

# COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM RESERVATÓRIOS EUTRÓFICOS DO SEMI-ÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE

Eneida Maria Eskinazi-Sant'Anna<sup>1\*</sup>, Rosemberg Menezes<sup>2</sup>, Ivaneide Soares Costa<sup>2</sup>, Renata de Fátima Panosso<sup>2</sup>, Magnólia Florêncio Araújo<sup>2</sup> & José Luiz de Attayde<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Praia de Mãe Luiza, 59014-100, Natal, RN, Brazil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências, Campus Universitário. Lagoa Nova, 59072-970, Natal, RN, Brazil.

\*E-mail: eskinazi@ufnet.br

## RESUMO

A composição e abundância de espécies do zooplâncton foram investigadas em seis reservatórios eutróficos do Rio Grande do Norte, caracterizados por altas concentrações de fósforo total, elevada biomassa fitoplanctônica e dominância de cianobactérias. As amostragens foram realizadas nos períodos sazonais de seca, chuva e de transição. O zooplâncton apresentou padrões quantitativos também sugestivos de condições eutróficas, com densidades elevadas. Foi constatada ainda uma diferenciação espacial na composição da comunidade. Rotíferos (destacando-se *Keratella tropica*, *Brachionus havanensis* e *Keratella americana*) foram dominantes na comunidade zooplanctônica dos reservatórios Itans, Passagem das Traíras e Sabugi, enquanto copépodos Calanoida (especialmente *Notodiaptomus cearensis* e *Argyrodiaptomus* sp.) dominaram os reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Gargalheiras e Parelhas. Os resultados obtidos apontam para novas relações na composição da comunidade zooplanctônica em sistemas eutróficos do semi-árido tropical, incluindo a presença expressiva do zooplâncton herbívoro de grande porte como copépodos Calanoida, as quais precisam ser consideradas no estabelecimento de indicadores de condição de trofia de reservatórios.

**Palavras-chave:** Semi-árido, reservatórios, zooplâncton, composição, eutrofização.

## ABSTRACT

**ZOOPLANKTON COMPOSITION IN EUTROPHIC RESERVOIRS OF THE SEMI-ARID REGION OF RIO GRANDE DO NORTE STATE (Northeast Brazil).** Species composition and abundance of the zooplankton were studied in six eutrophic reservoirs of Rio Grande do Norte State, which showed high concentrations of total phosphorus, high phytoplankton biomass and dominance by cyanobacteria. Sampling was carried out during dry, rainy and transitional periods. Zooplankton also showed quantitative patterns suggestive of eutrophic conditions, expressed by high densities. Moreover it was observed a spatial differentiation in the composition of zooplankton community. Rotifers (specially *Keratella tropica*, *Brachionus havanensis* e *Keratella americana*) were the dominant forms in the zooplanktonic community of Itans, Passagem das Traíras and Sabugi reservoirs, while Calanoid copepods (mainly *Notodiaptomus cearensis*) dominated in Armando Ribeiro, Gargalheiras and Parelhas reservoirs. The results obtained point out to new relationships in the composition of zooplanktonic community in eutrophic reservoirs of the tropical semi-arid, including the occurrence of large-sized herbivorous zooplankton such as Calanoid copepods, which must be considered in the establishment of zooplanktonic indicators of eutrophic conditions in reservoirs.

**Keywords:** Semi-arid, reservoirs, zooplankton, composition, eutrophication.

## INTRODUÇÃO

Embora considerados de extrema importância para o desenvolvimento sócio-econômico regional, em função dos múltiplos usos associados, a maioria dos reservatórios da região semi-árida do nordeste brasileiro encontra-se em estado eutrófico ou hipereu-

trófico (Lazzaro *et al.* 2003). A eutrofização cultural representa uma das mais comuns e complexas perturbações as que estão submetidos os lagos e reservatórios em todo o mundo (Carpenter *et al.* 1998). E uma vez estabelecida, resulta em uma série de modificações no ambiente aquático e, conseqüentemente, em suas comunidades.

Mudanças drásticas na estrutura das comunidades e nas cadeias alimentares são observadas à medida que a eutrofização se estabelece (Pinto-Coelho 1998, Tundisi *et al.* 2006). Um dos mais drásticos efeitos associados à eutrofização são as florações de cianobactérias. Durante os eventos de floração, as cianobactérias podem formar grandes colônias ou agregados, que, em geral, são impalatáveis para a maioria dos herbívoros planctônicos, devido à interferência física direta nos aparatos de filtração (Webster & Peters, 1978, entre outros). Em função da sua composição química, as cianobactérias também são consideradas como nutricionalmente deficientes como alimento para o zooplâncton (Brett & Müller-Navarra 1997). Desta forma, mecanismos de controle ascendente (de baixo para cima) podem afetar profundamente as populações e comunidades zooplantônicas em sistemas eutróficos.

A comunidade zooplantônica pode ser considerada como um compartimento estratégico na dissipação energética dos ecossistemas aquáticos e na manutenção e orientação das teias tróficas aquáticas. O seu posicionamento na cadeia alimentar, com um alto grau de conexão com os produtores primários, o torna extremamente suscetível às mudanças estruturais ocorridas neste nível trófico inferior. Em função dos ciclos vitais rápidos, as alterações ocorridas na comunidade fitoplantônica são rapidamente espelhadas pelo zooplâncton, que passa a sinalizar a intensidade e as condições estabelecidas durante e após a consolidação destas perturbações. Além disso, o zooplâncton também apresenta forte vinculação com os níveis tróficos mais elevados da teia aquática (Soranno *et al.* 1985), sendo responsável por uma importante rota de transferência de energia dos produtores primários aos peixes. Todas essas características tornam a comunidade zooplantônica elemento-chave para o entendimento das modificações ocorridas em ecossistemas aquáticos devido à eutrofização, particularmente dos efeitos da dominância de cianobactérias sobre os herbívoros zooplantônicos e a propagação desses efeitos ao longo das cadeias alimentares aquáticas.

Apesar de sua inquestionável importância para a compreensão das modificações ecossistêmicas oriundas da eutrofização, de seu papel central na cadeia alimentar aquática e de seu potencial como comunidade indicadora de qualidade ambiental, são extremamente incipientes os estudos sobre o zooplâncton dos

reservatórios do semi-árido do Rio Grande do Norte. Desta forma, nós apresentamos nesse manuscrito, uma síntese dos resultados obtidos nos estudos sobre as comunidades zooplantônicas de seis reservatórios eutróficos do Rio Grande do Norte. Nosso principal objetivo foi identificar os principais fatores que influenciam a composição e abundância relativa de espécies zooplantônicas nesses reservatórios.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### AMBIENTES DE ESTUDO

Foram considerados neste estudo, 6 (seis) reservatórios situados na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu: Armando Ribeiro Gonçalves, Itans, Gargalheiras, Passagem das Traíras, Sabugi e Parelhas (Figura 1). O reservatório Armando Ribeiro Gonçalves é o maior (19.200ha) e mais profundo da bacia hidrográfica Piranhas-Assu (c. 40m de profundidade máxima), com volume de água acumulada superior a  $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ . O reservatório encontra-se circundado por áreas urbanas e de agricultura e tem grande importância para o abastecimento de água, pesca e outras atividades. Este reservatório apresenta condições pontuais de hipereutrofia, caracterizada pela elevada biomassa algal e florações recorrentes de cianobactérias tóxicas como *Microcystis aeruginosa*, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardii* (Costa *et al.* 2006, Eskinazi-Sant'Anna *et al.* 2006, Panosso *et al.* 2007).

Os ambientes de tamanho médio estudados foram os reservatórios Boqueirão de Parelhas (1,327ha; 29m de profundidade máxima), Itans (1,340ha; 23m de profundidade máxima), Passagem das Traíras (1,005ha; 25m de profundidade) e Sabugi (1,260ha; profundidade máxima de 20m). Esses reservatórios estão submetidos a usos múltiplos incluindo recreação e pesca e sofrem com a entrada de fontes difusas de matéria orgânica de efluentes domésticos e de agricultura. Como consequência, estão submetidos a uma intensa eutrofização, com eventual condição de hipereutrofia, caracterizada pela elevada biomassa algal (clorofila-a  $> 400 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e florações de *Microcystis* spp (Panosso *et al.* 2007).

Gargalheiras é o menor dos reservatórios estudados (780ha), com 25m de profundidade máxima. As condições eutróficas caracterizam-se pela eleva-

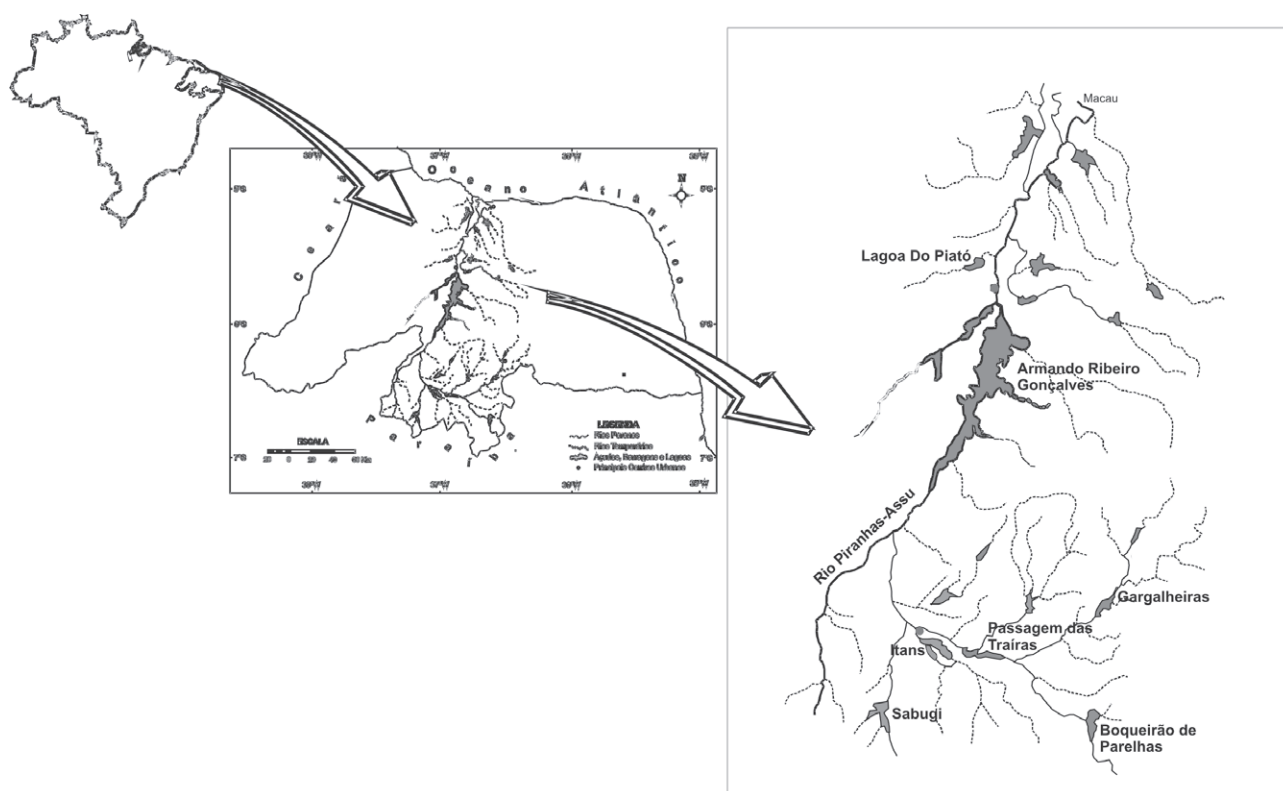


Figura 1. Localização dos reservatórios estudados no semi-árido do Rio Grande do Norte

da biomassa algal (biovolume total  $>100 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ) e florações esporádicas de cianobactérias tóxicas, especialmente de *P. agardii*, *C. raciborskii* e *Microcystis* spp. (Panosso *et al.* 2007).

#### AMOSTRAGEM E ANÁLISES LIMNOLÓGICAS

As coletas do zooplâncton foram efetuadas trimestralmente, abrangendo os períodos sazonais de seca (dezembro), chuva (abril) e interanual de transição (setembro), compreendidos entre os anos de 2002 a 2004. O zooplâncton foi coletado em dois pontos amostrais dos reservatórios: ponto A correspondendo à porção central dos reservatórios e ponto B na região próxima ao vertedouro (ambos na região limnética). Não foram constatadas diferenças significativas entre as densidades zooplanctônicas desses dois pontos amostrais (ANOVA,  $p > 0,05$ ), portanto, os valores médios de densidade zooplanctônica foram utilizados na nossa análise.

Para a análise da clorofila *a*, amostras superficiais de água (5L) foram obtidas com garrafa tipo Van Dorn e mantidas sob refrigeração até a filtração em campo. A extração da clorofila-*a* foi realizada utilizando-se etanol aquecido (Nusch 1980) e leitura em fluorímetro. Para a coleta de amostras destinadas

a análise do bacterioplâncton, 30ml das amostras integradas (sub-superfície e fundo) foram obtidos com o auxílio de uma proveta e fixadas no próprio local de coleta com formaldeído a 2% (concentração final), em frascos âmbar. As amostras foram estocadas em geladeira, a aproximadamente 4°C. Para a contagem dos microrganismos, sub-amostras (1-5mL) foram coradas com laranja de acridina (0,01%) e filtradas em bomba de vácuo em membrana preta de policarbonato (Millipore), com porosidade de 0,2µm. Posteriormente, o bacterioplâncton foi contado em microscópio de fluorescência, com aumento de 1250x. Pelo menos 300 células foram contadas por filtro. Os resultados obtidos são apresentados separadamente neste mesmo volume (Araújo & Costa 2007) e foram utilizados neste trabalho apenas nas análises de regressão com o zooplâncton.

As amostras de zooplâncton foram obtidas em réplicas (uma amostra para análise qualitativa e duas para a quantitativa), em arrastos integrados (verticais), utilizando-se rede de plâncton com 60µm de abertura de malha. As amostras foram inicialmente fixadas com lugol acético e a partir da coleta de setembro/03, fixadas com formol neutro a 4% e coradas com Rosa de Bengala. A análise qualitativa do microzooplâncton foi efetuada em microscópio óptico, em câmara de

Sedgwick-Rafter, enquanto para o mesozooplâncton (copépodos) foi utilizado o esteromicroscópio. Amostras contendo grande densidade de Cladocera foram analisadas em microscópio óptico comum, para facilitar a identificação dos morfotipos. A contagem dos organismos foi realizada até alcançar 200 indivíduos da espécie mais abundante, de modo que o coeficiente de variação alcançasse valor inferior a 20%. Os resultados das contagens estão expressos em abundância relativa (%) e densidade (Ind.L<sup>-1</sup>).

Em cada amostragem, a transparência da água foi medida com disco de Secchi. Nas amostragens de setembro de 2002 a setembro de 2003, parâmetros limnológicos foram obtidos a partir de amostras de água tomadas no epilimnio e hipolimnio, com garrafas tipo Van Dorn (5L). Nas campanhas amostrais de dezembro de 2003 e março de 2004, perfis verticais de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade foram realizados com uma sonda multiparâmetros (Horiba, U23), a cada 0,5m. Concentrações de nutrientes (fósforo total e nitrogênio total) e alcalinidade total foram determinadas segundo as recomendações de APHA (2000). Dados hidrológicos foram obtidos diretamente na Secretaria Estadual de Recursos Hídricos (SERHID).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para as análises multivariadas, os dados de densidade média do zooplâncton e parâmetros limnológicos foram logaritmizados log10(x+1). A análise de escalonamento multidimensional foi realizada utilizando-se o índice de similaridade de Bray-Curtis, analisado no software PRIMER versão 5.0.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

Foi constatada uma significativa variação sazonal da temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, alcalinidade total e nitrogênio total (p<0,05) em todos os seis reservatórios (Tabela 1). Os valores reduzidos e relativamente constantes da transparência da água indicam que a profundidade da zona eufótica foi bastante reduzida durante todo o período amostral (Tabela 1). Mesmo o reservatório mais profundo (Armando Ribeiro Gonçalves) apresentou máxima transparência

Tabela 1. Parâmetros limnológicos dos reservatórios estudados [média ± DP (máximo-mínimo)]. \* indica diferenças sazonais estatisticamente significativas (P < 0.05). ARG = Armando Ribeiro Gonçalves; GAR = Gargalheiras; ITA = Itans; PAR = Parelhas; PAT = Passagem das Traiás; SAB = Sabugi.

Período	Reservatórios	Renovação Água (anos)	Transparência (m)	Temperatura* (oC)	pH*	Oxigênio* (mg L <sup>-1</sup> )	Condutividade (µS Cm <sup>-1</sup> )	Alcalinidade* (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	Fósforo Total (µg L <sup>-1</sup> )	Nitrogênio Total* (µg L <sup>-1</sup> )
S	ARG	2,82	0,8 ± 0,3 (1,2 - 0,5)	27,3 ± 1,1 (28,0 - 26,5)	8,6 ± 0,4 (9,4-8,2)	6,8 ± 0,5 (8,6-7,5)	305 ± 17 (328-280)	103,3 ± 6,8 (113,3-93,5)	100 ± 100 (200-40)	3700 ± 800 (4800-2800)
E	GAR	1,01	0,9 ± 0,4 (1,4 - 0,5)	28,2 ± 0,0 (28,2)	8,6 ± 0,5 (9,2-8,1)	6,5 ± 0,9 (8,2-8,0)	870 ± 218 (1085-313)	191,3 ± 45,2 (252,3-142,1)	100 ± 100 (300-60)	3600 ± 2200 (6700-1500)
C	ITA	2,46	1,0 ± 0,5 (1,5 - 0,5)	26,1 ± 0,3 (26,5 - 25,7)	8,4 ± 0,5 (8,9-7,6)	7,5 ± 1,0 (7,3-6,8)	533 ± 86 (649-432)	150,2 ± 35,7 (201,4-109,8)	800 ± 760 (220-100)	3200 ± 1800 (5200-1500)
A	PAR	6,22	0,8 ± 0,1 (0,9 - 0,6)	26,4 ± 1,7 (28,0 - 24,5)	8,9 ± 0,4 (9,3-8,4)	7,2 ± 1,0 (7,3-7,0)	1257 ± 227 (1560-960)	241,6 ± 53,5 (315,7-187,1)	100 ± 70 (200-30)	2900 ± 1600 (4400-1200)
	PAT	0,26	1,2 ± 0,8 (1,9 - 0,5)		8,8 ± 0,7 (9,6-8,0)	7,0 ± 0,8 (7,2-6,5)	590 ± 92 (717-476)	135,6 ± 42,4 (205,9-97,3)	100 ± 60 (170-20)	2800 ± 1100 (4500-1700)
	SAB	3,04	1,1 ± 0,1 (1,3 - 1,0)		8,3 ± 0,7 (8,8-7,6)	7,5 ± 0,4 (7,4-6,9)	336 ± 66 (404-248)	155,1 ± 44,8 (202,5-106,8)	800 ± 40 (120-30)	3600 ± 1600 (5000-1800)
C	ARG		0,8 ± 0,1 (1,0 - 0,7)	30,8 ± 1,9 (34,4 - 28,5)	7,8 ± 0,5 (8,8-7,2)	8,2 ± 0,5 (8,6-7,4)	301 ± 106 (439-193)	62,8 ± 14,9 (78,5-46,5)	90 ± 50 (170-40)	3700 ± 800 (4800-2900)
H	GAR		1,2 ± 0,2 (1,4 - 1,0)	24,9 ± 5,0 (28,7 - 18,0)	7,9 ± 0,2 (8,2-7,6)	8,0 ± 0,4 (8,2-7,5)	750 ± 307 (1059-423)	168 ± 25,6 (195,1-142,9)	300 ± 200 (600-50)	12400 ± 2100 (15800-9900)
U	ITA		0,5 ± 0,3 (0,7 - 0,2)	29,5 ± 1,3 (31,7 - 28,0)	7,9 ± 0,1 (8,1-7,8)	7,3 ± 0,2 (7,2-6,9)	388 ± 164 (581-225)	94,4 ± 19,1 (107,3-75,9)	200 ± 100 (300-70)	11300 ± 2000 (14000-8500)
V	PAR		0,8 ± 0,2 (1,1 - 0,6)	28,5 ± 1,0 (30,2 - 27,0)	8,0 ± 0,3 (8,4-7,6)	7,9 ± 1,0 (7,4-6,3)	907 ± 464 (1389-488)	204,7 ± 41,8 (246,2-162,8)	200 ± 100 (270-90)	11400 ± 2000 (13600-9200)
A	PAT		0,7 ± 0,3 (0,9 - 0,3)	30,6 ± 1,4 (32,6 - 29,0)	8,0 ± 0,4 (8,8-7,6)	8,1 ± 0,4 (8,4-7,5)	497 ± 129 (640-388)	92,4 ± 27,4 (115,4-63,9)	80 ± 70 (260-10)	10400 ± 1900 (13100-8300)
	SAB		0,9 ± 0,1 (1,0 - 0,8)	29,8 ± 1,5 (31,4 - 27,0)	7,4 ± 0,2 (7,6-7,0)	8,0 ± 0,3 (8,1-7,4)	274 ± 111 (389-135)	83,1 ± 20,6 (110,9-68,6)	60 ± 20 (90-40)	11300 ± 1900 (13600-8600)

de 1,2m. Valores mínimos de transparência da água foram registrados nos reservatórios Parelhas e Armando Ribeiro Gonçalves (0,5m). Os reservatórios Itans e Sabugi apresentaram as menores amplitudes sazonais de transparência da água (valores entre 1 e 1,4m).

A temperatura da água apresentou um típico padrão de regiões semi-áridas, com valores altos (temperaturas médias superiores a 24°C) ao longo do período amostral, mas com clara oscilação sazonal: temperaturas mais altas no período seco (dezembro) e mais reduzidas durante o período chuvoso (abril). Mesmo com esse padrão sazonal, a temperatura da água ultrapassou 32°C nos reservatórios Passagem das Traíras, Itans e Sabugi em março/04 (período chuvoso) e no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, alcançou 34°C, ressaltando as peculiaridades climáticas características das regiões semi-áridas tropicais. Os reservatórios apresentaram águas mais alcalinas durante o período seco (pH de 7,6 a 9,4), com marcada variação sazonal, em similaridade aos valores de alcalinidade (>100mg CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>).

Os níveis de oxigênio dissolvido foram bastante homogêneos entre os sistemas estudados (próximos a 7,8mg.L<sup>-1</sup>), mas apresentaram variação vertical em todos os reservatórios, com valores mais reduzidos próximos ao hipolímnio (<4mg.L<sup>-1</sup>), mas sem registro de anoxia. A condutividade foi sempre elevada

nos reservatórios, com valores médios ultrapassando 300µScm<sup>-1</sup>. Os reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Gargalheiras e Itans apresentaram as maiores concentrações de nutrientes. Esse padrão foi especialmente evidente considerando-se as altas concentrações de nitrogênio total (>1000µg.L<sup>-1</sup>), durante os meses do período seco mais quentes, o que determinou a flutuação sazonal detectada para o nitrogênio. Os valores de fósforo total também foram bastante elevados (>60µg.L<sup>-1</sup>), categorizando a condição eutrófica dos reservatórios, especialmente nos sistemas Gargalheiras, Itans e Parelhas. A significativa variação sazonal dos nutrientes nos reservatórios revela como os efeitos temporais podem ser substanciais para a configuração trófica desses sistemas aquáticos. Os dados hidrológicos obtidos na SERHID mostram que o tempo médio de renovação da água dos reservatórios estudados é superior a um ano, com exceção do reservatório Boqueirão de Parelhas cujo tempo médio de renovação da água é cerca de 95 dias ou 0,26 ano.

#### BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA (CLOROFILA-A)

A distribuição temporal da biomassa fitoplanctônica apresentou um padrão bimodal em todos os reservatórios, com picos quantitativos ao final do período chuvoso, em abril (Figura 2). Apesar dessas flutua-

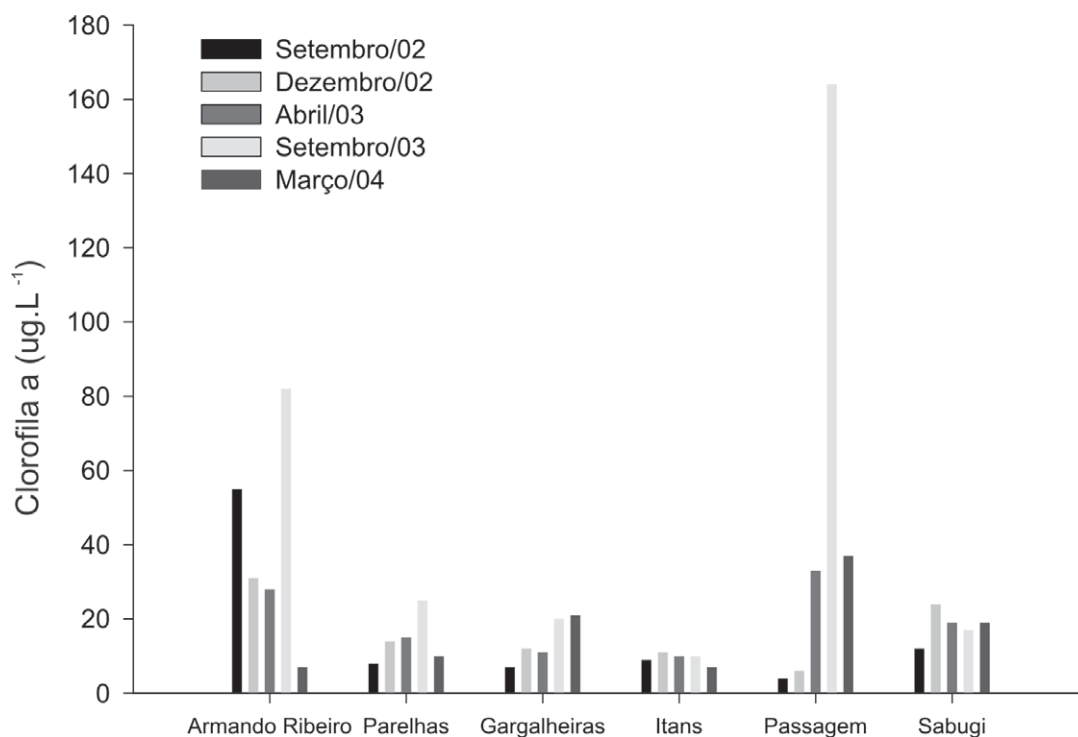


Figura 2. Biomassa fitoplanctônica (clorofila a) (média e DP) nos reservatórios estudados.

ções temporais, os reservatórios apresentaram, em geral, uma condição de eutrofia durante todo o período amostral, baseado nos critérios da OECD (1982), tendo como indicador as elevadas concentrações de clorofila a (valores médios superiores a  $20\mu\text{g Chl-a.L}^{-1}$ ). Valores extremos foram observados nos reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves e Passagem das Traíras ( $>60\mu\text{g Chl-a.L}^{-1}$ ), em setembro/03, indicando o estabelecimento pontual de condições hipereutróficas. Em setembro/02 (período seco), foi observada uma condição de mesotrofia nos reservatórios Itans e Passagem das Traíras, quando a biomassa fitoplancônica média foi de  $4,5\mu\text{g Chl-a.L}^{-1}$  no reservatório Passagem das Traíras e  $9,0\mu\text{g Chl-a.L}^{-1}$  no reservatório Itans.

#### COMPOSIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

Quarenta e sete taxa zooplancônicas foram registrados nos sistemas estudados, sendo que 14 foram comuns a todos os reservatórios (rotíferos *Bdelloidea*, *Brachionus dolabratus*, *Brachionus falcatus*, *Filinia terminalis*, *Hexarthra* sp., *Keratella lenzi* e *Keratella tropica*, os cladóceros *Ceriodaphnia cornuta* e *Diaphanosoma spinulosum* e os copépodos calanóida *Notodiaptomus cearensis*, *Notodiaptomus iheringi*, *Notodiaptomus kieferi*, *Notodiaptomus* sp.

e *Argyrodiaptomus* sp.). Alguns taxa zooplancônicos foram exclusivamente registrados no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, como os rotíferos *Rotaria neptunia* e *Sinantherina* sp., além do cladóceros *Daphnia gessneri* (Tabela II).

A composição da comunidade zooplancônica não apresentou alterações sazonais expressivas nos reservatórios estudados. Pode-se afirmar que os reservatórios apresentaram uma regularidade temporal na estrutura taxonômica do zooplâncton, sem aparentes desvios sazonais. Apenas o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves apresentou maior variação temporal na composição da comunidade zooplancônica, mas sem um padrão sazonal definido. Rotíferos, especialmente representados por *K. tropica*, *Brachionus havanensis* e *Keratella americana* foram dominantes na comunidade zooplancônica nos reservatórios de Itans, Passagem das Traíras e Sabugi. O copépodo calanóida *N. cearensis*, além de Cladocera (especialmente *D. gessneri*) e Ostracoda representaram os taxa dominantes nos reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Gargalheiras e Parelhas. A flutuação temporal da densidade zooplancônica apresentou um padrão com valores mais altos durante abril e setembro (período seco e final do período chuvoso). Não foram observadas diferenças sazonais significativas para a densidade zooplancônica entre os reservatórios ( $p>0,05$ ), e portanto, um padrão sazonal definido não foi constatado (Figura 3).

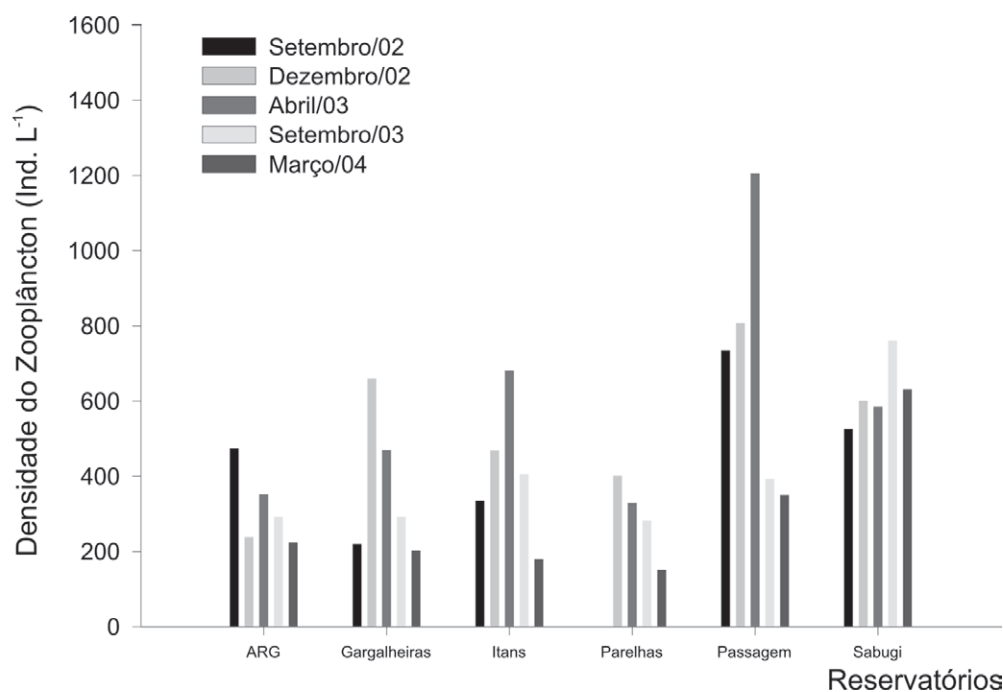


Figura 3. Densidade zooplancônica (Ind.L<sup>-1</sup>) (média e DP) nos reservatórios do semi-árido do Rio Grande do Norte. ARG = Armando Ribeiro Gonçalves.

Tabela II. Composição taxonômica e padrões de densidade do zooplâncton nos reservatórios do Rio Grande do Norte. • < 5 Ind.L<sup>-1</sup>; ● 5 – 50 Ind.L<sup>-1</sup>; ● > 50 Ind.L<sup>-1</sup>.

	Armando Ribeiro Gonçalves				Gargalheiras				Itans				Parelhas				Passagem Traíras				Sahuju			
	Sep/02	Dec/02	Apr/03	Sep/03	Sep/02	Dec/02	Apr/03	Sep/03	Sep/02	Dec/02	Apr/03	Sep/03	Sep/02	Dec/02	Apr/03	Sep/03	Sep/02	Dec/02	Apr/03	Sep/03	Sep/02	Dec/02	Apr/03	Sep/03
<b>ROTIFEROS</b>																								
<i>Asplanchna</i> sp	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Bdelloidea</i>																								
<i>Brachionus angularis</i>																								
<i>Brachionus calyciflorus</i>																								
<i>Brachionus dolabratus</i>																								
<i>Brachionus falcatus</i>																								
<i>Brachionus havanensis</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Brachionus patulus</i>																								
<i>Filinia longiseti</i>																								
<i>Filinia opolensis</i>																								
<i>Filinia cf terminalis</i>																								
<i>Hexarthra</i> sp																								
<i>Keratella americana</i>																								
<i>Keratella cochlearis</i>																								
<i>Keratella lenzi</i>																								
<i>Keratella</i> sp																								
<i>Keratella tropica</i>																								
<i>Lecane luna</i>																								
<i>Lecane</i> sp																								
<i>Lepadella</i> spp																								
<i>Platyas patulus</i>																								
<i>Polyarthra</i> sp																								
<i>Rotaria neptunia</i>																								
<i>Sintherisma</i> spp																								
<i>Tricocerca</i> sp																								
<b>CLADÓCEROS</b>																								
<i>Bosmina hagmanni</i>																								
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>																								
<b>Chidoriidae</b>																								
<i>Daphnia gessneri</i>																								
<i>Diaphanosoma brevireme</i>																								
<i>D. spinulosum</i>																								
<i>Diaphanosoma</i> sp																								
<i>Moina micrura</i>																								
<i>M. minuta</i>																								
<b>COPEPODA</b>																								
<i>Nauplio Calanoida</i>																								
<i>Nauplio Cyclopoida</i>																								
<i>Copepodito Calanoida</i>																								
<i>Argyrodiaptomus</i> spp																								
<b>Mesocyclops</b> spp																								
<i>Microcyclops</i> spp																								
<i>Notodiaptomus cearensis</i>																								
<i>N. iheringi</i>																								
<i>N. kieferi</i>																								
<i>Notodiaptomus</i> sp																								
<i>Thermocyclops decipiens</i>																								
<i>T. minutus</i>																								
<b>OSTRACODA</b>																								

Valores máximos de densidade zooplancônica (>600ind.L<sup>-1</sup>) foram registrados nos reservatórios Itans, Passagem das Traíras e Sabugi, enquanto densidades mais reduzidas ocorreram nos sistemas Armando Ribeiro Gonçalves e Parelhas (densidade máxima de 235ind.L<sup>-1</sup> em março/04). Os rotíferos *B. falca-tus*, *Hexarthra* sp. e *K. tropica* foram dominantes em termos absolutos nos reservatórios Passagem das Traíras, Sabugi e Itans, com densidades superiores a 50ind.L<sup>-1</sup>. Cladocera, representados principalmente por *C. cornuta* e *D. spinulosum* também apresentaram densidades expressivas (>40ind.L<sup>-1</sup>) nos reservatórios Passagem das Traíras e Itans (Figura 4).

As análises de regressão realizadas utilizando as densidades zooplancônicas como variáveis dependentes indicaram que diferentes fatores podem determinar a estrutura das comunidades zooplancônicas

nos reservatórios estudados. O bacterioplâncton foi uma variável significativamente relacionada ( $p>0,05$ ) com os copépodos, cladóceros e ostrácodos nos reservatórios Gargalheiras, Itans, Passagem das Traíras e Sabugi. A densidade de copépodos mostrou-se, ainda, significativamente relacionada com o tempo de retenção da água, a concentração de fósforo total e a condutividade no grande e profundo reservatório Armando Ribeiro Gonçalves. Neste reservatório, a densidade zooplancônica não apresentou nenhuma correlação positiva com a biomassa algal (clorofila-*a*), sugerindo que a clássica interação trófica entre o fitoplâncton e o zooplâncton pode ser bastante restrita no fluxo energético desse reservatório. Apenas no reservatório de Parelhas foi observada uma relação positiva significativa ( $p>0,001$ ) entre a biomassa algal (clorofila-*a*) e a densidade de copépodos e cladóceros (Tabela III).

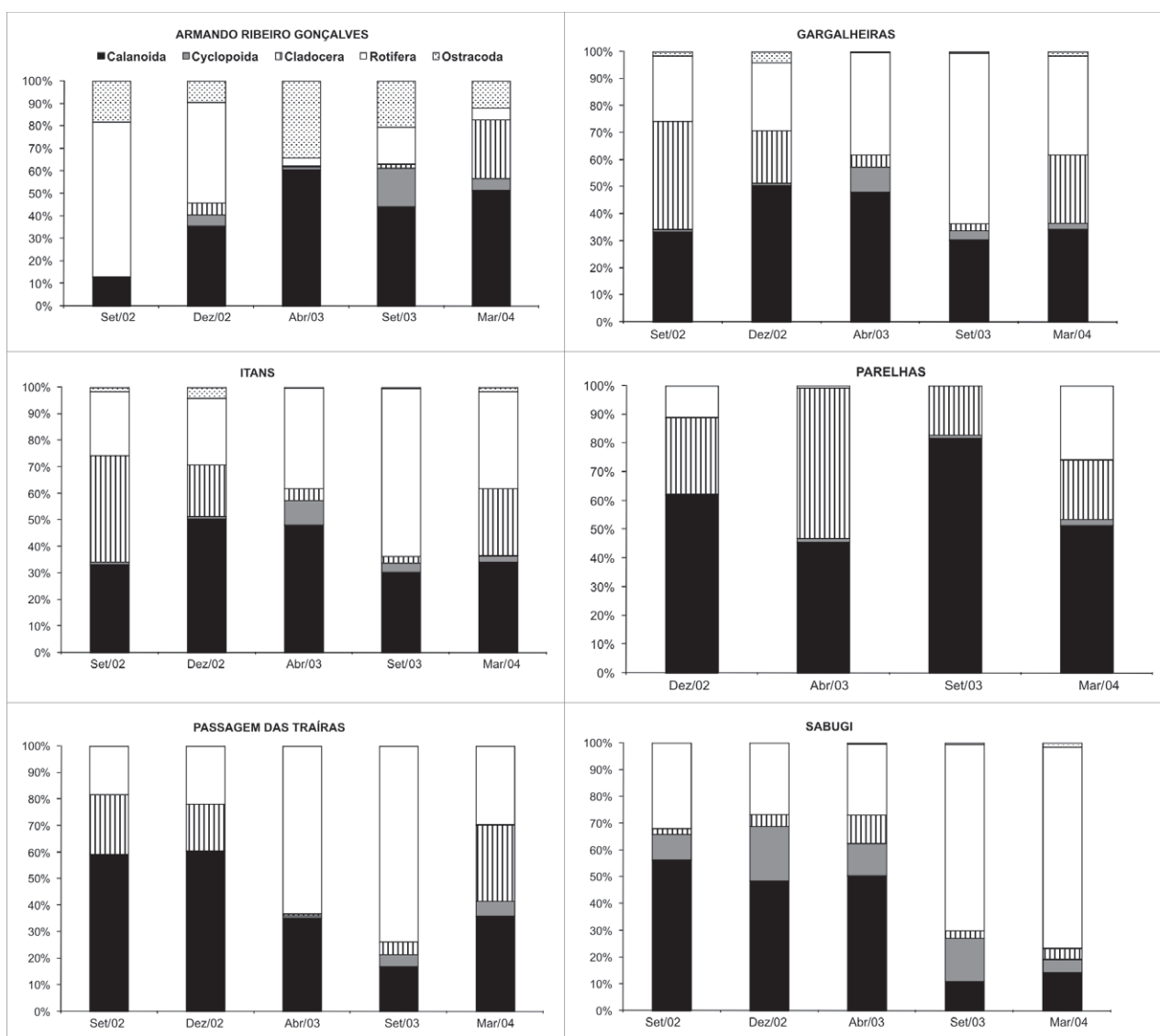


Figura 4. Composição percentual dos grupos zooplancônicos nos reservatórios do semi-árido do Rio Grande do Norte.



Tabela III. Resultados da análise de regressão múltipla. Variáveis dependentes: densidade de Cladocera, Copepoda, Rotifera e Ostracoda. Variáveis independentes: densidade bacterioplácton, clorofila a, alcalinidade, condutividade, pH, temperatura, tempo de retenção da água (WT), nitrogênio total, fósforo total e disco de Secchi. Apenas as variáveis independentes com valor significativo de F foram selecionadas nas regressões ( $p < 0.05$ ). ARG = Armando Ribeiro Gonçalves.

	ARG			Gargalheiras			Itans			Parelhas			Passagem			Sabugi						
	Cladocera	Copepoda	Ostracoda	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Ostracoda	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Ostracoda	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Ostracoda	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Ostracoda	Rotifera		
Bacterioplácton																						
Biovolume																						
Chl a																						
Alcalinidade	-0.9204																					
Condutividade		0.9541					0.9753															
pH																						
Temperatura																						
Retenção Água																						
Nitrogênio Total																						
Fósforo Total																						
Secchi																						

ORDENAÇÃO ESPACIAL DO ZOOPLÂNCTON

A similaridade entre os reservatórios foi representada espacialmente nos dois primeiros eixos do escalonamento multidimensional. Três grupos mantiveram-se espacialmente separados (agregação de 0,01). O grupo 1 compreendendo os reservatórios de Sabugi e Passagem das Traíras, com as mais elevadas densidades zooplancônicas (>600ind.L<sup>-1</sup>) e dominado por rotíferos (especialmente *B. falcatus*). O segundo grupo foi caracterizado pelos reservatórios Gargalheiras, Itans e Armando Ribeiro Gonçalves, os quais apresentaram densidades zooplancônicas próximas a 400ind.L<sup>-1</sup>) e dominância de filtradores mais seletivos (copépodos Calanoida) e o grupo 3, representado pelo reservatório de Parelhas, o único sistema com densidade zooplancônica média inferior a 300ind.L<sup>-1</sup> e densidades mais elevadas de cladóceros (Figura 5).

DISCUSSÃO

Todos os seis reservatórios estudados apresentaram características eutróficas, sinalizadas pelas elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo total, além da elevada biomassa algal (valores médios superiores a 20µg.Chl-a.L<sup>-1</sup>), com pequenos desvios temporais a esse padrão, especialmente no reservatório Itans e Passagem das Traíras. Entretanto, os reservatórios apresentaram expressivas variações temporais da biomassa algal, em oposição aos valores relativamente constantes e elevados de fósforo total. As concentrações de fósforo, nitrogênio e clorofila-a são largamente utilizadas para monitorar o progresso da

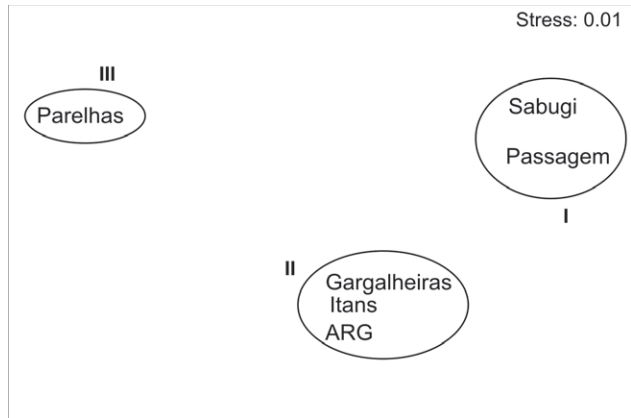


Figura 5. Análise de escalonamento multidimensional dos reservatórios, baseados na densidade zooplancônica (Ind.L<sup>-1</sup>). ARG = Armando Ribeiro Gonçalves.

eutrofização em ecossistemas aquáticos (Pinto-Coeelho 1998). Uma vez que essas três variáveis podem variar consideravelmente entre sistemas, a escolha da biomassa algal pode representar satisfatoriamente o estado trófico, bem como influenciar diretamente a estrutura da comunidade zooplancônica.

Vários modelos relacionando a biomassa algal às concentrações de fósforo total foram desenvolvidos para sistemas aquáticos temperados e tropicais (Vollenweider 1976, Salas & Martino 1991), e essas predições são consideradas extremamente robustas na ecologia aquática. Entretanto, os dados obtidos para os reservatórios do semi-árido do Rio Grande do Norte parecem escapar a esses prognósticos, pois nem sempre os aumentos da concentração de fósforo total corresponderam a um aumento da biomassa algal. Esse mesmo padrão foi também descrito por Sousa (2007), e sugere que a disponibilidade de luz pode ser o fator decisivo para a limitação da produção primária nos reservatórios do semi-árido. Os indícios desta possibilidade foram a elevada turbidez ao longo de todo o período sazonal, altas concentrações de fósforo e nitrogênio total, mas flutuações temporais expressivas da biomassa algal. Os reservatórios rasos de Itans e Sabugi apresentaram águas bastante turvas, e isso pode ser reflexo da influência da ação eólica sobre esses reservatórios, que pode provocar a resuspensão de sedimentos e detritos, contribuindo para o aumento da turbidez da água. Mesmo os reservatórios mais profundos como Armando Ribeiro Gonçalves e Parelhas, mantiveram-se altamente turvos.

A alta biomassa algal observada nos reservatórios resultou principalmente da dominância das cianobactérias, especialmente de *Microcystis* spp. e *C. raciborskii* (Panosso *et al.* 2007). A dominância de cianobactérias coloniais e filamentosas em lagos e reservatórios está tipicamente associada a condições eutróficas. Entretanto, acredita-se que esta dominância possa estar relacionada mais estreitamente com a baixa luminosidade subaquática, característica de lagos eutróficos, do que propriamente com as altas concentrações de nutrientes (Scheffer *et al.* 1997). Estudos realizados em vários lagos rasos temperados indicam que a dominância por cianobactérias filamentosas é um estado estável alternativo das comunidades fitoplancônicas, uma vez que as cianobactérias são tolerantes à baixa luminosidade e aumentam a turbidez da água favorecendo suas próprias vantagens

competitivas (Scheffer *et al.* 1997). Além disso, o alto tempo de residência da água e a elevada turbidez abiogênica aumentam a probabilidade de ocorrer uma dominância de cianobactérias filamentosas (Scheffer 1998). Sendo esta uma condição ambiental característica dos reservatórios do semi-árido do Rio Grande do Norte, o que tem favorecido a ocorrência de florações de cianobactérias tóxicas nos reservatórios do semi-árido brasileiro (Bouvy *et al.* 1999, Costa *et al.* 2005, Costa *et al.* 2006, Panosso *et al.* 2007).

Os reservatórios do semi-árido exibem, em geral, gradientes longitudinais e variações temporais de estado trófico, turbidez e salinidade, controlados principalmente pelo volume de descarga fluvial, carga externa de nutrientes e sedimentos e pelo balanço hidrológico de precipitação e evaporação (Tundisi *et al.* 2006). Essas freqüentes alterações de estado trófico, turbidez e salinidade nos reservatórios, representam um fator seletivo importante para o sucesso das espécies potencialmente colonizadoras desses ambientes. A comunidade zooplancônica dos seis reservatórios estudados apresentou padrões quantitativos característicos de ambientes eutróficos, com densidades máximas próximas a 1000ind.L<sup>-1</sup>. Não foram observadas alterações sazonais expressivas da densidade zooplancônica, o que pode ser resultado do elevado tempo de retenção da água nos reservatórios estudados, característica típica dos sistemas do semi-árido. Apesar das variações sazonais do ciclo hidrológico, o alto tempo de retenção da água nos reservatórios acaba por favorecer o estabelecimento das populações zooplancônicas de ciclo de vida mais longo, como copépodos, contribuindo para uma uniformidade temporal nos padrões quantitativos dessas populações. As análises de regressão confirmaram essa relação para as populações zooplancônicas dos reservatórios, com exceção de Itans e Passagem das Traíras, onde ocorreu dominância de rotíferos.

Os reservatórios Itans, Passagem das Traíras e Sabugi caracterizaram-se pela dominância de rotíferos cosmopolitas como *K. tropica*, *B. havanensis* e *K. americana*, espécies geralmente associadas a ambientes eutróficos, dominados por cianobactérias (Bays & Crisman 1983, Sládeck 1983). A habilidade em utilizar as cianobactérias como fontes diretas ou indiretas de alimento (microfauna associada) e manutenção das taxas reprodutivas podem explicar o sucesso de colonização de rotíferos em ambientes eutróficos.

Por outro lado, os reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Gargalheiras e Parelhas apresentaram um padrão estrutural da comunidade zooplancônica diferenciado, destacado pela dominância de copépodos Calanoida (especialmente *N. cearensis*), cladóceros e Ostracoda. Essa diferenciação foi anteriormente observada por Sousa (2007) e os dados obtidos confirmaram essa heterogeneidade taxonômica dos reservatórios.

Estudos conduzidos em vários ecossistemas aquáticos tropicais, na busca por indicadores zooplancônicos de eutrofia, têm descrito, em geral, uma dominância de copépodos Cyclopoida sobre copépodos Calanoida, à medida que a eutrofização se estabelece e evolui (Quintana *et al.* 1998, Pinto-Coelho *et al.* 2005). Entretanto, os nossos resultados apontam para outro padrão estrutural do zooplâncton em sistemas eutróficos, com a dominância de copépodos Calanoida. Resultados similares foram descritos por Rietzler (1991), relatando a associação entre *Notodiaptomus iheringi* e o grau de trofia do reservatório do Lobo. Estudos conduzidos por Panosso *et al.* (2003) mostraram que copépodos do gênero *Notodiaptomus* podem utilizar pequenas colônias e filamentos de cianobactérias como alimento, o que favoreceria sua dominância em sistemas eutróficos. Além disso, a significativa correlação observada entre o bacterioplâncton e copépodos Calanoida nos sistemas eutróficos do semi-árido podem indicar a ocorrência de rotas tróficas adicionais à clássica cadeia de herbivoria, o que também favoreceria a dominância desses filtradores nos sistemas eutróficos do semi-árido. Alguns estudos têm demonstrado que a produção bacteriana aumenta em resposta à disponibilidade de nutrientes (Pace & Cole 1996) e que as bactérias representam um dos principais regeneradores do fósforo dissolvido em lagos (Hudson & Taylor 1996). O bacterioplâncton pode apresentar maior conteúdo em fósforo que o fitoplâncton, e assim, constituir-se em uma partícula alimentar de melhor conteúdo energético que muitas células algais, o que suportaria a ocorrência de rotas tróficas adicionais observadas em sistemas eutróficos, geralmente dominados por cianobactérias de difícil ingestão e potencialmente tóxicas.

Resumidamente, nossos resultados indicam um predomínio de copépodos Calanoida em sistemas mais eutróficos, e de rotíferos nos sistemas com flutuações temporais no grau de trofia. Não foram ob-

servadas flutuações sazonais da densidade zooplancônica, sugerindo que mesmo submetida a intensas modificações impostas pelos ciclos hidrológicos, a estabilidade térmica da coluna d'água, a alta biomassa algal e o alto tempo de retenção da água, podem manter as densidades populacionais relativamente constantes. As análises de correlação sugeriram um vínculo expressivo entre os copépodos Calanoida e o bacterioplâncton. O que pode indicar uma desconexão aparente entre herbívoros planctônicos e os produtores primários e pode representar um dos fatores que explicaria a dominância de copépodos Calanoida nos sistemas eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro aos projetos PEDL/Caatinga e CT-Hidro/Aquasus. Ao técnico Edson Santana pelo apoio valioso e fundamental nas coletas de campo. À profa. Josette Lourdes, do Departamento de Química da UFRN, pela disponibilidade no uso dos resultados de parâmetros químicos dos reservatórios.

## REFERÊNCIAS

- APHA. 2000. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edição. Washington, USA.
- ARAÚJO, M.F. & COSTA, I.A.S. 2007. Comunidades microbianas (bacterioplâncton e protozooplâncton) em reservatórios do semi-árido brasileiro. *Oecologia Brasiliensis*. (no prelo).
- BAYS, S. & CRISMAN, T.L. 1983. Zooplankton and trophic state relationships in Florida lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 40: 1813-1819.
- BOUVY, M.; MOLICA, R.; OLIVEIRA, S. D.; MARINHO, M. & BECKER, B. 1999. Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom *Cylindrospermopsis raciborskii* in a shallow reservoir in the semi-arid northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology*, 20: 285-297.
- BRETT, M.T. & MÜLLER-NAVARRA, D.C. 1977. The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic food-web processes. *Freshwater Biology*, 38: 483-500.
- CARPENTER, S.; CARACO, N.; CORRELL, D.L.; HOWARTH, R.W.; SHARPHLEY, A.N. & SMITH, V. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorous and nitrogen. *Issues in Ecology*, 3: 2-12.
- COSTA, I.A.; PANOSSO, R.F.; MELO, J.L.S.; CUNHA, S.R.; GOMES, F.C; PAULA, R.S. & MACEDO, V. 2005. Avaliação da comunidade fitoplancônica e toxicidade de cianobactérias em importantes reservatórios do Rio Grande do Norte. Relatório final Projeto CT-Hidro. Disponível em [www.cb.ufrn.br/~letma](http://www.cb.ufrn.br/~letma) (acesso: 12/dezembro/2007).
- COSTA, I.A.; AZEVEDO, S.M.F.O.; SENNA, P.A.;

- BERNARDO, R.R.; COSTA, S.M. & CHELLAPPA, N.T. 2006. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, 66 (B): 211-219.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M.; PANOSSO, R.F.; ATTAYDE, J.L.; COSTA, I.A.S.; SANTOS, C.M.; ARAÚJO, M. & MELO, J.L.S. 2006. Águas Potiguares: Oásis Ameaçados. *Revista Ciência Hoje*, 39: 68-71.
- HUDSON, J.J. & TAYLOR, W.D. 1996. Measuring regeneration of dissolved phosphorus in planktonic communities. *Limnology and Oceanography*, 41: 1560-1565.
- LAZZARRO, X.; BOUVY, M.; RIBEIRO-FILHO, R.; OLIVEIRA, V.; SALES, L.; VASCONCELOS, A. & MATA, M. 2003. Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic Northeast Brazilian reservoirs? *Freshwater Biology*, 48: 649-668.
- NUSCH, E.A. 1980. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archiv für Hydrobiologie*, 14: 14-36.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (1982). *Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control*. Final Report. OECD Cooperative Programme on Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control). Paris, France.
- PACE, M.L. & COLE, J.J. 1996. Regulation of bacteria by resources and predation tested in whole lake experiments. *Limnology and Oceanography*, 41: 1448-1460.
- PANOSSO, R.; CARLSSON, P.; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; AZEVEDO, S.M.F.O. & GRANÉLI, E. 2003. 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*, 25: 1169-1175.
- PANOSSO, R.; COSTA, I.A.S.; SOUZA, N.R.; CUNHA, S.R.S.; ATTAYDE, J.L. & GOMES, F.C.F. 2007. Ocorrência de cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do semi-árido potiguar, e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecologia Brasiliensis* (no prelo).
- PINTO-COELHO, R.M.; PINEL-ALLOUL, B.; MÉTHOT, G. & HAVENS, K.E. 2005. Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variation with trophic status. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 62: 348-361.
- PINTO-COELHO, R.M. 1998. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. *Freshwater Biology*, 40: 159-173.
- QUINTANA X. D.; COMÍN, F. A. & AMICH, R. M. 1998. Nutrient and plankton dynamics in a Mediterranean salt marsh dominated by incidents of flooding. Part 2. Response of the zooplankton community to disturbances. *Journal of Plankton Research*, 20: 2109-2127.
- RIETZLER, A.C. 1991. Estudo da dinâmica de populações de Copepoda Calanoida na represa do Lobo (Broa). Dissertação de Mestrado. USP/EESC. São Carlos, Brasil. 196p.
- SALAS, H.J. & MARTINO, P. 1991. A simplified phosphorous trophic state model for warm-water tropical lakes. *Water Research*, 25: 341-350.
- SCHEFFER, M.; RINALDI, S.; GRAGNANI, A.; MUR, L.R. & VAN NES, E. H. 1997. On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology*, 78: 272-282.
- SCHEFFER, M. 1998. *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman & Hall, Dordrecht. 357 p.
- SLÁDECEK V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100: 169-201.
- SORANNO, P.A.; CARPENTER, S.R. & HE, X. 1985. Zooplankton biomass and body size. Pp 172-188. In: S.R. Carpenter & F. Jitchell, (eds), *The Trophic Cascade in Lakes*. Cambridge Pergamon Press, London, 381p.
- SOUSA, W. 2007. Comunidades zooplanctônicas como bioindicadoras da qualidade da água de quatro reservatórios da região semi-árida do Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado. UFRN. Natal, Brasil. 89p.
- TUNDISI, J.G. ; MATSUMURA-TUNDISI, T. ; ABE D. S.; ROCHA, O. & STARLING, F. 2006. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. Pp 203-240. In: A.C. Rebouças, B. Braga, B. & J.G. Tundisi (org.). *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras Editora, São Paulo. 465p.
- VOLLENWEIDER, R.A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorous in lake eutrophication. *Memorie dell' Istituto Italiano di Idrobiologia*, 33: 53-83.
- WEBSTER, J.C. & PETERS, R.H. 1978. Some size-dependent inhibitions of larger cladocerans in filamentous suspensions. *Limnology and Oceanography*, 23: 1238-1244.

Submetido em 26/11/2007

Aceito em 20/01/2008