiblemente en el Sistema Internacional (SI) con los símbolos en forma abreviada cuando vayan precedidos de una expresión numérica. Cuando se exprese un valor como combinación de dos unidades éstas se indicarán con el signo aritmético correspondiente p.e. m/s, mol/m³, pero para más de dos unidades se usarán exponentes, p.e. mgC m⁻² h⁻¹ μmol m⁻² s⁻¹.

Las cantidades con decimales se expresarán con un punto (4.36), los miles con cuatro números, sin ninguna separación o símbolo (4392) y para valores iguales o superiores a las decenas de mil se intercalarán blancos separando los miles (13 723 o 132 437). Siempre que sea posible se indicarán los números con notación exponencial decimal con el mínimo posible de decimales (13.7 · 10³, 13.2 · 10⁴).

La BIBLIOGRAFÍA se ordenará al final del texto, alfabéticamente y cronológicamente para cada autor, según las pautas siguientes:

• Revistas:

RUEDA, F. J., E. MORENO-OSTOS & J. ARMENGOL. 2006. The residence time of river water in reservoirs. *Ecological Modelling*, 191: 260-275.

IBISATE, A., A. OLLERO & J. DÍEZ. 2011. Influence of catchment processes on fluvial morphology and river habitats. *Limnética*, 30 (2): 169-182.

Titles of journals should not be abbreviated.

• Libro:

KALFF, J. 2002. *Limnology*. Prentice Hall. NJ. USA.

• Capítulo de libro:

SEAR, D. A. 2010. Integrating science and practice from the suitable management of in-channel salmonid habitat. In: *Salmonid Fisheries: Freshwater habitat management*. P.S. Kemp (ed.): 81-119. Wiley-Blackwell, Chichester. UK.

CASTRO, M., J. MARTÍN-VIDE & S. ALONSO. 2005. El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. In: *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático*. J. M. Moreno Rodríguez (ed.): 113-146. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, Spain.

• Congresos:

GEORGE, D. G. 2006. Using airborne remote sensing to study the mixing characteristics of lakes and reservoirs. Proceedings of the 10th European Workshop on Physical Processes in Natural Waters. June 26-28, 2006. Granada, Spain: 2001-207.

• Informes:

DOLZ, J. & E. VELASCO. 1990. *Análisis cualitativo de la hidrología superficial de las cuencas vertientes a la marisma del Parque Nacional de Doñana* (Informe Técnico). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, Spain.

• Tesis y Maestrías:

MORENO-OSTOS, E. 2004. *Spatial dynamics of phytoplankton in El Gergal reservoir (Seville, Spain)*. Ph.D. Thesis. University of Granada, Spain.

THOMPSON, K. L. 2000. *Winter mixing dynamics and deep mixing in Lake Tahoe*. Master's Thesis, University of California, Davis.

En el manuscrito se listarán únicamente los trabajos citados en el texto; en éste, las referencias se harán en minúsculas (Kalff, 2002; Dolz & Velasco, 1991; Rueda *et al.*, 2006). En ningún caso se aceptarán como referencias trabajos no publicados (p.e. en preparación) o aún no aceptados (p.e. enviado). Sí se podrán incluir citas de trabajos aceptados para su publicación (en prensa). Se recuerda la conveniencia de reducir al máximo las referencias bibliográficas de difícil consulta como informes, resúmenes a congresos, etc.