



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AQUÁTICOS TROPICAIS

**Distribuição espacial e variação temporal da assembleia de microcrustáceos
em um reservatório no semiárido brasileiro**

Ilhéus-BA

2016

JOSIANE SOUZA SANTOS

**Distribuição espacial e variação temporal da assembleia de microcrustáceos
em um reservatório no semiárido brasileiro**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de Santa Cruz, para obtenção do título de mestre em ecologia de sistemas aquáticos tropicais.

Área de concentração: Ecologia de comunidades e ecossistemas aquáticos tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Nadson Ressye Simões

Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio Luiz Sonoda

Ilhéus-BA

2016

S237 Santos, Josiane Souza.
Distribuição espacial e variação temporal da assembleia de microcrustáceos em um reservatório no semiárido brasileiro / Josiane Souza Santos. – Ilhéus, BA: UESC, 2016.
53 f. : il. ; anexos.

Orientador: Nadson Ressye Simões.
Co-orientador: Sérgio Luiz Sonoda.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais.
Inclui referências bibliográficas.

1. Crustáceos. 2. Limnologia. 3. Zooplâncton.
4. Reservatórios. I. Título.

CDD 595.3

Dedico este trabalho ao meu esposo Ezequias Lima que tanto me incentivou a fazer este mestrado e entendeu a minha ausência mesmo em momentos importantes, dispensando apoio incondicional. Obrigada, meu amor.

Agradecimentos

A Deus, por me guiar nos seus caminhos e fazer por mim além do que eu penso, desejo ou imagino.

Ao professor Alexandre Schiavetti que em um primeiro momento aceitou me orientar e possibilitou a minha entrada no mestrado.

Ao professor Nadson Simões que aceitou me orientar no “meio do caminho”, por entender as minhas limitações e por sempre estar disposto a tirar as minhas dúvidas, mesmo estando distante. Os seus ensinamentos me acompanharão por toda a minha vida.

Ao professor Sérgio Sonoda que me acompanhou desde a graduação, me iniciando com paciência e dedicação no estudo do zooplâncton e que além de orientador foi o meu companheiro de coleta e de laboratório, sem medir esforços para me ajudar. Serginho, sem você este mestrado não seria possível, muito obrigada.

Aos professores Sylvia Susini, Pedro Melo e Marcelo Landim pelas contribuições e sugestões a respeito deste trabalho.

Aos colegas das turmas 2014.1 e 2014.2 em especial Leydiane, Khamila e Mariana Tupiniquim, obrigada pela companhia e pelos momentos juntas. Foi um prazer conhecer vocês.

Aos colegas do laboratório de limnologia da UESB Valéria, Alan e Samantha, obrigada pela ajuda e companhia e por ajudar a tornar o trabalho mais tranquilo.

Ao setor de transporte da UESB e ao barqueiro Junior por nos guiar na Barragem da Pedra.

A UESC e a UESB pela infraestrutura disponibilizada e ao programa de pós-graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais.

A CAPES pela bolsa concedida.

Ao meu esposo Ezequias obrigada por todo amor, incentivo, compreensão e por ser o meu porto seguro nos momentos que achei que ia cair.

Aos meus pais e irmãos que mesmo distantes tinham sempre uma palavra de apoio e estímulo.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

Sumário

1. Resumo geral	7
2. Introdução geral	8
3. Referências bibliográficas	11
Capítulo 1- Distribuição espacial e temporal da assembleia de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) em diferentes regiões de um reservatório no semiárido	14
4. Resumo/Abstract	14
5. Introdução	16
6. Material e métodos	17
6.1 Área de estudo	17
6.2 Coleta de dados.....	18
6.3 Análise de dados.....	19
7. Resultados.....	21
8. Discussão	28
9. Referências bibliográficas	31
10. Anexos.....	36
Capítulo 2 - Sincronia temporal da abundância de microcrustáceos em um reservatório do semiárido baiano	37
11. Resumo/Abstract	37
12. Introdução.....	39
13. Material e métodos	41
13.1 Área de estudo	41
13.2 Coleta de dados.....	41
13.3 Análise de dados.....	42
14. Resultados.....	44
15. Discussão.....	48
16. Considerações finais.....	50
17. Referências bibliográficas	51

Distribuição espacial e variação temporal da assembleia de microcrustáceos em um reservatório no semiárido brasileiro

1. RESUMO GERAL

Na região semiárida, o regime de chuvas irregulares e as altas taxas de evaporação, resultam em uma elevada intermitência da rede hídrica, levando a construção de reservatórios com a finalidade principal de armazenamento de água para usos múltiplos. Apesar dos benefícios sociais, os reservatórios produzem alterações no sistema hidrológico e interfere diretamente nas comunidades que habitam estes ambientes. Esta dissertação está organizada em dois capítulos. O primeiro descreve a variação da estrutura da assembleia de microcrustáceos na região central e marginal do reservatório, bem como a estrutura temporal entre julho/2013 a novembro/2014. O segundo teve como objetivo verificar a sincronia da abundância total de microcrustáceos e a importância das variáveis abióticas e da distância sobre a sincronia. No primeiro capítulo foi encontrada uma variação temporal significativa das variáveis abióticas, e uma variação na distribuição espacial e temporal dos microcrustáceos, sendo a distribuição espacial explicada pelas variáveis abióticas. No segundo capítulo, foi constatada sincronia temporal significativa para sete espécies de microcrustáceos e formas jovens de Copepoda, estando algumas relacionadas com a distância, outras com as variáveis abióticas e outras não correlacionaram com nenhuma das variáveis medidas. Os resultados obtidos em ambos os capítulos sugerem que a sazonalidade da região semiárida é um fator de grande importância tanto na dinâmica das variáveis abióticas, quanto na variação da comunidade.

Palavras-chave: Reservatórios, semiárido, microcrustáceos, zooplâncton, sincronia temporal.

Spatial distribution and temporal variation of microcrustaceans assembly in a reservoir in the brazilian semi-arid region

ABSTRACT

In the semi-arid region, the regime of irregular rainfall and high evaporation rates, result in a high intermittency of water supply, leading to construction of reservoirs with the main objective of water storage for multiple uses. Despite the social benefits, the reservoirs produce changes in the hydrological system and interfere directly in the communities inhabiting these environments. This thesis is organized into two chapters. The first describes the spatial and temporal variation of microcrustaceans assembly structure in central and marginal region of reservoir, from july/2013 to november/2014. The second analyzed the synchrony of the total abundance of microcrustaceans and the importance of abiotic variables and distance on the temporal synchrony. In the first chapter there was a significant temporal variation of abiotic variables, and a variation in spatial and temporal distribution of microcrustaceans, and the spatial distribution explained by abiotic variables. In the second chapter, significant temporal synchrony was observed for seven species of microcrustaceans and young forms of copepods, with some related to the distance, others with the abiotic variables and other not correlated with any of the variables measured. The results in both chapters suggest that the seasonality of the semi-arid region is a major factor both in the dynamics of abiotic variables, and the community variation.

Keywords: Reservoirs, semi-arid, microcrustaceans, zooplankton, temporal synchrony.

2. INTRODUÇÃO GERAL

Os recursos hídricos constituem um dos serviços ecossistêmicos indissociáveis a vida humana e estão ameaçados pela superexploração de recursos naturais, poluição da água, modificação do fluxo hidrológico e destruição ou degradação de habitats (DUDGEON et al., 2006). O crescimento desordenado das demandas e a degradação da sua qualidade têm gerado problemas de escassez de água que ameaçam a sobrevivência das populações e de um ecossistema favorável à vida (REBOUÇAS, 2002). Em função da escassez de água, na região semiárida a construção de represas tem sido cada vez mais comum, por desempenhar importante papel social e econômico, promovendo a regularização dos cursos de água, geração de energia elétrica, irrigação, piscicultura, dessedentação de animais, recreação, armazenamento e abastecimento urbano (SIMÕES e SONODA, 2009). Apesar de gerar muitos benefícios à sociedade, os reservatórios produzem alterações no sistema hidrológico, atmosférico e biológico nas regiões em que são construídos (TUNDISI, 2006).

A formação de reservatórios favorece o surgimento de compartimentos com diferenças nas taxas de fluxo e renovação da água, concentração de partículas em suspensão e nutrientes. Estes compartimentos apresentam ainda variações físicas e químicas, gradientes de largura e profundidade que acarretam o surgimento de novos micro-habitats e apresentam um conjunto de características responsáveis por variações na densidade, composição de espécies e taxas reprodutivas dos organismos ao longo dos reservatórios (BAXTER, 1977; PANARELLI et al., 2003; TUNDISI, 2006).

Desta forma, além de características físicas e químicas, a formação de reservatórios também pode ser acompanhada por mudanças na estrutura das comunidades. Assim, a comunidade zooplânctônica, importante componente do ecossistema aquático também pode variar junto com esse gradiente de condições ambientais (URABE, 1989; ESPÍNDOLA et al., 2000; ZANATA e ESPÍNDOLA, 2002). O zooplâncton possui importante papel como condutor de energia dos produtores primários para os consumidores de níveis tróficos superiores, sendo assim responsável pela produtividade secundária e também fundamental no transporte e regeneração de nutrientes. Pelo seu elevado metabolismo organismos zooplânctônicos geralmente possuem uma reprodução rápida, sendo que grande parte dos organismos constituintes desse grupo possuem ciclo de vida curto. Essa condição faz com que eles respondam rapidamente as mudanças ocorridas no ambiente, sendo também bons

bioindicadores e de grande utilidade para a avaliação da qualidade da água (NEWEL e NEWEL, 1963).

Nos ambientes continentais, o zooplâncton é constituído predominantemente por Protista, Rotifera e Crustacea, sendo este último representado principalmente pelos Copepoda e Cladocera (ROCHA e SIPAÚBA-TAVARES, 1994; ESTEVES, 2011). A maioria das espécies de Copepoda é marinha, mas habitam também a água doce, salobra e até mesmo terras úmidas. Nestes ecossistemas de água doce, são encontradas três ordens: Cyclopoida, Calanoida e Harpacticoida. As duas primeiras apresentam hábito tipicamente planctônico, enquanto a ordem Harpacticoida habita geralmente as regiões litorâneas, fundos de lagos e ocasionalmente aparece no plâncton de corpos d'água continentais como migrantes temporários (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008; SIPAÚBA-TAVARES e ROCHA, 2001)

Cladocera é uma ordem de pequenos crustáceos da Classe Branchiopoda e é um grupo tipicamente de água doce, mas existem algumas espécies marinhas, na sua maioria apresentam tamanho entre 0,2 e 3,0 mm (ELMOOR-LOUREIRO, 1997). Os cladóceros possuem vários apêndices, 5 ou 6 pares de patas de estrutura achatada que atuam na captura de alimento e 2 pares de antenas cefálicas, normalmente exibem reprodução partenogenética, mas em resposta as condições ambientais, podem produzir indivíduos machos e efípios (ovos de resistência) através de reprodução sexuada (ESTEVES, 2011).

Os organismos zooplanctônicos apresentam variação espacial e temporal relacionadas com os gradientes biológicos, físicos e químicos impostos não apenas pelo eixo longitudinal, produzidos pela região de transição do rio para o lago, mas também por diferenças no sistema morfométrico do reservatório (ESPINDOLA et al., 2000). Assim, os compartimentos formados no reservatório não são estáticos, mas um resultado de efeitos combinados de vários gradientes que se sobrepõem, podendo se expandir e contrair conforme os fluxos e operação do reservatório, formando um ambiente dinâmico tanto espacial quanto temporalmente (KIMMEL et al., 1990).

Estudos que evidenciam a influência da compartimentação espacial dos reservatórios sobre a comunidade do zooplâncton tem demonstrado a importância dos componentes espaciais e temporais de heterogeneidade nestas diferentes zonas (BETSIL e VAN DEN AVYLE, 1994; NOGUEIRA, 2001; BERNOT et al., 2004). No Brasil, apesar do recente crescimento nos estudos sobre a diversidade e a riqueza de espécies do zooplâncton de reservatórios, estes estudos em sua maioria são concentrados nas regiões Sudeste, Sul e

Centro-Oeste (STARLING, 2000; SANTOS-WISNIEWSKI, 2007; BONECKER, 2007; PERBICHE-NEVES e NOGUEIRA, 2013). Na Bahia, embora tenha ocorrido um aumento recente dos estudos sobre a diversidade planctônica (SIMÕES et al., 2008; SIMÕES e SONODA, 2009; SIMÕES et al., 2011) as informações sobre a estrutura e dinâmica espacial desta assembleia ainda é escassa, consistindo em grande parte de trabalhos de conclusão de cursos e dissertações (CALADO-NETO, 2007; CATUNDA-MARCELINO, 2007; LIMA, 2007).

Assim, o presente estudo foi realizado na Barragem da Pedra que está inserida no Rio de Contas. A bacia hidrográfica do Rio de Contas cobre uma área de 52.839 km² e as suas nascentes estão na Chapada Diamantina ao norte da cidade de Piatã. Em seu trecho superior a vegetação predominante é o Cerrado, no seu trecho médio a Caatinga e no seu trecho inferior a Mata Atlântica. Desta forma, em alguns trechos o rio é considerado temporário. Desde a sua nascente até a foz em Itacaré, o rio possui um curso de 505 km (PAIVA, 1982; BRASIL, 1999). A montante da cidade de Jequié encontra-se a Barragem da Pedra, formada em 1967 a partir da implantação da Usina Hidrelétrica (UHE) de mesmo nome no trecho médio-inferior do rio. Apresenta no seu entorno formações vegetais do tipo Caatinga e de acordo com a classificação de Köppen-Geiger o clima da cidade de Jequié é do tipo Aw com estação seca no inverno e chuvas no verão (BAHIA, 1976). O reservatório foi construído inicialmente para a geração de energia elétrica, contenção e regularização da vazão do rio. Porém, ao longo dos anos teve diversas atividades incorporadas tais como: aquicultura, irrigação e lazer. A gestão do volume e produção de energia está sob a responsabilidade da CHESF (Companhia Hidrelétrica do São Francisco).

Esta dissertação objetiva conhecer a estrutura espacial e organização temporal da assembleia de microcrustáceos no reservatório Barragem da Pedra e também verificar a sincronia temporal da assembleia de microcrustáceos. Ela está dividida em dois capítulos. O primeiro é intitulado **“Distribuição espacial e variação temporal da assembleia de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) em diferentes regiões de um reservatório no semiárido brasileiro”** que descreve a variação da estrutura da assembleia na região central e marginal do reservatório, bem como a estrutura temporal entre julho/2013 a novembro/2014, considerando a dinâmica das variáveis físicas e químicas. O segundo capítulo é intitulado **“Sincronia temporal da abundância de microcrustáceos em um reservatório do semiárido baiano”** e teve como objetivo verificar a sincronia temporal da abundância de sete

espécies e formas jovens de microcrustáceos e a importância das variáveis abióticas e da distância sobre a sincronia.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIA. **Atlas do Estado da Bahia**. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia, 1976.

BAXTER, R. M. Environmental effects of dams and impoundments. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 8, n.1, p. 255-283, 1977.

BERNOT, R. J.; DODDS, W. K.; QUIST, M. C.; GUY, C. S. Spatial and temporal variability of zooplankton in a great plains reservoir. **Hydrobiologia** v.525, n.1-3, p.101-112, 2004.

BETSIL, R. K.; VAN DEN AVYLE, M. J. Spatial heterogeneity of reservoir zooplankton: a matter of timing? **Hydrobiologia**. v.277, p. 63–70, 1994.

BONECKER, C. C. et al. Zooplankton biomass in tropical reservoirs in southern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 579, n. 1, p. 115-123, 2007.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - Folha SD.24 Salvador: potencial dos recursos hídricos. **Projeto Radam Brasil**. Rio de Janeiro, 236 p.1999.

CALADO NETO, A. DE V. **Características limnológicas e dimensionamento da capacidade ambiental de aproveitamento do reservatório de Pedra- BA para implantação de piscicultura em tanques-rede**. 115 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

CATUNDA-MARCELINO, S. **Zooplâncton como bioindicadores do estado trófico na seleção de áreas aquícolas para piscicultura em tanque-rede no reservatório da UHE Pedra no rio de Contas, Jequié – BA**. 59f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

DUDGEON, D.; ARTHINGTON, A. H.; GESSNER, M. O.; KAWABATA, Z.-I.; KNOWLER, D. J.; LEVEQUE, C.; NAIMAN, R. J.; PRIEUR-RICHARD, A.-H.; SOTO, D.; STIASSNY, M. L. J.; SULLIVAN C. A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society** v.81, p.163–182. 2006.

EL MOOR-LOUREIRO, M. A. L. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Brasília: Universo, 1997.

ESPÍNDOLA, E.L.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RIELTZLER, A.C.; TUNDISI, J.G.; Spatial Heterogeneity of the Tucuruí Reservoir (State of Pará, Amazonia, Brazil) and The

Distribution of Zooplankton species. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 542, n. 1, p.179-193, 2000.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed.: Interciência. Rio de Janeiro, 2011.

KIMMEL, B. L.; LIND, O. T. & PAULSON, L. J. Reservoir primary production. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L. & PAYNE, F. E. **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: Wiley Interscience Publication, p.133-193, 1990.

LIMA, F.S. de. **Comunidade zooplanctônica do lago Boa idéia–Paulo Afonso–BA**. Universidade do Estado da Bahia. Monografia de conclusão de curso. 2007.

NEWEL, G. E; NEWEL R. C. **Marine Plankton**. London: Hutchinson Educational Great. Portland Street, 1963.

NOGUEIRA, M. G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in jurumirim reservoir (Paranapanema river), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**. v. 455, p.1-18, 2001.

PERBICHE-NEVES, G.; NOGUEIRA, M G. Reservoir design and operation: Effects on aquatic biota a case study of planktonic copepods. **Hydrobiologia**. v. 707, p.187-198, 2013.

PAIVA, M. P.; **Grandes represas do Brasil**. Ed.Terra. Brasília-DF, 1982.

PANARELLI, E. CASANOVA, S. M. C.; NOGUEIRA, M. G.; MITSUKA, P. M.; HERRY, R. A comunidade zooplanctônica ao longo de gradientes longitudinais no Rio Paranapanema/ Represa de Jurumirim (São Paulo, Brasil). In. **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. ed. Henry, R. Editora Rima. São Paulo. 131-162. 2003.

REBOUÇAS, A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, G. J, (orgs) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2002.

ROCHA, O.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 1994. Cultivo em larga escala de organismos planctônicos para a alimentação de larvas e alevinos de peixes. II. Organismos zooplanctônicos. **Biotemas**, v. 7 n.1/2 p. 94-109, 1994.

SANTOS-WISNIEWSKI, M. J.; ROCHA, O. Spatial distribution and secondary production of Copepoda in a tropical reservoir: Barra Bonita, SP, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 2, p. 223-233, 2007.

SIMÕES, N, R.; SONODA, S, L. Estrutura da assembléia de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) em um reservatório do semi-árido Neotropical, Barragem de Pedra, Estado da Bahia, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**. Maringá, v. 31, n. 1, p. 89-95, 2009.

SIMÕES, N. R.; SONODA, S. L.; RIBEIRO, S. M. M. S. Diversity and structure of microcrustacean assemblages (Cladocera and Copepoda) and limnological variability in perennial and intermittent pools in a semi-arid region, Bahia, Brazil. **Iheringia. Série Zoologia** (Impresso), v. 101, p. 317-324, 2011.

SIMÕES, N. R.; SONODA, S. L.; RIBEIRO, S. M. M. S. Spatial and seasonal variation of microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) in intermittent rivers in the Jequezinho River Hydrographic Basin, in the Neotropical semiarid. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, p. 197-204, 2008.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; ROCHA, O. **Produção de plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos**. São Carlos, Rima. 106p.2001.

STARLING, F. L do R. M. Comparative study of the zooplankton composition of six lacustrine ecosystems in Central Brazil during the dry season. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 1, p. 101-111, 2000.

TUNDISI J. G.; MATSUMURA-TUNDISI T.; ABE, D. S. The ecological dynamics of Barra Bonita (Tietê River, SP, Brazil) reservoir: implications for its biodiversity. **Brazilian Journal Biology**. v. 68,p. 1079–1098, 2008.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios- estudos de caso e perspectivas. In. **Ecologia de reservatórios**. 2 ed. NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A.; (orgs.) Editora Rima. São Carlos.1-21.2006.

URABE, J. Relative importance of temporal and spatial heterogeneity in the zooplankton community of an artificial reservoir. **Hydrobiologia**. v.184, p. 1-6,1989.

ZANATA, L. H.; ESPINDOLA, E. L. G.. Longitudinal processes in Salto Grande reservoir (Americana, SP, Brazil) and its influence in the formation of compartment system. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 2, p. 347-361, 2002.

Capítulo 1- Distribuição espacial e variação temporal da assembleia de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) em diferentes compartimentos de um reservatório no semiárido brasileiro

4.RESUMO

Este estudo teve como objetivo, verificar a variação espacial e temporal da assembleia de microcrustáceos de um reservatório no semiárido brasileiro. Variáveis físicas e químicas e as amostras dos microcrustáceos foram coletadas em oito pontos do reservatório entre julho de 2013 e novembro de 2014 totalizando sete campanhas. Para este estudo, dois compartimentos foram considerados: compartimento lateral e compartimento central. As variáveis limnológicas apresentaram variação temporal significativa (Permanova, Pseudo- $F= 19,51$; $p=0,001$) sendo que os maiores valores de turbidez e material em suspensão foram observados nos meses mais chuvosos, enquanto nos meses de menor precipitação os valores de transparência, clorofila *a* e oxigênio dissolvido foram maiores. Não foi constatada variação espacial significativa das variáveis limnológicas (Permanova, Pseudo- $F= 0,96$; $p=0,394$). Durante o período de estudo, dez espécies foram registradas sendo: quatro cladóceros (*Ceriodaphnia cornuta*, *Daphnia gessneri*, *Diaphanosoma birgei* e *Diaphanosoma spinulosum*) três copépodes Calanoida (*Argyrodiaptomus azevedoi*, *Notodiaptomus cearensis* e *Notodiaptomus iheringi*) e três copépodes Cyclopoida (*Macrocyclops albidus*, *Thermocyclops minutus* e *Thermocyclops decipiens*). A assembleia de microcrustáceos apresentou variação temporal significativa (Permanova, Pseudo- $F=4,34$; $p=0,001$). (ANOVA, Pseudo- $F=2,08$; $p=0,001$), mostrando uma tendência da variação das condições limnológicas explicarem a variação espacial da estrutura da assembleia de microcrustáceos, indicando a importância destas para a distribuição da assembleia de microcrustáceos no reservatório. Os resultados sugerem que a sazonalidade da região semiárida é um fator importante na dinâmica das variáveis bióticas e abióticas da Barragem da Pedra.

Palavras-chave: Reservatórios, zooplâncton, limnologia, bacia do Rio de Contas, Nordeste do Brasil.

Chapter 1 - Spatial distribution and temporal variation of microcrustaceans assembly (Cladocera and Copepoda) in different compartments of a reservoir in the brazilian semiarid region

ABSTRACT

The objective of this study is to investigate the spatial and temporal variation of microcrustaceans assembly of a reservoir in the brazilian semiarid region. Physical and chemical variables and samples of microcrustaceans were collected at eight points of the reservoir between July 2013 and November 2014 a total of seven campaigns. For this study, two compartments were considered: lateral compartment and central compartment. Limnological variables showed significant temporal variation (PERMANOVA, Pseudo- $F = 19.51$, $p = 0.001$), the higher turbidity values and suspended solids were observed in the rainiest months, while during the months of lowest rainfall the values of transparency, dissolved oxygen and chlorophyll *a* were higher. It was not found significant spatial variation of limnological variables (PERMANOVA, Pseudo- $F = 0.96$; $p = 0.394$). During the study period, ten species were recorded: four Cladocera (*Ceriodaphnia cornuta*, *Daphnia gessneri*,

Diaphanosoma birgei and *Diaphanosoma spinulosum*) three Copepoda Calanoida (*Argyrodiaptomus azevedoi*, *Notodiaptomus cearensis* and *Notodiaptomus iheringi*) and three Copepoda Cyclopoida (*Macrocyclops albidus*, *Thermocyclops minutus* and *Thermocyclops decipiens*). The microcrustaceans assembly showed significant temporal variation (PERMANOVA, Pseudo-F = 4.34; $p = 0.001$). A significant spatial variation was also observed (PERMANOVA, Pseudo-F = 9.46; $p = 0.001$) the highest values of abundance and richness were observed in the lateral compartment and analysis of partial RDA indicated that abiotic variables explained 11% this variation (ANOVA, Pseudo-F = 2.08; $p = 0.001$), showing a trend of variation of limnological conditions explain the spatial variation of microcrustaceans assembly structure, indicating the importance of these for distribution of microcrustaceans assembly at the reservoir. The results suggest that the seasonality of the semiarid region is an important factor in the dynamics of biotic and abiotic variables of the reservoir Barragem da Pedra.

Keywords: Reservoirs, zooplankton, limnology, Rio de Contas basin, Northeastern Brazil.

5. INTRODUÇÃO

Na região semiárida, o regime de chuvas irregulares e as altas taxas de evaporação, causam a perda de grande parte das águas superficiais, resultando em uma elevada intermitência da rede hídrica e, por conseguinte, causando problemas para o fornecimento e armazenamento deste recurso. Este fato demanda pela construção de muitos reservatórios cuja finalidade principal é o armazenamento de água para usos múltiplos (THORNTON e RAST, 1993). Estes ambientes congregam uma fauna e flora que são influenciados principalmente, por aspectos relacionados à eutrofização e produtividade (nutriente, clorofila *a*, transparência e condutividade elétrica da água) (SIMÕES et al., 2015; PINEL-ALLOU & MIMOUNI, 2013; PINTO-COELHO et al., 2005) que variam naturalmente em função da bacia de drenagem ou artificialmente em função dos processos de eutrofização cultural.

Os reservatórios são ambientes favoráveis para o desenvolvimento da comunidade zooplanctônica (ROCHA et al., 1999), os quais são influenciados por uma compartimentalização com diferenças nas taxas de fluxo, velocidade e renovação da água, bem como da concentração de partículas em suspensão e nutrientes. Estes compartimentos apresentam ainda variações físicas e químicas da água, gradientes de largura e profundidade que acarretam o surgimento de novos micro-habitats e apresentam um conjunto de características responsáveis por variações na densidade, composição de espécies e taxas reprodutivas dos organismos ao longo dos reservatórios (BAXTER, 1977; PANARELLI et al., 2003; TUNDISI, 2006).

Além da compartimentalização, a entrada de tributários ajuda no estabelecimento de micro-habitats que pode alterar as características hidrodinâmicas e químicas promovendo a concentração ou dispersão de certos grupos e espécies no reservatório (MARGALEF, 1983). Estas variações são resultantes também das respostas às forças do clima e efeitos produzidos pela gerência dos níveis de água no lago (BRITO et al., 2011; PERBICHE-NEVES e NOGUEIRA, 2013).

Desta forma, os compartimentos formados no reservatório não são estáticos, mas um resultado de efeitos combinados de vários gradientes que se sobrepõem, podendo se expandir e contrair conforme os fluxos e operação do reservatório, formando um ambiente dinâmico tanto espacial quanto temporal (KIMMEL et al., 1990; BONECKER, 2001; NOGUEIRA, 2001). Os organismos zooplanctônicos apresentam variação espacial e temporal relacionadas com os gradientes biológicos, físicos e químicos impostos não apenas pelo eixo longitudinal,

produzidos pela região de transição do rio para o lago (MARZOLF, 1990), mas também por diferenças no sistema morfométrico do reservatório (ESPINDOLA et al., 2000).

A caracterização da comunidade zooplanctônica e sua distribuição espacial fornecem dados importantes para o estudo dos corpos aquáticos, permitindo um conhecimento mais amplo destes ambientes, possibilitando o monitoramento e o gerenciamento adequado. Estudos que evidenciam a influência da compartimentação espacial dos reservatórios sobre a comunidade do zooplâncton, tem demonstrado a importância dos componentes espaciais e temporais de heterogeneidade nestas diferentes regiões (BETSIL e VAN DEN AVYLE, 1994; NOGUEIRA, 2001; BERNOT et al., 2004). O zooplâncton possui importante papel como condutor de energia dos produtores primários para os consumidores de níveis tróficos superiores, sendo assim responsável pela produtividade secundária e também fundamental no transporte e regeneração de nutrientes, além disso, apresenta ciclo de vida curto, alta taxa de reprodução e rápido desenvolvimento, respondendo de forma imediata às alterações ambientais (NEWEL e NEWEL, 1963).

Assim, o estudo da comunidade planctônica e a análise limnológica do reservatório Barragem da Pedra contribuem para o conhecimento da sua biodiversidade aquática e pode fortalecer políticas de monitoramento e manejo ambiental ao longo deste reservatório, uma vez que ele é utilizado para abastecimento urbano.

Este estudo testou a hipótese que a assembleia de microcrustáceos apresenta alterações na sua estrutura em função das modificações das variáveis ambientais tanto temporalmente, quanto espacialmente (compartimento central e compartimento lateral). Para testar esta hipótese, este trabalho caracterizou o reservatório com base nas variáveis físico-químicas; analisou a variação temporal e espacial da assembleia de microcrustáceos no reservatório e verificou se estas variações estão relacionadas com as variáveis físicas, químicas e biológicas da água.

6.MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no reservatório Barragem da Pedra, localizado no estado da Bahia, região semiárida. O reservatório foi formado em 1967 a partir da implantação da Usina Hidrelétrica (UHE) de mesmo nome no trecho médio-inferior do Rio de

Contas, possui uma área de 101 km² e uma capacidade de acumulação de 1640 hm³. Ao longo dos anos diversas atividades foram incorporadas na barragem tais como: aquicultura, irrigação, lazer e atualmente o reservatório promove o abastecimento de água para parte da cidade de Jequié. O reservatório apresenta no seu entorno formações vegetais do tipo Caatinga, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger o clima da cidade de Jequié, é do tipo Aw com estação seca de maio a outubro e uma estação chuvosa de novembro a abril, as temperaturas médias anuais variam entre 21 a 33°C e a precipitação anual média é de 800 mm (<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=BA>).

6.2 Coleta de dados

Os dados foram obtidos em oito pontos de amostragem (Figura 1) entre julho de 2013 a novembro de 2014 com uma frequência média de amostragem de dois meses. Para este estudo, dois compartimentos foram considerados: compartimento lateral composto por P1, P2, P4 e P5; e compartimento central formado por P3, P6, P7 e P8. Os pontos que formam o compartimento lateral são caracterizados por apresentar macrófitas do gênero *Egeria* e pela menor profundidade (Tabela 1).

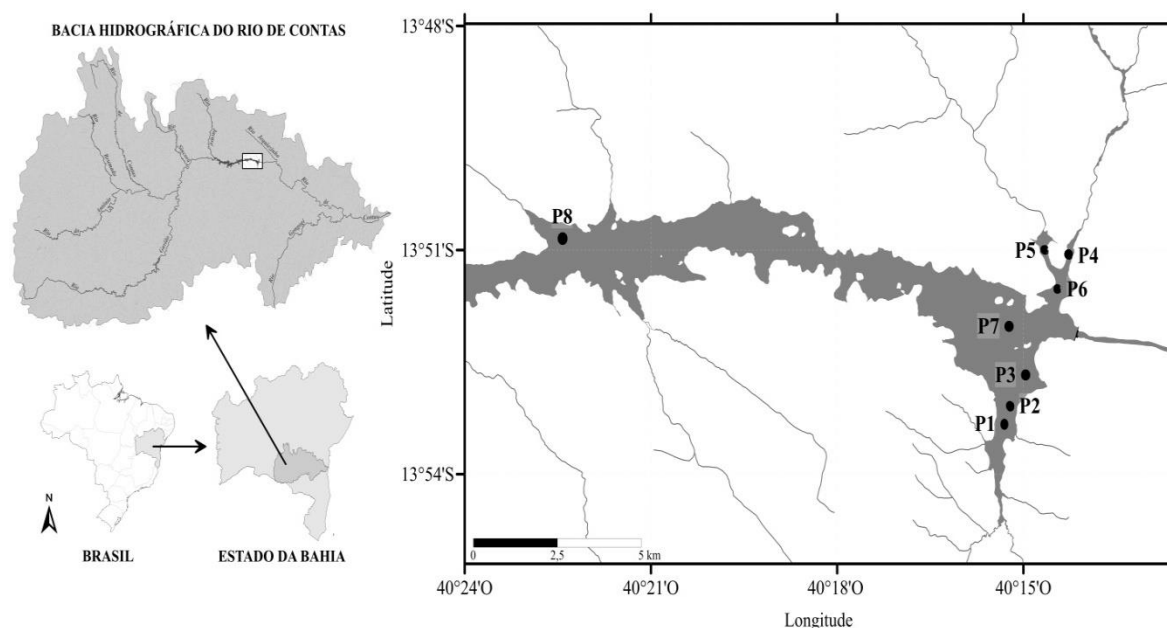


Figura 1- Bacia hidrográfica do Rio de Contas e pontos de amostragem na Barragem da Pedra, Jequié, Bahia.

Tabela 1 - Profundidade média (m) (\pm desvio padrão) das regiões amostradas na Barragem da Pedra entre julho/2013 e novembro/2014.

	Julho 2013	Setembro 2013	Janeiro 2014	Março 2014	Maiο 2014	Setembro 2014	Novembro 2014
Região central	17,5 \pm 5,5	15,3 \pm 5,4	19,6 \pm 5,3	18,3 \pm 5,4	16,0 \pm 5,6	15,5 \pm 5,5	17,6 \pm 6,1
Região marginal	7,9 \pm 1,8	7,3 \pm 2,8	11,0 \pm 3,0	12,7 \pm 3,3	12,0 \pm 4,0	11,0 \pm 3,5	13,4 \pm 2,9

Amostras para análise qualitativa e quantitativa do zooplâncton foram coletadas utilizando-se uma rede cônica com 68 μ m de abertura de malha. Para ambas as análises foram realizados arrastos verticais do fundo para a superfície em cada ponto amostrado, os volumes filtrados variaram entre 212,00 (mínimo) a 1.696,00 (máximo) litros. Em seguida, as amostras foram fixadas em formol tamponado com concentração final 4%.

A identificação dos organismos zooplanctônicos foi realizada com o auxílio de microscópio estereoscópico, microscópio óptico e bibliografia especializada (ELMOOR-LOUREIRO, 1997; MATSUMURA-TUNDISI 1986; REID, 1985). As formas jovens de copépodes (náuplios e copepoditos) foram identificadas e contadas ao nível de ordem.

O zooplâncton foi contado em cubetas de acrílico com fundo quadriculado. A contagem foi realizada retirando-se alíquotas de 10ml da amostra total homogeneizada até atingir pelo menos 200 indivíduos da espécie mais abundante, enquanto que para espécies raras, os organismos foram quantificados na totalidade.

6.3 Análise de dados

As variáveis físicas e químicas da água foram analisadas utilizando métodos descritivos (média, desvio padrão) para caracterizar as regiões amostradas. Estas variáveis foram utilizadas para a elaboração da análise de componentes principais (ACP) visando a caracterização ambiental do reservatório. Foram consideradas as seguintes variáveis: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, transparência da água, alcalinidade, clorofila-*a*, material em suspensão total e suas frações orgânica e inorgânica. Para esta análise a matriz de dispersão utilizada foi a de correlação e os eixos foram selecionados de acordo com o critério de Broken Stick (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). Uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA: *Permutational Multivariate Analysis of Variance procedure*) foi utilizada para testar a influência das variações temporais e espaciais sobre as variáveis limnológicas.

Considerando a comunidade zooplanctônica, foram calculadas a riqueza, abundância e equitabilidade média para cada mês amostrado, levando em conta os compartimentos central e lateral (KREBS, 1998; MAGURRAN, 2013). Para verificar se havia diferença estatística significativa espacial e temporal, estas métricas foram testadas usando a ANOVA com medidas repetidas para controlar a pseudoreplicação temporal. Para esta análise os dados foram transformados ($\log x+1$) para alcançar os pressupostos de normalidade e homocedasticidade. A frequência de ocorrência de espécies foi calculada para todo o período estudado e foram categorizadas como raras (20%), acessórias (21 a 50%) ou constantes (acima de 50%). A influência da variação temporal e espacial sobre a estrutura da comunidade foi testada com a PERMANOVA. O teste não paramétrico de Mann-Whitney foi empregado para verificar diferenças e comparar as abundâncias dos náuplios e juvenis de Copepoda entre os compartimentos, pois os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram alcançados.

Para verificar a variação espaço-temporal da assembleia, também foi utilizado um escalonamento multidimensional não métrico (NMDS: *non metric multidimensional scaling*), adotando como medida de dissimilaridade o índice de Bray-Curtis. A distorção da resolução em duas dimensões da ordenação é expressa pelo valor *S* (chamado *stress*). Quanto mais próximo de zero, melhor o ajuste entre a distância original dos objetos e a configuração obtida (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998).

Para a análise da relação espécie-ambiente foi executada uma Análise de Redundância Parcial (pRDA) utilizando como variáveis dependentes uma matriz com abundância das espécies de microcrustáceos e como variáveis explanatórias os dados abióticos (alcalinidade total, clorofila *a*, pH, temperatura, turbidez e transparência da água-disco de Secchi). A pRDA consiste na realização de uma RDA, porém, retirando o efeito de covariáveis. A seleção de variáveis foi realizada usando um procedimento de seleção *forward*, que realiza permutações a fim de selecionar o melhor modelo para explicação da variação dos dados tendo como critério de seleção o valor do AIC (*Akaike's An Information Criterion*). Neste caso foi retirado o efeito da covariável tempo (meses) e foi mantido o efeito da variável espaço (compartimento central e compartimento lateral). O efeito do tempo foi retirado, pois, este é conhecido como um dos principais fatores que interfere nas comunidades aquáticas no semiárido. Como este efeito foi bem pronunciado neste trabalho, em uma RDA convencional ele acabava por mascarar o efeito espacial sobre a comunidade.

Para todos os testes realizados, o nível de significância foi fixado em 0,05. As análises foram realizadas nos pacotes *BiodiversityR* (KINDT e COE, 2005) e *Vegan* (OKSANEN et al., 2015) usando o programa R.2.3.0 (R Development Core Team, 2015).

7. RESULTADOS

Em 2013 houve uma precipitação acumulada de 1.119,4 mm. Já para 2014 a taxa anual acumulada foi de 878,7 mm. Durante os meses de coleta, o maior volume de precipitação (Figura 2) foi registrado no mês de janeiro/2014, enquanto no mês de setembro/2014 foi registrado o menor valor.

No mês de setembro/2013 foram registrados os valores mais altos de oxigênio dissolvido e transparência, já no mês de setembro/2014 o reservatório apresentou os maiores valores de clorofila *a* e condutividade elétrica (Tabela 2). Em janeiro/2014, foram observados os maiores valores de material em suspensão total e suas frações, turbidez e temperatura.

As variáveis limnológicas diferiram significativamente entre os meses amostrados (Permanova, Pseudo-F= 19,51; p=0,001), enquanto entre os compartimentos não houve diferença significativa (Permanova, Pseudo-F=0,96; p=0,394).

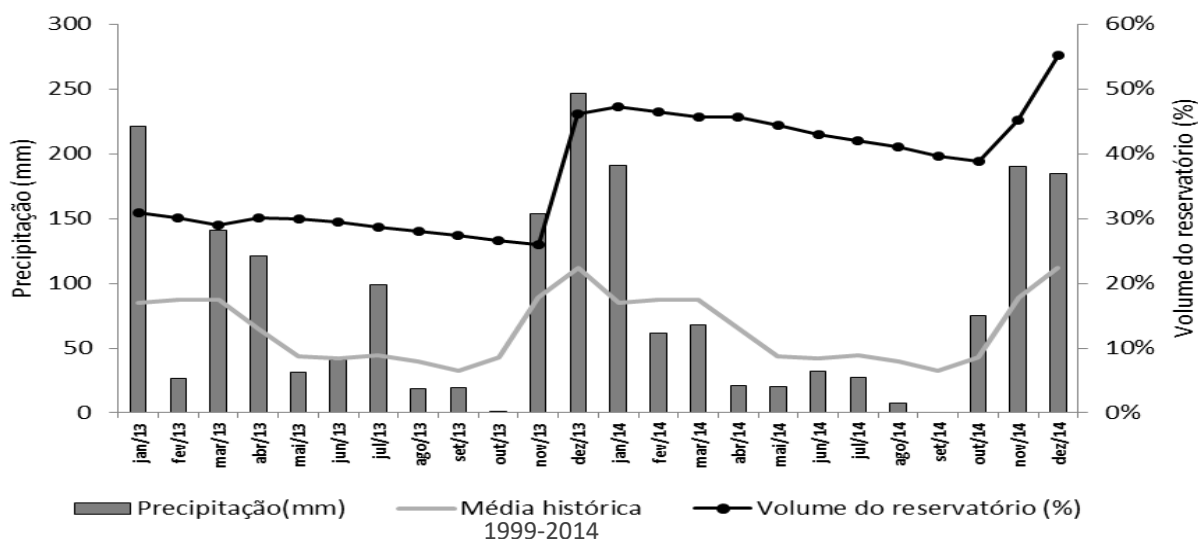


Figura 2 - Precipitação acumulada na cidade de Jequié, Bahia e volume do reservatório Barragem da Pedra entre 2013 e 2014 e média histórica de precipitação.

Fonte: Precipitação – Agritempo; Volume do reservatório – Agência Nacional de águas (ANA).

Tabela 2 - Médias e desvio padrão das variáveis físicas e químicas - **Temp**: temperatura, **pH**, **CE**: condutividade elétrica, **Turb**: turbidez, **OD**: oxigênio dissolvido, **DS**: disco de Secchi, **Chl a**: clorofila *a*, **AT**: alcalinidade total, **MST**: material em suspensão total, **MSI**: material em suspensão inorgânico, **MSO**: material em suspensão orgânico – em compartimentos (**CL**: compartimento lateral e **CC**: compartimento central) da Barragem da Pedra no período de Julho/2013 a Novembro/2014..

		Temp	pH	CE	Turb	OD	DS	Chl a	AT	MST	MSI	MSO
		°C		µS.cm ⁻¹	UNT	mg.l ⁻¹	m	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
Jul/2013	CL	25,00	7,14	256,15	31,69	5,10	0,40	0,76	41,02	4,45	0,96	3,49
		±0,38	±0,27	±1,87	±4,88	±0,15	±0,09	±0,17	±1,19	±1,08	±0,09	±1,09
Jul/2013	CC	24,96	7,20	254,50	24,69	5,24	0,48	0,93	41,80	3,80	0,81	2,99
		±0,28	±0,14	±2,06	±5,00	±0,94	±0,05	±0,21	±0,22	±1,31	±0,32	±1,11
Set/2013	CL	25,86	8,38	272,51	18,65	9,46	0,63	1,86	43,38	3,62	0,98	2,64
		±0,37	±0,56	±1,07	±1,53	±1,15	±0,10	±0,71	±0,81	±0,81	±0,07	±0,82
Set/2013	CC	25,32	8,51	273,59	17,91	8,25	0,65	1,67	43,23	3,19	0,74	2,46
		±0,48	±0,19	±1,58	±0,31	±0,63	±0,06	±0,54	±0,05	±0,31	±0,11	±0,34
Jan/2014	CL	27,19	7,04	246,85	109,41	3,71	0,15	1,23	40,95	51,47	3,77	21,96
		±0,22	±0,58	±1,90	±2,89	±0,34	±0,00	±0,23	±1,65	±4,88	±1,14	±2,11
Jan/2014	CC	27,23	7,21	244,08	123,50	3,21	0,15	0,73	39,81	115,43	7,00	50,72
		±0,41	±0,12	±3,10	±18,98	±0,61	±0,00	±0,06	±2,78	±93,05	±4,82	±41,73
Mar/2014	CL	27,62	6,73	250,55	83,76	3,65	0,20	3,09	40,00	22,69	2,56	20,13
		±0,10	±0,22	±1,24	±1,16	±0,43	±0,00	±1,09	±1,08	±20,25	±1,23	±19,03
Mar/2014	CC	27,67	7,32	251,96	79,63	3,36	0,23	2,17	38,97	19,89	1,56	18,33
		±0,20	±0,21	±1,64	±7,37	±0,36	±0,03	±0,60	±1,21	±13,76	±0,43	±13,79
Maio/2014	CL	26,16	7,13	255,98	58,93	6,80	0,20	1,66	42,13	9,60	1,60	8,00
		±0,25	±0,53	±0,89	±0,65	±3,75	±0,00	±0,07	±0,10	±2,87	±0,24	±2,82
Maio/2014	CC	26,11	7,67	258,25	54,76	4,93	0,25	1,81	41,63	10,00	1,54	8,46
		±0,25	±0,34	±2,54	±6,97	±0,66	±0,06	±0,36	±1,05	±1,15	±0,23	±1,03
Set/2014	CL	25,31	8,35	294,70	25,05	7,63	0,40	8,78	44,62	25,95	3,21	22,74
		±0,63	±0,27	±1,89	±0,22	±0,53	±0,00	±0,83	±0,18	±5,62	±0,38	±5,60
Set/2014	CC	24,94	7,61	295,62	23,47	7,38	0,44	6,31	44,31	14,09	1,78	12,31
		±0,39	±0,59	±2,28	±1,44	±0,36	±0,05	±3,35	±0,42	±6,48	±0,28	±6,20
Nov/2014	CL	26,49	7,01	258,21	53,67	5,34	0,33	2,33	79,69	10,89	1,79	9,10
		±0,21	±0,21	±0,90	±1,15	±0,23	±0,03	±0,75	±65,86	±0,90	±0,23	±0,84
Nov/2014	CC	26,59	7,19	258,08	51,95	5,49	0,28	2,06	82,46	8,89	2,00	6,89
		±0,69	±0,17	±2,61	±1,98	±0,65	±0,05	±0,61	±72,23	±0,97	±0,45	±0,82

Os dois primeiros eixos da análise de componentes principais (Figura 3) explicaram 69,59% da variação dos dados, sendo que o eixo 1 explicou 49,08% e o eixo 2 explicou 20,51%. O eixo 1 relacionou-se negativamente com condutividade elétrica, pH, transparência da água (Secchi) e oxigênio dissolvido e positivamente com turbidez, temperatura, material em suspensão total e suas frações orgânica e inorgânica. O eixo 2 relacionou-se positivamente

com a clorofila *a* e negativamente com a alcalinidade (Tabela 1, em anexo). Nota-se que a ordenação refletiu a similaridade entre as unidades amostrais coletadas no mesmo mês, indicando a maior influência da variação temporal nas características limnológicas em relação a variação espacial.

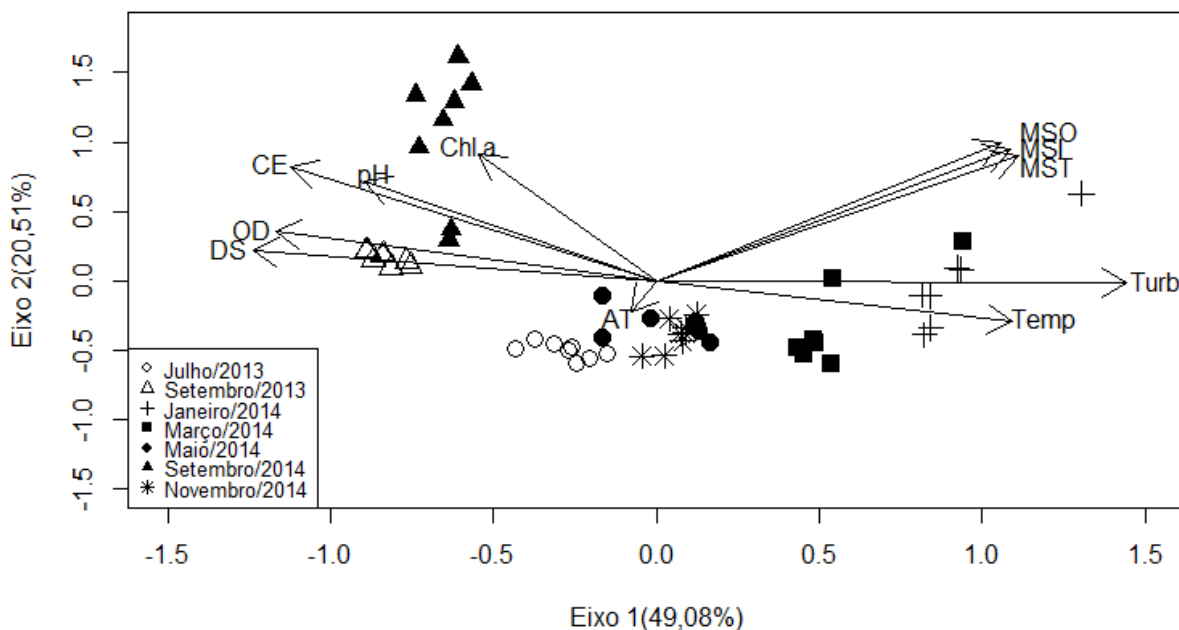


Figura 3 – Biplot da análise de componentes principais (ACP) realizada com as variáveis físicas e químicas (**CE**: Condutividade elétrica, **OD**: oxigênio dissolvido, **Turb**: Turbidez, **Temp**: temperatura da água, **MSO**: material em suspensão orgânico, **MST**: material em suspensão total, **MSI**: material em suspensão inorgânico, **Chl a**: clorofila *a*, **AT**: alcalinidade total, **DS**: disco de Secchi), obtidas entre julho/2013 a novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

Durante o período de estudo foram registradas dez espécies de microcrustáceos (Tabela 3), quatro da subclasse Cladocera e seis da classe Copepoda. Dentre os Copepoda Cyclopoida *Macrocylops albidus* ocorreu apenas nos meses de julho/2013 e março/2014, *Thermocyclops decipiens* somente em julho/2013 e foram consideradas raras. Com relação a subclasse Cladocera, *Ceriodaphnia cornuta* ocorreu somente nos meses de setembro e novembro/2014, *Diaphanosoma spinulosum* ocorreu nos meses de julho/2013, setembro/2013 e janeiro/2014 e teve frequência de ocorrência considerada acessória. Enquanto *Daphnia gessneri* não foi registrada somente em novembro/2014 e teve ocorrência constante. A espécie *Diaphanosoma birgei* ocorreu em todos os meses amostrados, assim como, as três espécies de Copepoda Calanoida registradas neste estudo e também foram consideradas constantes.

Tabela 3 – Lista de espécies de cladóceros e copépodes e frequência de ocorrência (* rara; ** acessória; *** constante) das espécies ocorridas no período de julho/2013 a novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

	Espécie	Frequência de ocorrência
Cladocera	<i>Daphnia gessneri</i> Herbst, 1967	***
	<i>Diaphanosoma birgei</i> Korineck, 1981	***
	<i>Diaphanosoma spinulosum</i> Herbst, 1967	**
	<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886	**
Copepoda Calanoida	<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i> Wright, 1935	***
	<i>Notodiaptomus cearensis</i> Wright, 1936	***
	<i>Notodiaptomus iheringi</i> Wright, 1935	***
Copepoda Cyclopoida	<i>Macrocyclops albidus</i> Jurine, 1820	*
	<i>Thermocyclops minutus</i> Lowndes, 1934	*
	<i>Thermocyclops decipiens</i> Kiefer, 1929	***

No compartimento central (Figura 4) foram registradas as menores médias de riqueza e abundância ($S=4,25$; $0,9 \text{ ind.L}^{-1}$, respectivamente) e a maior média de equitabilidade ($J=0,81$). Todas as métricas da comunidade apresentaram diferença significativa entre os compartimentos, sendo: riqueza (Anova de medidas repetidas, $F=7,76$; $p=0,00$; Compartimento lateral > Compartimento Central), abundância (Anova de medidas repetidas, $F= 19,92$; $p=0,00$; Compartimento lateral > Compartimento Central) e equitabilidade (Anova de medidas repetidas, $F= 17,74$; $p=0,00$; Compartimento lateral < Compartimento Central).

A PERMANOVA (Tabela 4) realizada para verificar a variação temporal e espacial da assembleia de microcrustáceos indicou que a comunidade diferiu significativamente tanto entre os meses ($p=0,001$), quanto entre os compartimentos amostrados ($p=0,001$), não foi verificada interação significativa entre os meses e os compartimentos.

Tabela 4 - PERMANOVA dos meses e dos compartimentos amostrados em relação a abundância e composição de espécies na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

Variável	R²	Pseudo-F	p
Meses	0,30	4,34	0,001
Compartimentos	0,11	9,46	0,001
Meses : compartimentos	0,09	1,34	0,158

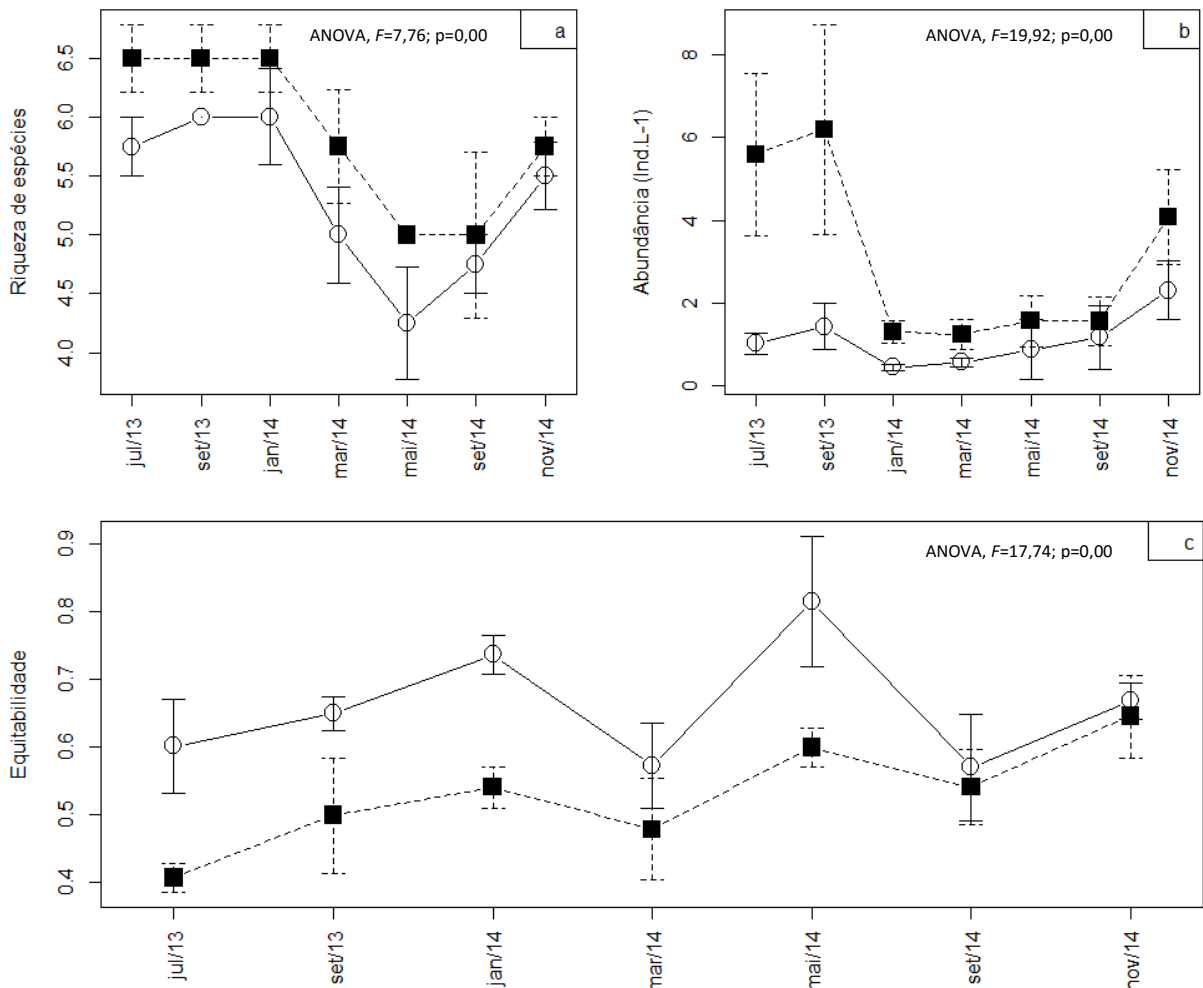


Figura 4 – Médias de riqueza (a), abundância (b) e equitabilidade (c) da assembleia de microcrustáceos (barras verticais: erro padrão) por mês amostrado em cada compartimento (○= compartimento central; ■ = compartimento lateral) na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

Os resultados obtidos pela PERMANOVA foram evidenciados pelo NMDS. A variação temporal, está representada na figura 5a. Com relação a variação espacial, nota-se uma tendência das unidades amostrais pertencentes ao compartimento lateral estarem ordenadas mais a esquerda da figura 5b enquanto as unidades amostrais do compartimento central tendem a estar ordenadas de forma inversa, indicando que existe diferença na estrutura da assembleia de microcrustáceos entre os compartimentos.

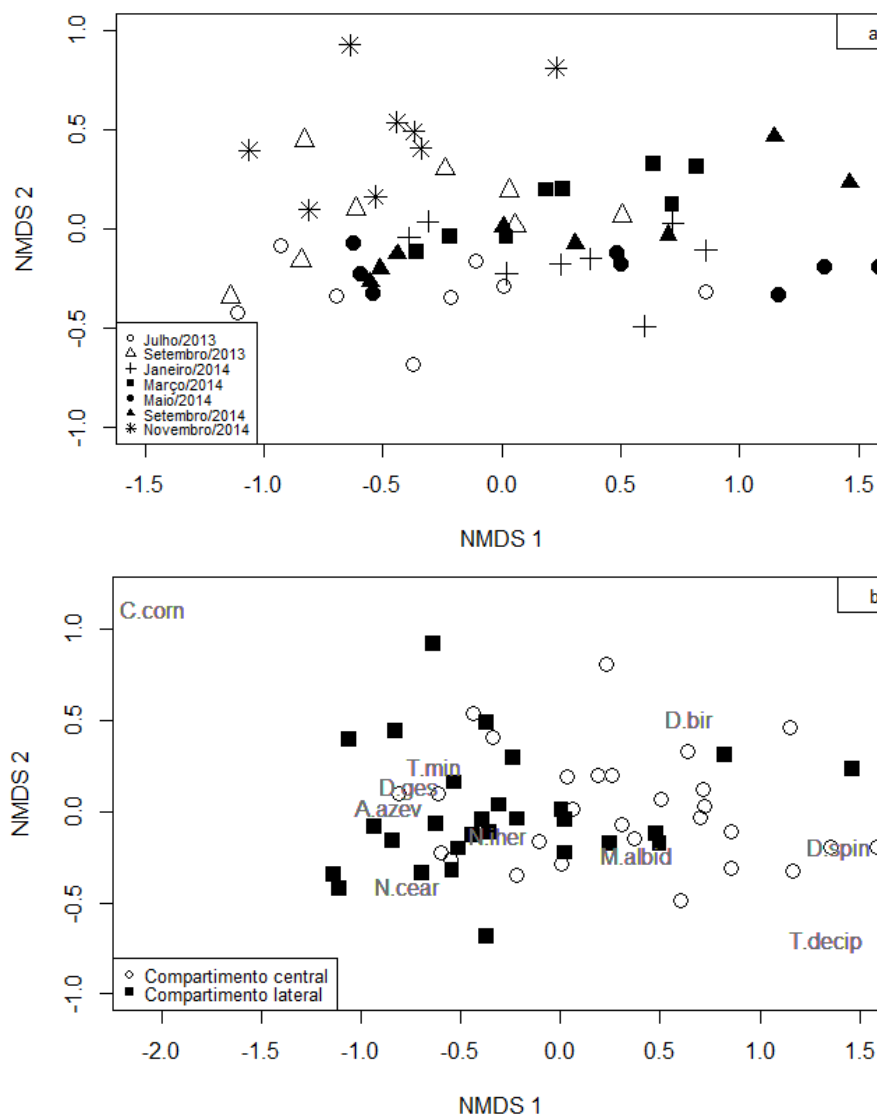


Figura 5 - Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) baseado na variação temporal (a) e espacial (b) da estrutura da assembleia de microcrustáceos entre julho/2013 e novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

A Análise de Redundância Parcial (pRDA) retirando o efeito da variação temporal explicou 11% da variação espacial da assembleia de microcrustáceos (ANOVA, Pseudo- $F=2,08$; $p=0,001$). Os dois primeiros eixos da análise representaram 16% da variabilidade dos dados, sendo 10% referente ao eixo 1 e 6% ao eixo 2 (Figura 6). No eixo 1 não é possível observar um padrão claro de ordenação, mas, no eixo 2 o gradiente multivariado foi caracterizado pela correlação negativa com temperatura e positiva com clorofila *a*, pH e alcalinidade, sendo que estas variáveis estão mais relacionadas com o compartimento lateral (Tabela 2, em anexo). Apesar das variáveis limnológicas não apresentarem variação espacial significativa, esta análise mostrou uma tendência destas explicarem parcialmente a variação espacial da estrutura da assembleia de microcrustáceos.

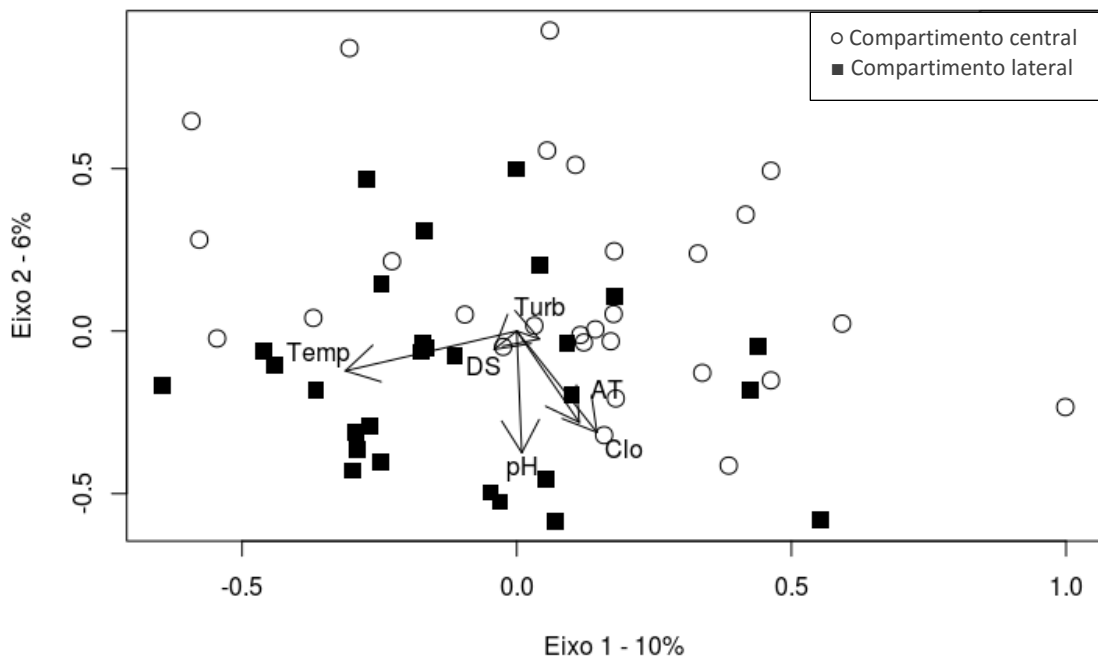


Figura 6 - Diagrama de ordenação (pRDA) gerado a partir de seis variáveis abióticas (**Turb**: turbidez, **DS**: Disco de Secchi, **AT**: alcalinidade total, **Clo**: clorofila *a*, **Temp**: temperatura e **pH**) e abundância de microcrustáceos amostrados de julho/2013 a novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

A abundância de náuplio de Cyclopoida (Mann-Whitney; $w=228$; $p=0,007$), náuplio de Calanoida (Mann-Whitney; $w=239$; $p=0,01$), copepodito de Cyclopoida (Mann-Whitney; $w=124,5$; $p=0,00$) e copepodito de Calanoida (Mann-Whitney; $w=116$; $p=0,00$) diferiram significativamente entre os compartimentos amostrados. Para todas as formas jovens observadas (Figura 7), os maiores valores de abundância ocorreram no compartimento lateral.

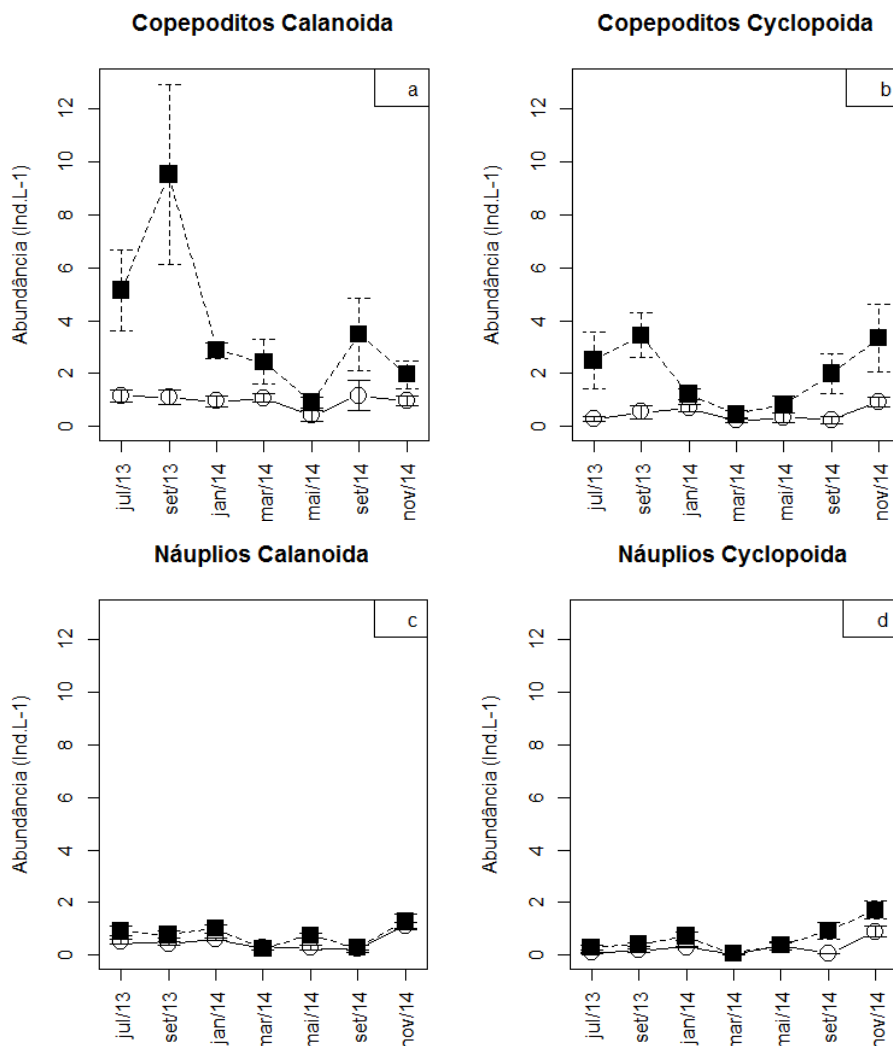


Figura 7- Médias de abundância de copepoditos (**a, b**) e náuplios (**c, d**) de Calanoida e Cyclopoida (barras verticais: erro padrão) por mês amostrado em cada compartimento (■: compartimento lateral; ○: compartimento central) na Barragem da pedra, Jequié, BA.

8. DISCUSSÃO

As variáveis limnológicas diferiram significativamente entre os meses amostrados como registrado em outros estudos para a região semiárida (LEITÃO et al., 2006; SOUSA, 2008; SIMÕES e SONODA, 2009). Segundo Bouvy et al., (2000), o controle das variações temporais das características físicas e químicas e os gradientes longitudinais dos reservatórios desta região, tem influência direta do balanço hídrico. As águas das chuvas promovem o carreamento de partículas para dentro do reservatório, elevando os níveis de sólidos em suspensão, causando um aumento da turbidez e reduzindo a penetração de luz e a produção

primária (BAXTER, 1977). Neste estudo foi possível notar esta influência nos meses de setembro 2013/2014 quando os volumes de precipitação foram mais baixos e o reservatório apresentou os maiores valores de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, clorofila *a* e transparência da água. Por outro lado, no mês de janeiro/2014 foi registrado o maior valor de precipitação assim como os maiores valores de turbidez e material em suspensão e suas frações. Segundo Barbosa et al., (2012) os lagos e reservatórios do semiárido brasileiro, estão sujeitos a períodos importantes de escassez de água e de grandes volumes de chuva concentradas em poucos meses do ano, afetando diversos processos ecológicos nestes ecossistemas. Estes resultados indicam que o ciclo hidrológico é um fator importante na dinâmica destas variáveis no reservatório estudado.

Matsumura-Tundisi e Tundisi (2005) apontam que, em estudos realizados em reservatórios é importante a amostragem em ambas as regiões em função da heterogeneidade espacial entre estas que influenciam diretamente na abundância e riqueza do zooplâncton. No presente estudo, as variáveis mais correlacionadas com a região marginal foram a alcalinidade, clorofila *a* e pH, indicando que esta é uma região de maior produtividade do fitoplâncton o que contribui para o aumento do pH (FERNÁNDEZ-ROSADO e LUCENA, 2001).

As maiores médias de riqueza e abundância foram registradas no compartimento lateral, onde foi observada a presença de macrófitas aquáticas. Estudos indicam que estes vegetais apoiam uma abundante e diversificada fauna de invertebrados planctônicos contribuindo para o aumento da riqueza de espécies em função da heterogeneidade de habitats, oferta de recursos e alta variabilidade das características físicas e químicas (VAN DEN BRINK et al., 1994; BURDIS & HOXIMEIER, 2011; COLARES et al., 2013) que ocasionam diferenças espaciais na produtividade primária e secundária dos reservatórios (ROCHA et al., 1995) e servem como “filtro biológico” devido à função de retenção de nutrientes (NOGUEIRA & MATSUMURA-TUNDISI, 1996).

Por outro lado, apesar do compartimento central apresentar as menores médias de abundância e riqueza, nesta região as médias de equitabilidade em todos os meses amostrados foram superiores a 0,5. Para Bini et al., (1997), a distribuição do zooplâncton em ecossistemas aquáticos não é influenciada somente pelas variáveis físicas e químicas, padrões de comportamento dos organismos e as relações interespecíficas também são fatores que podem explicar a distribuição. Vários estudos têm demonstrado que a estrutura da comunidade do zooplâncton é fortemente controlada por fatores bióticos, como predação e competição

(BROOKS & DODSON, 1965; DODSON, 1974; NEILL, 1975). Para Chesson et al.,(2008) a competição e a predação devem ser vistas de forma simétrica, pois, estas duas interações são igualmente capazes de limitar ou promover a manutenção da diversidade, permitindo assim a coexistência entre as espécies ou a exclusão de uma das espécies competidoras. Urabe (1990) observou que a abundância e predominância de espécies de cladóceros eram controladas tanto pela predação por peixes quanto pela disponibilidade de fitoplâncton.

Segundo Bonecker (2001), a disponibilidade de alimento (clorofila *a*), está intimamente relacionada com a abundância de calanoides. Neste estudo observou-se que as quatro espécies de copépodes Calanoida que ocorreram foram mais representativas no compartimento lateral. Como observado neste estudo, o predomínio de juvenis de Calanoida em reservatórios é comum e já foi registrado em outros trabalhos (LANSAC-TOHA et al., 2005; TAKAHASHI et al., 2009). Segundo Espíndola et al., (2000), a alta produção dos estágios iniciais de copépodes em reservatórios é uma estratégia adaptativa para compensar a alta mortalidade antes de alcançarem a fase adulta.

A estrutura da comunidade de microcrustáceos diferiu significativamente tanto ao longo do tempo quanto entre os compartimentos, enquanto as variáveis abióticas apresentaram diferenças significativas apenas entre os meses. Entretanto mesmo que as variáveis abióticas não apresentaram diferença significativa espacialmente, os resultados observados na RDA indicaram uma forte associação espécie-ambiente no reservatório estudado, mostrando que o padrão de distribuição espacial da assembleia é explicado parcialmente pela dinâmica das variáveis físicas e químicas dos compartimentos lateral e central.

A variação das abundâncias das espécies na natureza não ocorre aleatoriamente, mas em resposta a interações interespecíficas e mudanças das variáveis ambientais (TILMAN et al., 1998). Respostas às flutuações ambientais tem sido o fator mais comumente utilizado para explicar a dinâmica de variação das espécies. Chase (2007) em experimento realizado em microcosmos verificou que a importância de efeitos estocásticos e ecológicos depende da severidade do filtro ecológico ao qual o ambiente esta submetido. No trabalho citado o autor expos lagos a situações de seca e verificou que a severidade deste filtro biológico aumentou a semelhança da comunidade reduzindo a sua diversidade, pois as espécies que conseguem sobreviver são aquelas que suportam as condições mais severas. Assim, mesmo que a diversidade de espécies de um local possa se recuperar após um evento estocástico, a diversidade regional é comprometida. Desta forma, no reservatório estudado que possui um

número reduzido de espécies zooplanctônicas, quando comparado com outros reservatórios da região semiárida (LEITÃO et al., 2006; SOUSA et al., 2008; ALMEIDA et al., 2009; VIEIRA et al., 2009; MEDEIROS et al., 2011), políticas de manejo e conservação são importantes para mitigar os efeitos dos distúrbios naturais e antropogênicos, diminuindo a probabilidade de perda da diversidade da comunidade.

É conhecido que a estrutura e a distribuição de uma comunidade estão relacionadas com múltiplos fatores ambientais bióticos e abióticos e também com a habilidade das espécies em responder a estes fatores. Neste estudo, foi observada uma distribuição compartimentalizada da comunidade zooplanctônica sendo explicada parcialmente pela variação das condições limnológicas, sendo que estas apresentaram uma forte variação temporal. Assim, a variação temporal é um efeito importante na dinâmica desta comunidade, pois modifica as variáveis limnológicas e tem efeito direto sobre as espécies.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V. L. S.; DANTAS, E. W.; MELO-JÚNIOR, M. ; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. ; MOURA, A. N.; Zooplanktonic community of six reservoirs in northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.69, n.1, p.57-65, 2009.

BARBOSA, J. E. de L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R.da S.; CRISPIM, M. C. B.; GONZAGA da SILVA, G. H. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 103-118, 2012.

BAXTER, R. M. Environmental effects of dams and impoundments. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 8, n.1, p. 255-283, 1977.

BERNOT, R. J.; DODDS, W. K.; QUIST, M. C.; GUY, C. S. Spatial and temporal variability of zooplankton in a great plains reservoir. **Hydrobiologia**. v.525, n.1-3, p.101-112, 2004.

BETSIL, R. K.; VAN DEN AVYLE, M. J. Spatial heterogeneity of reservoir zooplankton: a matter of timing? **Hydrobiologia**. v.277, p. 63–70, 1994.

BINI, L. M.; TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; MATHEUS, C. E. Spatial variation of zooplankton groups in a tropical reservoir (Broa Reservoir, Sao Paulo State-Brazil) **Hydrobiologia**, v.357, p. 89-98, 1997.

BONECKER, C. C.; LANSAC-TÔHA, F. A.; VELHO, L. F. M.; ROSSA, D. C. The Temporal Distribution Patter of Copepods in Corumbá Reservoir, State of Goias, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 453/454, p. 375-384, 2001.

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

BROOKS, J. L.; DODSON, S. I. Predation, body size, and composition of the plankton. **Science** v.150, p.28–35, 1965

BRITO, S. L.; MAIA-BARBOSA, P. M.; PINTO-COELHO, R. M. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. **Lakes and Reservoirs: Research and Management** v.16, n. 4, p. 253-264, 2011.

BURDIS, R. M.; HOXMEIER, R. J. H. Seasonal zooplankton dynamics in main channel and backwater habitats of the Upper Mississippi River. **Hydrobiologia** v.667, p.69–87, 2011.

CHASE, J. M. Drought mediates the importance of stochastic community assembly. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v.104, n.44, p. 17430-17434, 2007.

CHESSON, P.; KUANG, J. J. The interaction between predation and competition. **Nature**, v.456, p.235-238, 2008.

COLARES, M. A. M.; BONECKER, C. C.; SIMÕES, N. R.; ALVES, G. M.; LANSAC-TÔHA, F. A. Structure of the zooplankton communities in macrophytes stand of a Neotropical floodplain (the Paraná River, Brazil). **International Review of Hydrobiology**. v.98, p. 89-103, 2013.

DODSON, S. I. Zooplankton competition and predation: an experimental test of the size-efficiency hypothesis. **Ecology**, v. 55, p.605–613, 1974.

ELMOOR-LOUREIRO, M. A. L. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Brasília: Universo, 1997.

ESPÍNDOLA, E.L.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RIELTZLER, A.C.; TUNDISI, J.G.; Spatial heterogeneity of the Tucuruí reservoir (State of Pará, Amazonia, Brazil) and the distribution of zooplankton species. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 542, n. 1, p.179-193, 2000.

FERNÁNDEZ-ROSADO, M.J.; LUCENA, J. Space-time heterogeneities of the zooplankton distribution in La Concepcion reservoir (Istán, Málaga; Spain). **Hydrobiologia**. v. 455, p. 157-170, 2001.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHSTAD, M.A. Methods for physical & chemical analysis of freshwater. 2a ed. Oxford: **Blackwell Scientific Publications**, 231p. 1978.

KIMMEL, B. L.; LIND, O. T.; PAULSON, L. J. Reservoir primary production. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L. PAYNE, F. E. **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: Wiley Interscience Publication, p.133-193, 1990.

KINDT, R.; COE, R. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi. 2005.

KREBS, C.J. **Ecological Methodology**. New York: Benjamin Cummings 2ed.1998.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Amsterdan: Elsevier Science. 853p, 1998.

LEITÃO, A.C.; FREIRE, R.H.F.; ROCHA, O.; SANTAELLA, S.T. Zooplankton community composition and abundance of two Brazilian semiarid reservoirs. **Acta Limnologica Brasiliensis** v. 18, p. 451-468, 2006.

MACKERETH, F.I.H.; HERON, J.; TALLING, JF. Water analysis: some revised methods for limnologists. London: **Freshwater Biological Association**, 121p. 1978.

MAGURRAN, A, E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba: Ed UFPR. 2013.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Ediciones Omega, 1983.

MARZOLF, G.R. Reservoirs as environments for zooplankton. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L; PAYNE, F.E. (Eds.). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: J. Wiley & Sons, ch7, p. 195-208, 1990.

MATSUMURA-TUNDISI, T. Latitudinal distribution of Calanoida copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 46, p.527–553,1986.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). **Hydrobiologia**. v.542, p. 367-378, 2005.

MEDEIROS, E.S. F.; NOIA, N. P.; ANTUNES, L. C.; MELO, T. X. Zooplankton composition in aquatic systems of semi-arid Brazil: Spatial variation and implications of water management. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v.6, n.4, p.290-302, 2011.

NEILL, W. E. Experimental studies of microcrustacean copetition, community composition and effieience of resource utilization. **Ecology**. v.56, n.4, p. 809-826.1975.

NEWEL, G. E; NEWEL R. C. **Marine Plankton**. London: Hutchinson Educational Great. Portland Street, 1963.

NOGUEIRA, M. G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in jurumirim reservoir (Paranapanema river), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**. v. 455, p.1-18, 2001.

NOGUEIRA, M.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia de um sistema artificial (Represa Monjolinho – São Carlos, SP). Dinâmica das populações planctônicas. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 8, n. 1, p. 149-168, 1996.

OKSANEN, J.; F. G. BLANCHET,; R. KINDT,; P. LEGENDRE,; P. R. MINCHIN,; R. B. O'HARA,; G. L. SIMPSON,; P. SOLYMONS,; M. HENRY,; H. STEVENS,; H. WAGNER;

Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.3-0. 2015. <http://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>

PANARELLI, E.; CASANOVA, S. M. C.; NOGUEIRA, M. G.; MITSUKA, P. M.; HERRY, R. A comunidade zooplanctônica ao longo de gradientes longitudinais no Rio Paranapanema/ Represa de Jurumirim (São Paulo, Brasil). In. **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. ed. Henry, R. Editora Rima. São Paulo. 131-162. 2003.

PERBICHE-NEVES, G.; NOGUEIRA, M G. Reservoir design and operation: Effects on aquatic biota a case study of planktonic copepods. **Hydrobiologia**. v. 707, p.187-198, 2013.

PINEL-ALLOUL, B.; MIMOUNI, E. A. Are cladoceran diversity and community structure linked to spatial heterogeneity in urban landscapes and pond environments? **Hydrobiologia** v.715 p.195–212, 2013.

PINTO-COELHO, R.; PINEL-ALLOUL, B.; MÉTHOT, G.; HAVENS, K. E. Crustacean zooplankton in lakes and reservoir of temperate and tropical regions: variation with trophic status. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** v. 62, p.348–361, 2005.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015.

REID, J.W. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). **Boletim de Zoologia** v. 9, p.17–143, 1985.

ROCHA, O.; DENDACZ, S.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Composition biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs of Brazil. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, E. (Eds.). **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro: ABC/SBL, p. 151-166, 1995.

ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; ROCHE, K. F.; RIETZLER, A. C. Ecological theory applied to reservoir zooplankton. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Ed.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: Instituto internacional de Ecologia. p. 457-576,1999.

SIMÕES, N, R.; SONODA, S, L. Estrutura da assembléia de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) em um reservatório do semi-árido Neotropical, Barragem de Pedra, Estado da Bahia, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**. Maringá, v. 31, n. 1, p. 89-95, 2009.

SIMÕES, N.R.; NUNES, A. H; DIAS, J. D.; LANSAC-TOHA, F.A.; VELHO, L.F.M.; BONECKER, C.C. Impact of reservoirs on zooplankton diversity and implications for the conservation of natural aquatic environments. **Hydrobiologia** v.758, p.3-17, 2015.

SOUSA,W.; ATTAYDE, J.L.; ELINEZ DA SILVA ROCHA, E. da SILVA.; ESKINAZI SANT'ANNA,E.M. 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**. v. 30, n.6, p. 699-708, 2008.

TEIXEIRA, C.; KUTNER, M. M. Plankton studies in a mangrove environment I – First assessment of standing stock and ecological factors. **Boletim do Instituto Oceanográfico**. v. 12, p. 101-124,1962.

THORNTON, J. A.; RAST, W. A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In: STRASKRABA, Y.;TUNDISI, J. G. A.; DUNCAN, A. (eds). **Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management**. Kluwer Academic Publishers, London, p. 1–24,1993.

TILMAN, D.; LEHMAN, C.; BRISTOW, C. Diversity-stability relationships: statistical inevitability or ecological consequence? **The american naturalist** v.151, p.277–282, 1998.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios- estudos de caso e perspectivas. In. **Ecologia de reservatórios**. 2 ed. NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A.; (orgs.) Editora Rima. São Carlos.1-21.2006.

URABE, J. Stable horizontal variation in the zooplankton community a reservoir maintained by predation and competition. **Limnology oceanography**. v.35, n.8, p.1703-1717,1990.

VAN DEN BRINK, F. W. B.; VAN KATWIJK, M. M.; VAN DE VELDE, G. Impact of hydrology on phyto and zooplankton communities composition in floodplain lakes along the Lower Rhine and Meuse. **Journal of Plankton Research**.v.16, p. 351–373,1994.

VIEIRA, A.C.B.; RIBEIRO, L.L.; SANTOS, D.P.N.; CRISPIM, M.C. Correlation between the zooplanktonic community and environmental variables in a reservoir from the Northeastern semi-arid. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.21, n.3, p.349-358, 2009.

10.ANEXOS

Tabela 1- Resumo geral dos resultados da Análise de componentes principais (ACP), realizada com as variáveis abióticas coletadas entre julho/2013 e novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié-BA.

	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura	1,09	-0,29
pH	-0,89	0,71
Condutividade	-1,12	0,82
Turbidez	1,44	-0,01
Oxigênio dissolvido	-1,16	0,35
Disco de Secchi	-1,23	0,22
Clorofila a	-0,54	0,91
Alcalinidade	-0,07	-0,21
MST	1,11	0,90
MSI	1,08	0,95
MSO	1,05	0,99

Tabela 2- Resumo geral dos resultados da pRDA realizada com as variáveis abióticas e bióticas coletadas entre julho/2013 e novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié-BA.

	Eixo 1 (r)	Eixo 2 (r)
Temperatura	-0,31	0,12
pH	0,00	0,37
Turbidez	0,04	0,02
Secchi	-0,04	0,05
Clorofila a	0,14	0,31
Alcalinidade	0,11	0,28
<i>D. gessneri</i>	-0,01	-0,08
<i>D. birgei</i>	0,03	-0,02
<i>C. cornuta</i>	-0,00	0,05
<i>D. spinulosum</i>	-0,03	-0,00
<i>A. azevedoi</i>	-0,04	0,00
<i>N. cearenses</i>	-0,15	0,00
<i>N. iheringi</i>	-0,16	-0,01
<i>M. albidus</i>	-0,00	-0,00
<i>T. minutus</i>	-0,04	0,01
Nauplio Calanoida	0,08	-0,11
Nauplio Cyclopoida	0,19	0,11
Juvenis Cyclopoida	-0,06	0,15
Juvenis Calanoida	0,06	-0,07

Capítulo 2 - Sincronia temporal da abundância de microcrustáceos em um reservatório do semiárido baiano

11.RESUMO:

A correlação temporal de populações de uma mesma espécie distribuída no espaço é conhecido como sincronia populacional. Esta sincronia pode ocorrer em função de fatores locais ou regionais. O objetivo deste trabalho foi verificar o nível de sincronia da abundância de espécies de microcrustáceos e a importância das variáveis abióticas e da distância sobre a sincronia. As coletas foram realizadas na Barragem da Pedra entre julho de 2013 e novembro de 2014, totalizando sete campanhas. Os níveis de sincronia temporal de sete espécies de microcrustáceos e das formas jovens de Copepoda foram estimados utilizando o coeficiente de correlação intraclasses (CCI). Das sete espécies analisadas e as formas jovens de Copepoda, nove apresentaram $CCI \geq 0,50$, enquanto os menores valores foram observados para juvenis de Calanoida ($CCI=0,37$) e para a espécie *Notodiaptomus iheringi* ($CCI=0,25$), entretanto todos foram significativos ($p < 0,05$). As espécies de Copepoda Calanoida *Argyrodiaptomus azevedoi*, *Notodiaptomus cearensis*, *Notodiaptomus iheringi*, o cladóceros *Diaphanosoma spinulosum* e os juvenis de Calanoida apresentaram sincronia populacional relacionada às variáveis abióticas. Os náuplios e *Diaphanosoma birgei* apresentaram sincronia explicada pela autocorrelação espacial sugerindo que fenômenos de transporte podem estar sendo limitado pela distância espacial, ou que algum fator regional perde seu efeito com o aumento da distância. As espécies *Daphnia gessneri*, *Thermocyclops minutus* e os juvenis de Cyclopoida não mostraram relações nem com as variáveis ambientais nem autocorrelação espacial. Esta combinação de resultados indica que as populações do reservatório são influenciadas tanto por fatores locais, quanto por fatores extrínsecos que operam em todo o reservatório como a sazonalidade climática que é um fator importante na variação das comunidades do semiárido.

Palavras-chave: Reservatórios, zooplâncton, distância espacial, variação temporal, Rio de Contas.

Chapter 2 - Temporal synchrony of the abundance of microcrustaceans in a reservoir of Bahian semi-arid

ABSTRACT:

The temporal correlation of populations of the same species distributed in space is known as population synchrony. This synchrony can occur due to local or regional factors. The objective of this study was to verify the synchrony level of abundance of microcrustaceans species and the importance of abiotic variables and distance on the synchrony. Samples were collected at the reservoir Barragem da Pedra, between July/2013 and November/2014. The temporal synchrony levels of seven species of microcrustaceans and young forms of Copepoda were estimated using the intraclass correlation coefficient (ICC). Of the seven species analyzed and young forms of copepods, nine had $ICC \geq 0.50$, the low values were observed for juvenile Calanoida ($ICC = 0.37$) and for the species *Notodiaptomus iheringi* ($ICC = 0.25$) however all were significant ($p < 0.05$). The species of copepods Calanoida *Argyrodiaptomus azevedoi*, *Notodiaptomus cearensis*, *Notodiaptomus iheringi*, the Cladocera *Diaphanosoma spinulosum* and juvenile Calanoida showed population synchrony related to abiotic variables. The nauplii and *Diaphanosoma birgei* presented synchrony explained by spatial autocorrelation suggesting that transport phenomena can be limited by spatial distance,

or that some regional factor lost its effect with increasing distance. The species *Daphnia gessneri*, *Thermocyclops minutus* and Cyclopoida juveniles no showed relations with environmental variables or with spatial autocorrelation. This combination of results indicates that the population of the reservoir is influenced by both local factors and by extrinsic factors operating throughout the reservoir, as the seasonality, that is a important factor in the dinamic of the semi-arid communities.

Keywords: Reservoirs, zooplankton, spatial distance, temporal variation, Rio de Contas river.

12.INTRODUÇÃO

Estudos que buscam compreender os mecanismos relacionados com a dinâmica espaço-temporal das populações são importantes para descrever o papel que as interações tróficas e forças exógenas exercem em sistemas específicos. Estes efeitos já foram estudados em populações de mamíferos (MORAN, 1953a, 1953b; BJORNSTAD et al., 1999), aves (KOENIG, 2001; BELLAMY et al., 2003), insetos (DE VALPINE et al., 2010; STANGE et al., 2011), peixes (RANTA et al., 1995), bactérias e invertebrados aquáticos (KENT et al. 2007; LANSAC-TOHA et al., 2008; LODI et al., 2014). Diferentes populações da mesma espécie flutuam mais ou menos de forma síncrona mesmo quando as populações são muito distantes umas das outras. Ou seja, os aumentos e diminuições em abundância de uma população tendem a ocorrer em simultâneo com aumentos e reduções de outras populações (BJORNSTAD et al., 1999).

Este fenômeno de flutuações temporais correlacionadas entre populações é definido como sincronia populacional (MAGNUSON et al., 1990; SHURIN, 2007). A variação da sincronia está relacionada com fatores intrínsecos e extrínsecos. Fatores intrínsecos se referem a características locais dos ecossistemas e tendem a exercer maior influência em escalas espaciais menores. Fatores extrínsecos exercem influências em maiores escalas espaciais e geralmente consistem em fatores climáticos (WEBSTER et al., 1996; BAINES et al., 2000).

Liebhold et al., 2004, aponta três processos que podem sincronizar as dinâmicas populacionais, o primeiro é a dispersão pois, populações que são conectadas por dispersão tendem a flutuar sincronicamente porque o aumento na densidade de um local produz emigrantes que se movem para populações vizinhas e reduz a heterogeneidade das flutuações de populações locais (FONTAINE e GONZALEZ, 2005). O segundo fator é conhecido como efeito Moran. Este pode ter influência direta e indireta sobre as populações: na forma direta um fator exógeno como o clima, por exemplo, atua como um filtro regulando o espectro de variação dos tamanhos populacionais; indiretamente, o clima regula as variáveis ambientais, e as populações são então reguladas pelas dinâmicas dessas variáveis. Seja pela influência direta ou indireta, é possível prever que duas populações com processos dependentes da densidade idênticos, se reguladas predominantemente pelo efeito Moran e localizadas em ambientes similares, apresentarão elevados níveis de sincronia (MORAN, 1953; HUDSON e CATTADORI, 1999). Porém, raramente as populações apresentam processos dependentes da densidade idênticos. Desta forma, para apresentarem elevada sincronia, o efeito sincronizador das variáveis ambientais deve sobrepor as diferenças nas dinâmicas populacionais, como a

migração, por exemplo (GRENFELL et al., 1998). O terceiro fator relacionado a sincronia populacional são as interações interespecíficas como doenças e predação que podem induzir a sincronia por impor uma fonte comum de morte na população (IMS e ANDREASSEM, 2000).

A distância que separa as populações locais é inversamente relacionada com a sincronia, quando a distância que separa as populações aumenta, a sincronia diminui. Este fenômeno pode refletir dois padrões diferentes: para as populações que flutuam de forma não periódica, o padrão de flutuação pode tornar-se cada vez mais desigual com a distância. Para as populações que variam de forma cíclica, com o aumento da distância as flutuações podem divergir (RANTA et al., 1999; LIEBHOLD et al., 2004). A determinação da sincronia populacional tem importância teórica e prática, possibilitando ações para a conservação e manejo de populações por que o risco de extinção aumenta com a sincronia, pois a alteração em um fator regional pode ser forte o suficiente para causar a extinção de uma população local (HEINO et al., 1997).

Vários estudos que abordam a sincronia tanto de variáveis bióticas quanto de variáveis abióticas têm sido realizados em ambientes aquáticos, principalmente em lagos. Baines et al., (2000) demonstraram um elevado nível de coerência temporal de temperatura, cálcio e de clorofila *a* em lagos dos Estados Unidos e sugeriu o estudo continuado destes lagos para prever os efeitos da variabilidade climática sobre ecossistemas aquáticos. George et al., (2000) demonstraram os efeitos de condições climáticas como a Oscilação do Atlântico Norte e o vento, afetando os níveis de coerência de temperatura no inverno e abundância do zooplâncton no verão, em cinco lagos na Inglaterra. Em reservatórios, Lansac-Toha et al., (2008) registraram altos valores de sincronia populacional para rotíferos e tecamebas relacionados com flutuações no fluxo de água que promove a dispersão destes organismos entre as regiões do reservatório. Lodi et al., (2014) observaram o aumento da sincronia para microcrustáceos e rotíferos após a formação de um reservatório.

Desta forma o presente estudo teve como objetivo investigar a flutuação temporal na densidade de espécies de microcrustáceos e formas jovens de Copepoda em um reservatório do semiárido brasileiro. Foi testada a hipótese que as flutuações de densidade de microcrustáceos em um reservatório do semiárido apresentam elevada sincronia temporal. Para testar esta hipótese os níveis de sincronia foram calculados para cada espécie e formas jovens de Copepoda e foi verificado se a sincronia estava relacionada com a variação espacial ou com a dinâmica das variáveis abióticas.

13. MATERIAL E MÉTODOS

13.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no reservatório Barragem da Pedra, localizado no estado da Bahia, região semiárida. O reservatório foi formado em 1967 a partir da implantação da Usina Hidrelétrica (UHE) de mesmo nome no trecho médio-inferior do Rio de Contas, possui uma área de 101 km² e uma capacidade de acumulação de 1640 hm³. Atualmente o reservatório promove o abastecimento de água para parte da cidade de Jequié e apresenta no seu entorno formações vegetais do tipo Caatinga. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger o clima da cidade de Jequié, é do tipo *Aw* com estação seca de maio a outubro e uma estação chuvosa de novembro a abril, as temperaturas médias anuais variam entre 21 a 33°C e a precipitação anual média é de 800 mm (<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=BA>).

13.2 Coleta de dados

Os dados foram obtidos em oito pontos de amostragem (Figura 1) entre julho de 2013 a novembro de 2014 com uma frequência de amostragem média de dois meses. Uma sonda multiparâmetro (HORIBA U 52) foi utilizada para mensurar a temperatura, pH e turbidez. Perfis verticais foram realizados com medições a cada 0,5m até os 5,0m de profundidade e a partir daí a cada 1m até o fundo. A transparência da água foi medida com auxílio do Disco de Secchi. Em cada ponto, amostras de água foram coletadas para determinação em laboratório da clorofila *a* (GOLTERMAN et al., 1978).

Amostras para análise qualitativa e quantitativa do zooplâncton foram coletadas utilizando-se uma rede cônica com 68 µm de abertura de malha. Para ambas as análises foram realizados arrastos verticais do fundo para a superfície em cada ponto amostrado. Em seguida, as amostras foram fixadas em formol tamponado com concentração final 4%.

A identificação dos organismos zooplanctônicos foi realizada com o auxílio de microscópio estereoscópico, microscópio óptico e bibliografia especializada (ELMOOR-LOUREIRO, 1997; MATSUMURA-TUNDISI 1986; REID, 1985). Os juvenis de copépodes (copepoditos e náuplios) foram identificadas e contadas ao nível de ordem.

O zooplâncton foi contado em cubetas de acrílico com fundo quadriculado sob estereomicroscópio com aumento de 40 vezes. A contagem foi realizada retirando-se sub-

amostras da amostra total homogeneizada até atingir pelo menos 200 indivíduos da espécie mais abundante, para espécies raras, os organismos foram quantificados na totalidade.

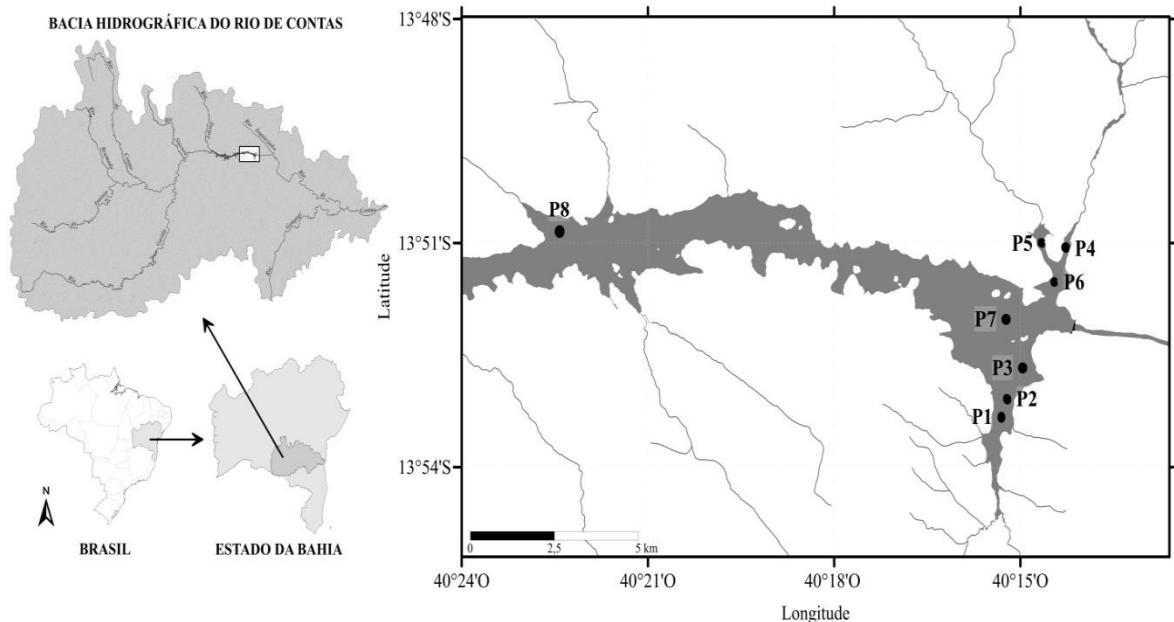


Figura 1- Bacia hidrográfica do Rio de Contas e pontos de amostragem na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

13.3 Análise de dados

A sincronia temporal foi estimada usando matrizes de abundância (M) de espécies de microcrustáceos e formas jovens de Copepoda (náuplios e juvenis). Para esta análise foi utilizado o coeficiente de correlação intraclasse (CCI). Rusak et al., (1999) aponta que esta métrica tem três vantagens sobre a tradicional correlação de Pearson, pois não é restrita aos pares de comparações mas pode, simultaneamente, determinar a relação entre n conjuntos de dados de séries temporais. Em segundo lugar, é o método recomendado quando é impossível para designar série dependente e independente em comparações pareadas. E por último, porque é uma estimativa do componente de variação entre cada tempo da série temporal. O coeficiente de correlação intraclasse é uma medida do grau de homogeneidade (ou heterogeneidade) dentro dos conjuntos de dados. Quando as unidades elementares dentro dos conjuntos são homogêneas (dinâmicas temporais síncronas), a correlação intraclasse é próximo de 1. Inversamente, se as unidades elementares nos conjuntos forem relativamente

heterogêneas (dinâmicas temporais assíncronas) em relação a uma característica, o coeficiente de correlação intraclasse será próximo de zero ou no caso mais extremo negativo (ZAR, 1984). Para esta análise as densidades foram padronizadas para uniformizar as variâncias.

Para testar se a sincronia temporal estava relacionada com a distância espacial ou com as variáveis abióticas, foram utilizadas correlações de Mantel. Primeiramente, uma matriz de dados por espécie (locais nas colunas e tempo nas linhas, matriz **M**) foi transformada em matriz de dissimilaridade usando a dissimilaridade de Bray-Curtis. Uma matriz contendo as distâncias espaciais entre as localidades (em *ranking*) foi utilizada para representar a conectividade entre os locais (**D**), as distâncias foram determinadas ponto a ponto, observando a conectividade entre eles. Matrizes de variáveis ambientais, tendo a variação temporal como descritor foram estruturadas e calculadas usando a distância euclidiana (**L**). Uma série de testes parciais de Mantel foram realizadas para avaliar as relações entre **M** e **L** retirando o efeito da distância entre locais de amostragem (**D**). A estatística de Mantel parcial avalia a correlação entre duas matrizes retirando os efeitos de uma terceira matriz (LEGENDRE, 2000).

As análises foram realizadas com o pacote *irr* (GAMER et al., 2012) e *vegan* (OKSANEN et al., 2015) no programa R.2.3.0 (R Development Core Team, 2015).

14.RESULTADOS

A turbidez variou entre 18,28 a 116,46 UNT, enquanto para o disco de Secchi esta variação foi de 0,15 a 0,64 m. A clorofila *a* e a alcalinidade total oscilou entre 0,85 a 7,54 mg.l⁻¹ e de 39,49 a 81,08 mg. l⁻¹, respectivamente. O menor valor médio de temperatura foi 24,98 e o maior 27,64. O pH variou entre 7,03 e 8,44. Valores médios das variáveis limnológicas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1– Médias, desvio padrão, valores mínimos e máximos das variáveis físicas e químicas - Temp: temperatura, Alc: alcalinidade total, Turb: turbidez, Chl: clorofila *a*, Secchi: transparência - da Barragem da Pedra no período de julho/2013 a novembro/2014.

		Temp °C	pH	Turb (UNT)	Chl a (mg. l ⁻¹)	Alc (mg. l ⁻¹)	Secchi (m)
Jul/2013	Média±DP	24,98±0,26	7,17±0,16	28,19±4,03	0,85±0,17	41,41±0,70	0,44±0,07
	Mín-Máx	24,63-25,39	6,81-7,39	17,80-36,91	0,60-1,18	39,89-42,35	0,30-0,50
Set/2013	Média±DP	25,59±0,43	8,44±0,31	18,28±0,78	1,76±0,53	43,31±0,31	0,64±0,06
	Mín-Máx	25,04-26,25	7,80-8,92	17,44-20,71	1,22-2,56	42,74-44,55	0,50-0,70
Jan/2014	Média±DP	27,21±0,22	7,13±0,25	116,46±10,15	0,98±0,25	40,33±2,32	0,15±0,00
	Mín-Máx	26,89-27,82	6,19-7,42	105,65-150,37	0,68-1,45	37,18-43,42	0,15-0,15
Mar/2014	Média±DP	27,64±0,13	7,03±0,29	81,69±3,27	2,63±0,69	39,49±0,98	0,21±0,02
	Mín-Máx	27,49-27,92	6,41-7,58	68,60-85,36	1,52-4,47	38,00-41,13	0,20-0,25
Mai/2014	Média±DP	26,14±0,20	7,40±0,35	56,85±3,11	1,73±0,17	41,88±0,54	0,23±0,04
	Mín-Máx	25,89-26,47	6,40-8,12	44,39-59,55	1,42-2,27	40,55-42,91	0,20-0,30
Set/2014	Média±DP	25,13±0,44	7,98±0,44	24,26±0,84	7,54±2,02	44,47±0,25	0,42±0,03
	Mín-Máx	24,59-26,06	7,02-8,59	21,33-25,37	3,16-10,67	43,78-44,90	0,40-0,50
Nov/2014	Média±DP	26,64±0,34	7,10±0,14	52,81±1,39	2,19±0,50	81,08±51,78	0,30±0,04
	Mín-Máx	25,99-27,55	6,70-7,38	50,22-55,14	1,30-3,27	45,52-190,79	0,25-0,35

A assembleia de microcrustáceos apresentou uma riqueza total de sete espécies sendo, três espécies de Cladocera (*Daphnia gessneri*, Herbst, 1967; *Diaphanosoma birgei*, Korineck, 1981; *Diaphanosoma spinulosum*, Herbst, 1967), três copépodes Calanoida (*Argyrodiaptomus azevedoi*, Wright, 1935; *Notodiaptomus cearensis*, Wright, 1936; *Notodiaptomus iheringi*, Wright, 1935) e um copélope Cyclopoida (*Thermocyclops minutus*, Lownds, 1934). Entre os meses de julho/2013 a março/2014 e em setembro/2014 os juvenis de Calanoida (Figura 2) foram os organismos mais abundantes no reservatório variando entre 13,9 a 41,0 ind.l⁻¹. No mês de maio/2014 a espécie *N. iheringi* foi a mais abundante (5,3 ind.l⁻¹) e em novembro/2014 os juvenis de Cyclopoida apresentaram a maior densidade (17,1 ind.l⁻¹). Os cladóceros *D. gessneri*, *D. birgei* e *D. spinulosum* apresentaram baixos valores de abundância (0 a 2,62 ind.l⁻¹; 0,09 a 3,41 ind.l⁻¹; 0 a 0,18 ind.l⁻¹, respectivamente), assim como o copélope *A. azevedoi* (0,03 a 0,60 ind. l⁻¹). O menor valor de abundância total foi observado no mês de março/2014 (26,3 ind.l⁻¹), enquanto o mês de setembro/2013 apresentou a maior abundância total de microcrustáceos (93,0 ind.l⁻¹). Os copépodes calanoides representaram 22,2% da abundância total, os copépodes ciclopoides 5,2%, os cladóceros 2,60 % e as formas jovens de copépodes 70,0%.

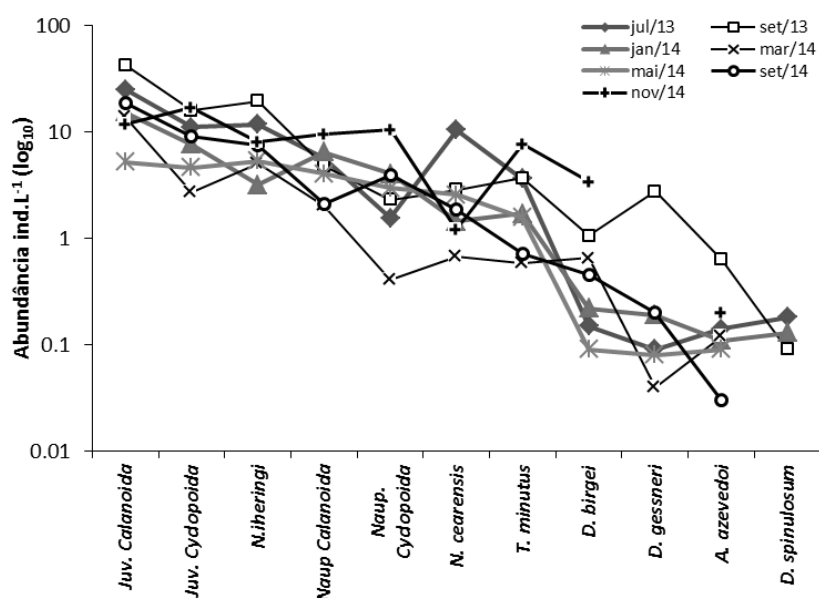


Figura 2 – Variação temporal da abundância das espécies de microcrustáceos amostradas entre julho/2013 a novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

Os níveis de sincronia foram significativos para todos os taxa de microcrustáceos estudados (Tabela 2). Os maiores valores foram registrados para os cladóceros *D. gessneri* e *D. birgei* (CCI=0,91), enquanto o copépode Calanoida *N. iheringi* (Figura 3) apresentou o menor valor de sincronia (CCI=0,25). Este resultado caracteriza uma variação temporal síncrona das populações, com destaque para espécies como *D. gessneri* com sincronia mais elevada (Figura 3A), e *N. iheringi* com sincronia menos elevada (Figura 3B).

Tabela 2- Coeficiente de correlação intraclasse (CCI) para as densidades das espécies de microcrustáceos e formas jovens de copépodes amostrados entre julho/2013 e novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

	CCI	F	P
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i>	0,51	8,15	<0,001
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	0,25	3,37	<0,001
<i>Notodiaptomus cearensis</i>	0,54	9,07	<0,001
<i>Thermocyclops minutus</i>	0,69	16,3	<0,001
<i>Daphnia gessneri</i>	0,91	72,2	<0,001
<i>Diaphanosoma birgei</i>	0,91	74,6	<0,001
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	0,53	8,83	<0,001
Juvenis Calanoida	0,37	5,04	<0,001
Juvenis Cyclopoida	0,50	8,08	<0,001
Náuplio Calanoida	0,72	18,8	<0,001
Náuplio Cyclopoida	0,71	20,6	<0,001

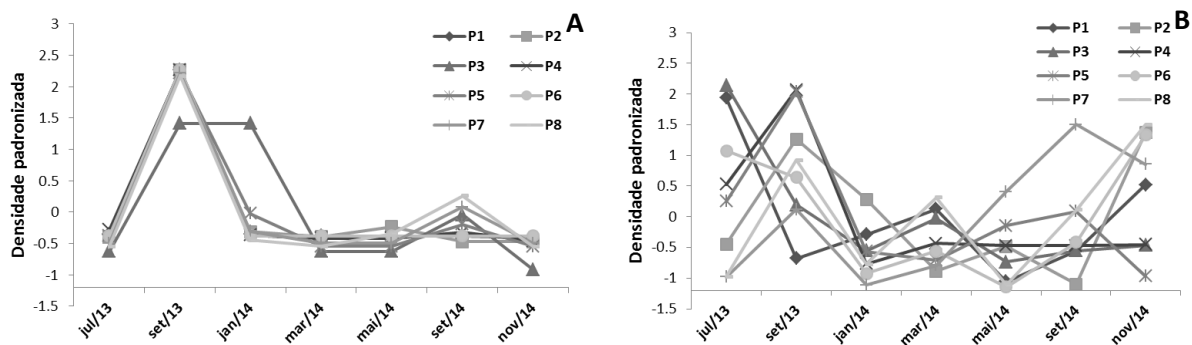


Figura 3 – Variação temporal da densidade de *D. gessneri* (A) e *N. iheringi* (B) entre julho/2013 a novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

A dinâmica temporal de *D. gessneri*, *T. minutus* e dos juvenis de Cyclopoida não esteve associada com a dinâmica temporal de nenhuma das variáveis analisadas, os náuplios de Calanoida e Cyclopoida e a espécie *D. birgei* apresentaram dinâmica dependente da distância espacial (autocorrelação espacial significativa). Além da distância, a espécie *D. birgei* esteve associada com a dinâmica temporal da clorofila *a*, turbidez e transparência. A sincronia do cladóceros *D. spinulosum* esteve associada significativamente com o maior número de variáveis (transparência, temperatura, turbidez e pH).

Tabela 3- R estatístico de Mantel e valor p(), avaliando a sincronia temporal entre as espécies e as variáveis limnológicas e a distância entre os pontos amostrados entre julho/2013 a novembro/2014 na Barragem da Pedra, Jequié, BA.

	Distância	Secchi	Alc	Chl	Temp	Turb	pH
<i>A. azevedoi</i>	-0,02(0,52)	-0,29(0,05)	0,05(0,28)	-0,27(0,05)	0,04(0,35)	-0,15(0,80)	-0,13(0,83)
<i>N. iheringi</i>	0,02(0,43)	-0,27(0,90)	-0,30(0,02)	-0,16(0,76)	0,65(0,009)	-0,15(0,75)	-0,02(0,53)
<i>N. cearensis</i>	0,15(0,26)	-0,24(0,84)	-0,37(0,04)	0,04(0,36)	0,45(0,01)	-0,01(0,49)	-0,09(0,62)
<i>T. minutus</i>	0,23(0,14)	-0,04(0,54)	-0,18(0,86)	-0,23(0,88)	0,10(0,25)	-0,24(0,85)	0,32(0,10)
<i>D. gessneri</i>	0,008(0,43)	0,02(0,43)	0,05(0,27)	-0,12(0,70)	-0,16(0,75)	0,08(0,36)	0,23(0,14)
<i>D. birgei</i>	0,35(0,04)	0,54(0,01)	0,15(0,08)	0,75(0,005)	0,07(0,25)	0,35(0,04)	0,31(0,07)
<i>D. spinulosum</i>	0,04(0,42)	0,33(0,03)	-0,19(0,82)	0,24(0,14)	0,48(0,02)	0,41(0,05)	0,42(0,03)
Juvenis Calanoida	0,16(0,21)	-0,04(0,54)	-0,28(0,03)	-0,14(0,72)	0,11(0,23)	-0,14(0,70)	0,26(0,12)
Juvenis Cyclopoida	0,24(0,10)	-0,22(0,88)	-0,18(0,89)	-0,20(0,85)	0,11(0,23)	-0,25(0,89)	0,04(0,44)
Náuplio Calanoida	0,46(0,01)	-0,02(0,52)	-0,08(0,59)	-0,08(0,59)	0,24(0,14)	0,02(0,44)	0,37(0,06)
Náuplio Cyclopoida	0,44(0,01)	0,33(0,06)	-0,16(0,71)	0,45(0,01)	0,31(0,10)	0,20(0,22)	0,39(0,02)

O teste de Mantel parcial retirando o efeito da distância (Tabela 4) para as espécies que apresentaram autocorrelação espacial, não mostrou alterações quanto a influência das variáveis para *D. birgei* e os náuplios de Calanoida, apenas os náuplios de Cyclopoida deixaram de ser influenciados pelo pH e apresentaram efeito significativo da turbidez.

Tabela 4 – R estatístico do teste de Mantel parcial e valor p(), avaliando a influência das variáveis limnológicas sobre as espécies retirando o efeito da distância (Dist).

Mantel parcial	Secchi(Dist)	Alc(Dist)	Chl(Dist)	Temp(Dist)	Turb(Dist)	pH(Dist)
<i>D. birgei</i>	0,49(0,01)	0,17(0,09)	0,76(0,002)	0,11(0,19)	0,51(0,004)	0,18(0,21)
Náuplio Calanoida	-0,17(0,77)	-0,07(0,59)	-0,15(0,72)	0,32(0,08)	0,19(0,21)	0,20(0,23)
Náuplio Cyclopoida	0,25(0,13)	-0,16(0,74)	0,46(0,02)	0,38(0,06)	0,39(0,03)	0,24(0,18)

15.DISSCUSSÃO

Os níveis de sincronia temporal observados neste estudo foram positivos e significativos para todas as espécies e formas jovens estudadas. De onze taxa analisados, nove apresentaram valores de sincronia maior que 0,50. Valores elevados de sincronia normalmente indicam a prevalência de fatores regionais sincronizando as flutuações da variável em questão (KRATZ et al. 1987). A prevalência de fatores regionais determinando a sincronia sugere um efeito de forças extrínsecas sobre as variáveis, como por exemplo, o clima. Que indiretamente regula as variáveis ambientais (e.g. temperatura, sólidos em suspensão, produtividade primária) e as populações são então reguladas pelas dinâmicas dessas variáveis ambientais (HUDSON e CATTADORI, 1999).

As variações temporais das comunidades aquáticas em regiões semiáridas estão relacionadas principalmente com eventos de seca e chuvas, como observado na Austrália, (SHIEL et al.,2006), Espanha (ANGELER et al., 2000; ORTEGA-MAYAGOITIA et al., 2000), Nigéria (MUSTAPHA, 2009), dentre outros. O semiárido brasileiro possui características climáticas e geomorfológicas que tornam esta área distinta de outras regiões áridas e semiáridas nos trópicos, entre estas características está a alta variação temporal da precipitação combinada com altas taxas de evapotranspiração, que pode resultar em um déficit no balanço hídrico por até nove meses no ano (BARBOSA et al., 2012). Esta variação temporal tem um forte efeito no funcionamento dos sistemas aquáticos, fazendo com que os organismos necessitem de estratégias que permitam a sua sobrevivência, desde adaptações relacionadas com as tolerâncias fisiológicas, quanto a modificações na história de vida e mecanismos de dispersão (HUMPHRIES e BALDWIN, 2003).

Para apresentar elevada sincronia, o efeito sincronizador das variáveis ambientais deve sobrepor as diferenças nas dinâmicas populacionais (e.g. migração, reprodução; GRENFELL

et al. 1998). Santos et al.,(em preparação-Cap1) demonstrou o quanto a variação do ciclo hidrológico tem influência na dinâmica das variáveis físicas e químicas que explicaram parcialmente a distribuição espacial de microcrustáceos no reservatório. Lansac-Tôha et al., (2008) aponta que, se a coerência temporal é elevada, os dados obtidos em alguns locais pode ser eficaz para estimar trajetórias regionais (por todo o reservatório) porque os padrões temporais de variação são semelhantes independentemente do local de amostragem. No entanto, em função da similaridade dos eventos climáticos observados em toda a região semiárida, é possível que os dados obtidos neste estudo não sejam usados para estimar padrões apenas neste reservatório, mas também em outros desta região, que tem um ciclo hidrológico conhecido com chuvas no verão (novembro a abril) e seca no inverno (maio a outubro) e exerce papel importante na dinâmica das variáveis físicas e químicas e na estruturara da comunidade zooplancônica (LEITÃO et al., 2006; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007; SOUSA et al., 2008).

Ao contrário do que foi observado por Lodi et al., (2014), os níveis de sincronia neste estudo não foram dependentes da densidade. Pois, os cladóceros *D.gessneri* e *D.birgei*, que apresentaram os maiores valores de sincronia não foram tão abundantes quanto *N.iheringi* que apresentou o menor valor de sincronia. Tal resultado chama atenção porque *D.gessneri* já foi abundante e dominante em alguns pontos deste reservatório (SIMÕES e SONODA, 2009) e se este resultado de declínio da densidade se mantiver juntamente aos elevados níveis de sincronia, favorece um cenário suscetível à extinção local desta espécie. Isso ocorre porque o risco de extinção é maior em populações que flutuam de forma síncrona do que nas que flutuam assincronamente (HEINO et al., 1997; PALMQVIST e LUNDEBERG, 1998). Moore et al., (2010) observou que a sincronia das populações de salmão tendeu a aumentar em rios com barragens, que tem um forte efeito homogeneizador de habitats.

O efeito da distância foi importante para os náuplios de Calanoida e Cyclopoida e para o cladóceros *D. birgei*, sugerindo que (i) fenômenos de transporte de indivíduos, tal como dispersão, pode estar sendo limitado pela distância espacial no reservatório; e/ou (ii) existe algum fator regional sobre a sincronia que perde seu efeito com o aumento da distância. Liebhold, et al., (2004) aponta que quando a distância que separa as populações aumenta, a sincronia tende a diminuir mas, determinar as causas da sincronia muitas vezes é uma tarefa difícil. Os fenômenos ecológicos variam no espaço e no tempo, as densidades populacionais variam entre os anos e raramente são idênticos mesmo em locais próximos, as taxas de dispersão variam com a densidade populacional e as condições meteorológicas variam tanto

anualmente quanto localmente dependendo da fisiografia. Todos estes fatores podem ser as causas da autocorrelação espacial (KOENING, 1999). Experimento realizado por Thompson et al., (2014) mostrou que o aumento da temperatura foi suficiente para diminuir o efeito da dispersão sobre a estabilidade de populações zooplanctônicas.

Com exceção de *D. gessneri*, *T. minutus* e dos juvenis de Cyclopoida que não foram influenciados por nenhuma das variáveis medidas, as demais espécies apresentaram sincronia relacionada com as variáveis físicas e químicas, entretanto nem todas as espécies responderam aos mesmos fatores, mostrando respostas específicas as variáveis ambientais. Esse resultado seria esperado já que as espécies pertencem a gêneros diferentes ou estão em fases de vida distintos. Além disso, os níveis de sincronia de variáveis biológicas são influenciados por uma combinação de mecanismos que incluem também taxas de crescimento de cada espécie, dinâmica de nutrientes, pressão de predação e outras dinâmicas da cadeia alimentar (MAGNUSON et al., 1990; ARNOTT et al., 2003).

Outra abordagem a respeito da sincronia tem avaliado os efeitos das atividades antropogênicas sobre as populações, que também podem aumentar a sincronia populacional e propiciar extinções estocásticas. As mudanças climáticas combinadas com a degradação dos corpos hídricos impõem importantes desafios para a conservação da biodiversidade e manutenção da integridade de habitat nos sistemas semiáridos (BRASSEUR et al., 2003).

Os resultados obtidos sugerem que a variação climática da região em que o reservatório esta localizado é o fator preponderante para a variação síncrona das populações de microcrustáceos, mas fatores locais (intrínsecos) também são importantes.

16. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ecossistemas aquáticos do semiárido brasileiro estão sujeitos a períodos importantes de fluxo de água ou de sua ausência. Estas variações determinam o estabelecimento de uma comunidade composta por espécies extremamente adaptadas a estas condições.

No presente estudo constatou-se que, a variação temporal das condições limnológicas e a dinâmica temporal e espacial da comunidade zooplanctônica do reservatório Barragem da Pedra estão relacionadas com o ciclo hidrológico. Além de passarem por condições extremas de seca e chuva, o aumento da população humana e o desenvolvimento econômico no semiárido podem ser considerados os principais fatores que ameaçam a integridade destes

ambientes, pois, geralmente resultam na poluição e eutrofização dos corpos hídricos. Nesse sentido, a gestão eficaz e medidas de conservação são importantes para manter a diversidade destes ecossistemas.

17. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELER, D. G.; ALVAREZ-COBELAS, M.; ROJO, C.; SÁNCHEZ-CARRILLO, S. The significance of water inputs to plankton biomass and trophic relationships in a semi-arid freshwater wetland (central Spain). **Journal of Plankton Research** v.22, n. 11, p. 2075-2093, 2000.

ARNOTT, S. E.; KELLER, B.; DILLON, P. J.; YAN, N.; PATERSON, M.; FINDLAY, D. Using temporal coherence to determine the response to climate change in boreal shield lakes. **Environmental Monitoring and Assessment** v. 88, p.365-388, 2003.

BAINES, S. B.; WEBSTER, K. E.; KRATZ, T. K.; CARPENTER, S. R.; MAGNUSON, J. J. Synchronous behavior of temperature, calcium, and chlorophyll in lakes of northern Wisconsin. **Ecology** v. 81, p.815–825, 2000.

BARBOSA, J. E. de L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R.da S.; CRISPIM, M. C. B.; GONZAGA da SILVA, G. H. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 103-118, 2012.

BELLAMY, P. E.; ROTHERY, P.; HINSLEY, S. A. Synchrony of woodland bird populations: the effect of landscape structure. **Ecography** v. 26, p. 338-348. 2003.

BJORNSTAD, O. N.; STENSETH, N. C.; SAITOH, T. Synchrony and scaling in dynamics of voles and mice in northern Japan. **Ecology** v.80, p.622-637,1999.

BRASSEUR, G. P., PRINN, R.G. PSZENNY, A.A. P. **Atmospheric chemistry in a changing world**. Berlin: Springer. 300 p. 2003.

DE VALPINE, P.; SCRANTON, K.; OHMART, C. P. Synchrony of population dynamics of two vineyard arthropods occurs at multiple spatial and temporal scales. **Ecological Applications**. v.20, p.1926-1935, 2010.

ELMOOR-LOUREIRO, M. A. L. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Brasília: Universo, 1997.

FONTAINE, C.; GONZALEZ, A. Population synchrony induced by resource fluctuations and dispersal in na aquatic microcosm. **Ecology** v. 86, p. 1463-1471, 2005.

GAMER, M.; LEMON, J.; FELLOWS, P. S. I. irr: Various coefficients of interrater reliability and agreement. R package version 0.84, 2012. <http://CRAN.R-project.org/package=irr>.

GEORGE, D. G.; TALLING, J. F.; RIGG, E. Factors influencing the temporal coherence of five lakes in the English Lake District. **Freshwater Biology** v. 43, p.449–461, 2000.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHSTAD, M.A. Methods for physical & chemical analysis of freshwater. 2nd ed. Oxford: **Blackwell Scientific Publications**, 231p. 1978.

GRENFELL, B. T.; WILSON, K.; FINKENSTADT, B. F.; COULSON, T. N.; MURRAY, S.; ALBON, S. D.; PEMBERTON, J. M.; CLUTTON-BROCK, T. H.; CRAWLEY, M. J. Noise and determinism in synchronized sheep dynamics. **Nature** v. 394, p.674-677, 1998.

HEINO, M.; KAITALA, V.; RANTA, E.; LINDSTRÖN, J. Synchronous dynamics and rates of extinction in spatially structured populations. **Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences** v. 264, p. 481–486, 1997.

HUDSON, P. J.; CATTADORI I.M. The Moran effect: a cause of population synchrony. **Trends in Ecology and Evolution** v. 14, p.1-2, 1999.

HUMPHRIES, P.; BALDWIN, D. S. Drought and aquatic ecosystems: an introduction. **Freshwater Biology**. v.48, p. 1141-1146, 2003.

IMS, R. A.; ANDREASSEM, H.P. Spatial synchronization of vole population dynamics by predatory bird. **Nature** v.408, p. 194-196, 2000.

KENT, A. D.; YANNARELL, A. C.; RUSAK, J. A.; TRIPLETT, E. W.; MCMAHON, K. D. Synchrony in aquatic microbial community dynamics. **The Isme Journal** v. 1, p. 38-47. 2007.

KOENIG, W. D. Spatial autocorrelation and local disappearances in wintering North American birds. **Ecology** v.82, p.2636-2644. 2001.

KOENING, W.D. Spatial autocorrelation of ecological phenomena. **Trends in Ecology and Evolution**. v.14, n.1, p.22-26, 1999.

KRATZ, T. K.; FROST, T. M.; MAGNUSON, J. J. Inferences from spatial and temporal variability in ecosystems: long-term zooplankton data from lakes. **American Naturalist** v. 129, p.830-846, 1987.

LANSAC-TOHA, F. A.; BINI, L. M.; VELHO, L. F. M.; BONECKER, C. C.; TAKAHASHI, E. M.; VIEIRA, L. C. G. Temporal coherence of zooplankton abundance in a tropical reservoir. **Hydrobiologia** v. 614, p. 387-399, 2008.

LEGENDRE, P. Comparison of permutation methods for the partial correlation and partial Mantel tests. **Journal of Statistical Computation and Simulation** v. 67, p.37–73, 2000.

LEITÃO, A.C.; FREIRE, R.H.F.; ROCHA, O.; SANTAELLA, S.T. Zooplankton community composition and abundance of two Brazilian semiarid reservoirs. **Acta Limnologica Brasiliensis** v. 18, p. 451-468, 2006.

LIEBHOLD, A.; KOENIG, W.D.; BJORNSTAD, O. N. Spatial synchrony in population dynamics. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics** v. 35, p.467-490, 2004.

- LODI, S.; VELHO, L. F. M.; CARVALHO, P.; BINI, L. M. Patterns of zooplankton population synchrony in a tropical reservoir. **Journal of Plankton Research** v.36(4), p.966-977, 2014.
- MAGNUSON, J. J.; BENSON, B. J.; KRATZ, T. K. Temporal coherence in the limnology of a suite of lakes in Wisconsin, USA. **Freshwater Biology** v. 23, p. 145-159, 1990.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. Latitudinal distribution of Calanoida copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 46, p.527–553, 1986.
- MORAN, P. A. P. The statistical analysis of the Canadian Lynx Cycle .1. Structure and Prediction. **Australian Journal of Zoology**. v. 1, p.163-173, 1953a.
- MORAN, P. A. P. The statistical analysis of the Canadian Lynx Cycle .2. Synchronization and Meteorology. **Australian Journal of Zoology**. v. 1, p.291-298,1953b.
- MOORE, J.W.; MCCLURE, M.; ROGERS, L. A.; SCHINDLER, D. E. Synchronization and portfolio performance of threatened salmon. **Conservation Letters**. v.3,n.5, p.340 – 348, 2010.
- MUSTAPHA, M. K. Zooplankton assemblage of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria. **Revista de biologia tropical** v.57, n.4, p.1027-1047, 2009.
- OKSANEN, J.; F. G. BLANCHET,; R. KINDT,; P. LEGENDRE,; P. R. MINCHIN,; R. B. O'HARA,; G. L. SIMPSON,; P. SOLYMONS,; M. HENRY,; H. STEVENS,; H. WAGNER; Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.3-0. 2015. <http://cran.rproject.org/web/packages/vegan/index.html>
- ORTEGA-MAYAGOITIA, E.; ARMENGOL, X.; ROJO, C. Structure and dynamics of zooplankton in a semi-arid wetland, the national park las tablas de daimiel (spain) **Wetlands** v.20, n.4, p.629-638.
- PALMQVIST, E.; LUNDBERG P. Population extinctions in correlated environments. **Oikos**. v.83, n. 2,p. 359-367, 1998.
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015.
- RANTA, E.; KAITALA, V.; LINDSTROM, J. Spatially autocorrelated disturbances and patterns in population synchrony. **Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences** v. 266, p.1851-1856, 1999.
- RANTA, E.; KAITALA,V.; LINDSTROM, J.; LINDEN, H. Synchrony in population dynamics. **Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences** v. 262, p.113-118, 1995.
- REID, J.W. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). **Boletim de Zoologia** v. 9, p.17–143, 1985.

RUSAK, J. A.; YAN, N.D.; SOMERS, K. M.; MCQUEEN, D. G. The temporal coherence of zooplankton population abundances in neighboring north-temperate lakes. **American Naturalist** v. 153 p. 46–58, 1999.

SHIEL, R. J.; COSTELLOE, J. F.; REID, J.R.W.; HUDSON, P.; POWLING, J. Zooplankton diversity and assemblages in arid zone rivers of the Lake Eyre Basin, Australia. **Marine and Freshwater Research** v. 57, p. 49-60, 2006.

SHURIN, J. B. How is diversity related to species turnover through time? - **Oikos** v.116, p. 957-965, 2007.

SIMÕES, N, R.; SONODA, S, L. Estrutura da assembléia de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) em um reservatório do semi-árido Neotropical, Barragem de Pedra, Estado da Bahia, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**. Maringá, v. 31, n. 1, p. 89-95, 2009.

SOUSA,W.; ATTAYDE, J.L.; ROCHA, E. da S.; ESKINAZI SANT'ANNA, E.M. 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**. v. 30, n.6, p. 699-708, 2008.

STANGE, E. E.; AYRES, M. P.; BESS, J. A. Concordant population dynamics of Lepidoptera herbivores in a forest ecosystem. **Ecography** v .34, p. 772-779, 2011.

THOMPSON, P.L.; BEISNER, B.E.; GONZALEZ, A. Warming induces synchrony and destabilizes experimental pond zooplankton metacommunities. **Oikos**. v.124, n.9, p 1171-1180, 2015

WEBSTER, K. E.; KRATZ, T.K.; BOWSER, C. J.; MAGNUSON, J. J.; ROSE, W. J.; The influence of landscape position on lake chemical responses to drought in northern Wisconsin. **Limnology and Oceanography** v.41, p.977-984,1996.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.1984.