



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

MARCILIO DA SILVA XAVIER

**SUCESSÃO DE ASSOCIAÇÕES FITOPLANCTÔNICAS EM UMA
ESCALA HORIZONTAL DE UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

RECIFE
2015

MARCILIO DA SILVA XAVIER

**SUCESSÃO DE ASSOCIAÇÕES FITOPLANCTÔNICAS EM UMA
ESCALA HORIZONTAL DE UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Botânica.

ORIENTADOR:

Ênio Wocyli Dantas

CO-ORIENTADORA:

Ariadne do Nascimento Moura

**RECIFE
2015**

Ficha Catalográfica

X3s Xavier, Marcilio da Silva
 Sucessão de associações fitoplanctônicas em uma
 escala horizontal de um reservatório do semiárido brasileiro /
 Marcilio da Silva Xavier. -- Recife, 2015.
 61 f.: il.

 Orientador (a): Ênio Wocyli Dantas.
 Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal
 Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife, 2015.
 Inclui referências e apêndice.

 1. Biomassa 2. Fitoplâncton 3. Brasil, Nordeste
 4. Ecossistemas I Dantas, Ênio Wocyli, orientador II. Título

CDD 581

**SUCESSÃO DE ASSOCIAÇÕES FITOPLANCTÔNICAS EM UMA ESCALA
HORINZONTAL DE UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.**

MARCILIO DA SILVA XAVIER

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em: __ / __ / __

Orientador:

Prof. Dr. Ênio Wocyli Dantas
Titular/UEPB

Examinadores:

Prof^a Dra. Enide Eskinazi Leça
Titular

Prof^a. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha
Titular/UFPE

Dra. Nísia Karine Calvacanti Aragão Tavares
Titular/UFRPE

Prof. Dra, Viviane Lúcia dos Santos Almeida
Suplente/UPE

**RECIFE
2015**

DEDICO

*À Deus, por ter me concebido o dom
vida.*

*À minha família, por todo apoio que
tenho recebido nesses meus anos de existência.*

*À meu orientador, pela confiança e
ensinamentos, durante esses anos de estudo.*

Muito obrigado por acreditarem em mim!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que foi quem proporcionou e permitiu que eu pudesse concretizar esta conquista tão almejada.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em nome da Professora e Coordenadora do Curso de Pós-graduação em Botânica, Carmen Sílvia Zickel.

Agradeço, separadamente, aos meus familiares; pessoas iluminadas que sempre me apoiaram e acreditaram na minha capacidade de realizar todos os meus sonhos.

Ao meu orientador Dr. Ênio Wocyli Dantas, por toda a dedicação, todos os ensinamentos, paciência e pela disponibilidade para que pudéssemos desenvolver o meu projeto de pesquisa;

À minha co-orientadora e professora Dra. Ariadne do Nascimento Moura, por estar sempre ao meu lado, auxiliando em todas as dificuldades, e por ter me ajudado a crescer na vida pessoal e profissional. E por me conceder o direito de utilizar o laboratório de Ficologia (LABFIC) durante todo o estudo.

Aos meus professores do curso de mestrado em Botânica da UFRPE pelos conhecimentos significativos transmitidos durante esses dois anos de curso.

Aos nossos companheiros e amigos do laboratório de ficologia pela paciência e ensinamentos transmitidos: Juliana Severiano, Nísia Karine, Mauro Vilar, Patrícia Arruda, Micheline Késia, Rivaldo, Anamaria Diniz, Alane Aquino, Karine Gomes, Camila.

Aos meus amigos da Botânica: Raydrich Rocha, Mayara Barbosa, Paulo Henrique, Sâmara Rodrigues, Caroline Ximenes, Danilo Souza.

À minha cara e brilhante Thayná Lycarião, por ter me ajudando imensamente nas coletas do mestrado e me concedido um ombro amigo durante toda essa etapa. Sem palavras.

Ao meu amigo Hermes Machado, pela ajuda e disponibilização de um abrigo em João Pessoa.

Aos meus amigos e companheiras do laboratório de botânica da UEPB, pelos momentos de ajuda e descontração nas coletas do mestrado: Irma Carvalho, Tatiana Barbosa, Andreza Araújo, Scarlert Ferreira, Natália Carvalho, Davi Freire e Bruno Melo.

Ao CNPQ pela concessão da Bolsa de estudo.

À todos os funcionários do prédio da Botânica, sem exceção.

À secretaria da Botânica Kênia Muniz, por toda disponibilidade e simpatia em me atender sempre que eu necessitava de algo.

À professora Dra. Élica Amara Cecília Guedes (UFAL), por todos os ensinamentos que aprendi com a mesma em anos passados.

Aos meus amigos companheiros e acolhedores de Recife por todos os momentos de diversão e carinho: Eduardo Santos, Clínio Santos, Paulo Falcão, Marcos Durant, Murilo Aguiar, Larissa Oliveira, Lorena Oliveira, Lícia Oliveira e Israel Felipe, Roberta Vick e Victor Santos

As Dras. Enide Eskinazi Leça, Nísia Karine Tavares Aragão, Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha e Viviane Lúcia dos Santos Almeida, pela aceitação em compor a minha banca examinadora.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desta pesquisa.

Muito Obrigado!!!

Mariah Carey

(Make It Happen)

...Eu uma vez estava perdida

Mas agora me encontrei

Coloquei meus pés no chão

Obrigada Senhor

Se você crer bem no fundo de tua alma

E esperar firme

E não deixar escapar

Você pode fazer acontecer

Fazer acontecer...

Mariah Carey

(Can't Take That Away)

...Mas eu me recuso a duvidar

No que acredito

Ou perder a fé nos meus sonhos

Porque há uma luz em mim que brilha fortemente...

LISTA DE TABELAS

Tabela I: Valores médios mensais das variáveis físico-químicas do reservatório Camalaú por durante o período de agosto de 2013 a agosto de 2014..... **37**

Tabela II: Valores médios mensais de biomassa por compartimento dos táxons abundantes no reservatório Camalaú durante o período de agosto de 2013 a agosto de 2014..... **40**

Tabela III: Valores médios mensais de biomassa por regiões dos táxons abundantes no reservatório Camalaú durante o período de agosto de 2013 a agosto de 2014..... **41**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Dados climatológicos de temperatura do ar (°C), velocidade dos ventos (m/s), e precipitação pluviométrica (mm) do reservatório Camaláu, de agosto de 2013 a agosto de 2014..... **36**
- Figura 2:** Valores mensais médios de diversidade por regiões (a) e por compartimentos (b) do reservatório Camaláu, Paraíba entre os períodos de agosto de 2013 a agosto de 2014..... **38**
- Figura 3:** Valores mensais médios de biomassa por regiões (a) e por compartimentos (b) do reservatório Camaláu, Paraíba entre os períodos de agosto de 2013 a agosto de 2014..... **39**
- Figura 4:** Ordenação biplot dos dados de biomassa das associações representativas do reservatório Camaláu, Paraíba durante o período de março de agosto de 2013 a agosto de 2014.....**43**

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| LISTA DE TABELAS..... | VII |
| LISTA DE FIGURAS..... | VIII |
| RESUMO..... | X |
| ABSTRACT..... | XI |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2. OBJETIVOS..... | 14 |
| 2.1. OBJETIVO GERAL | 14 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 3. HIPÓTESES..... | 14 |
| 4. REVISÃO DA LITERATURA..... | 15 |
| 4.1. VARIAÇÃO HORIZONTAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA..... | 15 |
| 4.2 SUCESSÃO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA..... | 17 |
| 4.3. ASSOCIAÇÕES FITOPLANCTÔNICAS..... | 20 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 25 |
| | |
| MANUSCRITO (Sucessão de associações fitoplanctônicas em uma escala horizontal de um reservatório do semiárido brasileiro) | |
| ABSTRACT..... | 32 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 33 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 34 |
| 3. RESULTADOS..... | 36 |
| 4. DISCUSSÃO..... | 45 |
| AGRADECIMENTOS..... | 49 |
| RESUMO..... | 50 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 51 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 56 |
| ANEXOS..... | 58 |
| NORMAS DE SUBMISSÃO A REVISTA ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS..... | 58 |

XAVIER, Marcilio da Silva (Msc). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Sucessão de associações fitoplanctônicas em uma escala horizontal de um reservatório do semiárido brasileiro. Fevereiro, 2015. Orientador: Ênio Woclyli Dantas (UEPB).

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a sucessão sazonal das associações fitoplanctônicas em função das variações nas condições ambientais no reservatório de Camalaú, localizado na região semiárida da Paraíba, Nordeste do Brasil. Foram realizadas coletas bimestrais, que compreenderam as zonas lótica (próximo ao rio), lêntica (próximo ao barramento) e de transição (entre o rio e barramento), com um ponto na região litorânea e um ponto na região limnética, de cada trecho. As variáveis climatológicas e hidrológicas analisadas foram: temperatura do ar, precipitação pluviométrica, velocidade dos ventos, temperatura da água, oxigênio dissolvido, transparência da água, turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos, pH, zona eufótica, zona de mistura, profundidade máxima e nutrientes inorgânicos da água. A identificação e o enquadramento da comunidade fitoplanctônica associações fitoplanctônicas foram realizadas através de bibliografia especializada. As amostras foram coletadas na subsuperfície da coluna da água e a quantificação das algas foi realizada com o auxílio do microscópio invertido, sendo calculada a biomassa através do biovolume celular. Os dados foram tratados através de análises de variância e análise multivariada (RDA). Os resultados da pesquisa mostraram que não ocorreu variação na escala espacial (horizontal), devido a homogeneidade das variáveis abióticas durante todo o estudo nos diferentes compartimentos e regiões. A variação ocorreu apenas na escala temporal, sendo observado um padrão de dominância de M e Sn durante os meses em todos os locais, os quais foram favorecidos por altas temperaturas, pH alcalino e condições mesótróficas do ecossistema. No entanto, outras associações apresentaram flutuações nas suas representatividades, sendo S1 correlacionada positivamente com a turbidez e negativamente com a zona de mistura. H1, foi associada ao fósforo total. MP e Y com turbidez e ortofosfato.

Palavras-chave: Biomassa, Fitoplâncton, Nordeste do Brasil, Variáveis ambientais, Variação horizontal

XAVIER, Marcilio da Silva (Msc). Masters student at the Universidade Federal Rural de Pernambuco. Succession of phytoplankton associations on a horizontal scale of a reservoir of the Brazilian semi-arid. February, 2015. Adviser: Ênio Wocylí Dantas (UEPB).

ABSTRACT

This study aimed to analyze the seasonal succession of phytoplankton associations depending on changes in environmental conditions in Camalau reservoir, located in the semi-arid region of Paraíba, Northeast Brazil. Bimonthly samples were made, who understood the lotic areas (near the river), lentic (near the dam) and transition (between the river and dam), with a point in the coastal region and a point in the limnetic region in each section. The climatological and hydrological variables analyzed were: air temperature, rainfall, wind speed, water temperature, dissolved oxygen, water transparency, turbidity, conductivity, total dissolved solids, pH, photic zone, mixing zone, maximum depth and inorganic nutrients from the water. The identification and the framework of phytoplankton associations were performed using professional literature. The samples were collected in the subsurface of the water column and the quantification of algae was performed using the inverted microscope, which is calculated to biomass through cell biovolume. The data were analyzed by analysis of variance and multivariate analysis (RDA). The survey results showed that no horizontal variation due to homogeneity of abiotic variables throughout the study. The variation was only in the time scale temporal, being observed a pattern of dominance of M and Sn during the months in all locations, which were favored by high temperatures, alkaline pH and mesotrophic ecosystem conditions. However, other associations showed fluctuations in their representativeness, S1 is positively correlated to turbidity and negatively with the mixing zone. H1, was associated with total phosphorus. And Y MP with turbidity and orthophosphate.

Key words: Biomass, Environmental variables, Horizontal variation, Northeastern Brazil, Phytoplankton

1. INTRODUÇÃO

Sucessão é definida como a substituição de espécies em uma comunidade ao longo do tempo. Nesse processo, algumas espécies podem se tornar menos abundantes ou até mesmo desaparecer; da mesma forma, outras espécies podem se tornar mais abundantes ou novas espécies de ecossistemas adjacentes podem migrar para a comunidade (MARGALEF, 1983).

As mudanças nas condições ambientais são os fatores desencadeadores do processo de sucessão (FONSECA e BICUDO 2008; DANTAS *et al.*, 2011). Em um ecossistema, quando um conjunto de condições ótimas para o desenvolvimento de uma espécie permanece relativamente constante, esta se estabelece, podendo tornar-se abundante na comunidade. Porém, quando essas condições são alteradas o meio pode não ser mais considerado ideal para a espécie, e assim, ocorrer o estabelecimento de outras espécies melhor adaptadas às novas condições.

Em lagos e reservatórios, a sucessão da comunidade fitoplanctônica ocorre em função de variáveis como temperatura, luz, precipitação, regime de mistura da coluna d'água, disponibilidade de nutrientes e pressão de herbivoria pelo zooplâncton (MOURA *et al.*, 2007; SOARES *et al.*, 2009). Mudanças na estrutura da comunidade fitoplanctônica têm sido largamente estudadas através da análise dos grupos funcionais, que representam grupos de espécies que compartilham características adaptativas semelhantes e que respondem de maneira similar às variações nas condições ambientais (REYNOLDS, 1997; REYNOLDS *et al.*, 2002; PADISÁK; CROSSETTI; NASELLI-FLORES, 2009).

A heterogeneidade espacial observada nos reservatórios possui importante papel na dinâmica dos grupos funcionais fitoplanctônicos. Ao longo do eixo longitudinal, os reservatórios são divididos em três compartimentos (lago, transição e rio) em função dos processos hidrodinâmicos que acarretam alterações limnológicas nesta escala espacial (THORNTON, 1990). Além disso, ocorre a separação entre as regiões litorânea e limnética, que se distinguem por receber em maior ou menor grau a influência da vegetação litorânea e de atividades antrópicas das margens (ESTEVES, 2011). Assim, essa heterogeneidade espacial observada em um reservatório resulta em uma variedade de microhabitats que, segundo Souza *et al.* (2008) selecionam diferentes associações algais.

Estudos demonstraram a heterogeneidade espacial da distribuição fitoplanctônica em reservatórios do Nordeste do Brasil. Pompêo *et al.* (1998) observaram a predominância de diatomáceas e clorófitas na região de rio e de cianobactérias na região de lago reservatório localizado entre os estados do Piauí e Maranhão. Em reservatórios pernambucanos, Moura *et al.* (2007) e Dantas *et al.* (2008) observaram a persistência de cianobactérias na região litorânea,

quando geralmente as mesmas são geralmente encontradas na região limnética. Também, em Pernambuco, Almeida, Melão e Moura (2012), encontraram uma maior riqueza de clorófitas e uma baixa diversidade fitoplanctônica na região litorânea. Com relação aos estudos de associações fitoplanctônicas em uma escala longitudinal, Molisani *et al.* (2010) relataram que as principais associações encontradas na zona lótica foram formadas por diatomáceas (C) e clorófitas (X1 e J) e cianobactérias (S1, MP e SN) na lântica em um reservatório cearense.

As regiões tropicais semiáridas do Nordeste do Brasil apresentam características uniformes sazonais, sendo uma estação seca (verão) com altas temperaturas e baixos índices de chuva, e uma estação chuvosa (inverno) com temperaturas mais amenas e um regime de chuva mais intenso (Bittencourt-Oliveira *et al* 2012). Nessas regiões, a composição das espécies e a estrutura da comunidade fitoplanctônica em reservatórios estão associados a alguns fatores de perturbação que podem alterar a diversidade desses ecossistemas por favorecerem a dominância de poucas espécies (Chellappa e Costa, 2003). Segundo estudos de Huszar *et al.* (2000), Marinho e Huszar (2002), Bittencourt-oliveira *et al.* (2012) e Moura, Nascimento e Dantas (2012) a sucessão sazonal em reservatórios dessas regiões são marcadas pelas substituições de espécies e/ou associações de cianobactérias durante todo um ciclo sazonal.

Partindo desse pressuposto, percebe-se que um estudo detalhado sobre a heterogeneidade horizontal em ecossistemas do Nordeste do Brasil é necessário, pois, a maioria das pesquisas são realizadas com amostragens pontuais ou focadas na escala espacial vertical. Frente ao exposto, a seguinte pergunta foi formulada: Os compartimentos (lago, transição e rio) e regiões (limnética e litorânea) de um reservatório possuem padrões de sucessão de associações fitoplanctônicas distintos por apresentarem diferentes características hidrológicas?

2.OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar a sucessão das associações fitoplanctônicas ao longo de uma escala horizontal em função das variações nas condições ambientais do reservatório Camalaú, região semiárida da Paraíba, Nordeste do Brasil.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar a estrutura e composição das associações fitoplanctônicas;
- Verificar a influência das variáveis ambientais sobre as associações fitoplanctônicas.

3. HIPÓTESES

Os padrões de sucessão de associações fitoplanctônicas nos compartimentos (lago, transição e rio) e regiões (limnética e litorânea) são distintos pelos mesmos apresentarem diferentes características hidrológicas. Como cada compartimento e região possui variação nessas características e estas são determinantes para o crescimento de diferentes associações, espera-se ter padrões de sucessionais distintos.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Variação Horizontal da comunidade fitoplanctônica

Estudos sobre o fitoplâncton em uma escala horizontal em reservatórios são realizados considerando-se as diferentes regiões (litorânea e limnética), bem como as variações no eixo longitudinal (Rio-Transição-Lago). A maioria dos estudos que possuem amostragens abrangendo as regiões litorâneas associam a heterogeneidade horizontal com o tempo de retenção da água, ciclagem de nutrientes e presença de macrófitas aquáticas nas margens.

Mercante e Bicudo (1998) realizaram um estudo no reservatório do Jacaré (São Paulo) sobre a ecologia da desmídea *Croasdalea marthae* (Grönblad) C.E.M. Bicudo & C.T.J. Mercante e observaram que a densidade da alga foi maior na região litorânea, devido à grande presença de macrófitas enraizadas, as quais proporcionaram um hábitat para espécie que consequentemente conseguiu se estabelecer.

Beyruth (2000) realizou um estudo no reservatório Guarapiranga (São Paulo) e relataram que durante a estação seca os maiores valores de biomassa e riqueza foram encontrados na região litorânea, e associaram esse fato a um aumento de nutrientes e à presença de macrófitas, enquanto que na região limnética no mesmo período a comunidade fitoplanctônica apresentou menores picos de crescimento devido à alta turbulência e curto tempo de retenção da água.

Em reservatórios do estado de Pernambuco, Moura *et al.* (2007) e Dantas *et al.* (2008) observaram o aumento da abundância da diatomácea *Synedra rumpens* (Kützing) e diversas espécies de clorófitas na região litorânea. Os autores relataram que a espécie de diatomácea foi beneficiada pela baixa profundidade dessa região e pela desmineralização do fósforo, o que proporcionou a ressuspensão de suas frústulas. Para a região limnética, estes estudos citam que as cianobactérias foram dominantes durante todo o estudo. Almeida, Melão e Moura (2012) encontraram uma baixa diversidade fitoplanctônica no reservatório de Apipucos (Pernambuco) na região litorânea e ressaltaram que a deterioração do corpo d'água foi um fator limitante para ocorrência de certas espécies, enquanto que na região limnética esses valores foram maiores, com as clorófitas apresentando maior número de espécies em relação aos outros táxons.

Estudos que investigaram a variação da comunidade fitoplanctônica nos diferentes compartimentos de reservatórios em regiões tropicais, versam que geralmente há uma predominância de clorófitas e diatomáceas na região lótica, enquanto que nas regiões de transição e lântica, as cianobactérias são predominantes. Ariyadej *et al.* (2004); Mustapha (2009); Adon *et al.* (2012), realizaram estudos nos reservatórios africanos Banglang

(Tailândia), Adzopé (Costa do Marfim) e Oyun (Nigéria), respectivamente. Os autores da primeira pesquisa verificaram que o máximo de densidade foi encontrado na região lacustre, com a cianobactéria *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing sendo a espécie dominante fato esse relacionado a altas concentrações de nutrientes (Nitrato e fósforo total). Em contrapartida, o autor do segundo trabalho ressaltou que os maiores valores de biomassa e densidade foram encontrados zona lótica e esse fato foi associado a uma elevada concentração de nutrientes provenientes de rochas e sedimentos. No terceiro estudo, foi observado que os valores de riqueza e diversidade foram bastante similares em todos os pontos amostrais, pois não houve diferenças significativas. A composição da comunidade fitoplanctônica nos locais de amostragens também se apresentou bastante similar, por esse ecossistema ser muito raso para se estratificar, sendo continuamente misturado.

Nogueira *et al.* (2000) observaram que a diatomácea *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen foi dominante na região lótica na estação chuvosa devido uma elevada concentração de nutrientes. Uma alta densidade de cianobactérias, especialmente *Anabaena circinalis* Rabenhorst, e *A. spiroides* Kleb, foram encontradas na região lêntica no período de estiagem, as quais estiveram relacionadas à grande circulação interna de nutrientes e maior tempo de retenção da água.

Falco e Calijuri (2002) citaram que no reservatório Americana (São Paulo) as clorófitas foram dominantes na região lótica, devido às grandes cargas de partículas dissolvidas e altas concentrações de nutrientes nesta região, sendo a clorófita *Monoraphidium griffithi* (Berkeley) Komárková-Legnerová, a principal espécie dominante. No entanto, na região lêntica, durante todo o estudo, foi observado o predomínio da cianobactéria *Microcystis aeruginosa*, sendo esse fato associado às altas temperaturas e a redução dos regimes de mistura no epilímio durante o período chuvoso e um aumento na concentração de nutrientes e anoxia no hipolímio durante o período seco.

Soares *et al.* (2011) realizaram um estudo no reservatório Funil (Rio de Janeiro) e relataram que os valores de biomassa foram mais elevados na região de lago lêntica. Os autores ressaltaram que a biomassa foi menor na região de rio, onde o tempo de retenção da água foi mais curto, sendo esse fator o principal responsável pela heterogeneidade horizontal nesse estudo.

Em uma pesquisa realizada no reservatório Mourão (Paraná), Moreti *et al.* (2013) ressaltaram que os maiores valores de biomassa algal foram encontrados nas zonas de transição e lêntica, sendo as espécies de clorófitas do gênero *Cosmarium* dominantes na estação chuvosa devido à baixa concentração de fósforo, alta transparência e estabilidade da coluna da água.

Pompêo *et al.* (1998) demonstraram a heterogeneidade espacial da distribuição fitoplanctônica no reservatório de Boa Esperança, no rio Parnaíba (PI/MA), ao observarem maior riqueza no trecho lântico, com de espécies com maior capacidade de flutuação, em função da presença de mucilagem, gotículas de óleo e aumento da razão superfície/volume, como clorofíceas e cianobactérias.

Molisano *et al.* (2010) estudaram um reservatório do Ceará e destacaram que na região lótica a diatomácea *Aulacoseira granulata* foi predominante, sendo a baixa transparência o fator que proporcionou o desenvolvimento das algas desse grupo. Nas zonas de transição e barragem, sobre maiores condições de transparência e maior profundidade, houve domínio da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya & Subba Raju

4.2. Sucessão da comunidade fitoplanctônica

Diversos estudos mostram a sucessão da comunidade fitoplanctônica em lagos e reservatórios de regiões subtropicais e tropicais. Heo e Kim (2004) relataram que no lago Dalbang (Coréia do Sul), as cianobactérias predominaram sobre condições de estratificação, e que posteriormente com os processos de desestratificação, houve uma substituição por diatomáceas.

Também na China, Ma e Yu (2013) estudaram os reservatórios Xiquanyan e Taoshan. No primeiro reservatório os pesquisadores citaram que as diatomáceas foram dominantes durante todas as estações estudadas sendo a concentração de nutrientes o principal fator responsável por tal conclusão. Porém no reservatório Taoshan, a temperatura e a concentração de fósforo total foram os principais fatores que influenciaram a comunidade a fitoplanctônica, sendo a sucessão marcada pela dominância de diatomáceas na primavera, e cianobactérias no verão e outono.

Em um tributário do reservatório chinês (Três gargantas) Peng *et al.* (2013) relataram que na primavera e verão as espécies dominantes foram as da diatomácea *Nitzschia* sp. e da cianobactéria *Aphanizomenon flos-aquae* (Linnaeus) Ralfs ex Bornet & Flahault, sendo as concentrações de nitrato e a temperatura da água os fatores limitantes para o desenvolvimento das mesmas. No entanto, no outono e inverno os teores de fosfato, a transparência e a temperatura da água foram as condições que favoreceram à predominância das espécies *A. flos-aquae* e da clorófita *Chlorella* sp.

O lago chinês Chaou foi estudado por Jiang *et al.* (2014), em cujo trabalho, os autores relataram que *Microcystis flos-aquae* (Wittrock) Kirchner foi a espécie dominante durante a primavera e verão, enquanto que *Microcystis viridis* (A. Braun) Lemmermann e *Anabaena*

circinalis dominaram no outono e inverno, respectivamente, sendo a comunidade influenciada pelos seguintes fatores: temperatura, concentrações de ortofostato, oxigênio dissolvido e potencial de oxirredução.

Pinilla (2006), realizou um estudo em um lago da Colômbia e observou uma grande abundância de cianobactérias, quando o nível da água estava mais alto, em contrapartida, as clorófitas cocóides dominaram no período quando o nível da água estava mais baixo.

Fernández, Parodi e Cáceres (2012) estudaram o reservatório argentino Paso de las Piedras e ressaltaram que as cianobactérias foram dominantes no verão e início do outono, as clorófitas no final do outono e começo do inverno, e as diatomáceas durante o inverno e primavera. Os principais fatores associados a sucessão da comunidade, foram a temperatura, concentração de nutrientes, pH e nível da água.

Kotut, Krienitz e Muthuri (1998) realizaram um estudo durante dois anos no reservatório Turkwel Gorge (Quênia) e observaram variação interanual, com domínio da diatomácea *Achnanthes catenata* Bily & Marvan durante o primeiro ano na estação chuvosa e de cianobactérias cocóides durante todo o segundo ano. Os autores relataram que a diatomácea foi favorecida pelas altas concentrações de nutrientes e turbulência da água.

Em um lago tropical africano, Bouvy *et al.* (2006) observaram uma clara sucessão sazonal durante o decorrer da pesquisa, nas quais a diatomácea *Fragilaria* sp, e a cianobactéria *Anabaena miniata* Skuja, estiveram associadas a instabilidade do ecossistema e baixas temperaturas e as cianobactérias *Microcystis aeruginosa*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Lynngbya versicolor* (Wartmann) Gomont dominaram nos períodos em que o ecossistema apresentou altas temperaturas e maior estabilidade da coluna da água. Em outro lago africano montanhoso profundo da Etiópia, Fetahi, Schagerl e Mengistou (2014) citaram que as diatomáceas, seguidas por clorófitas, foram os principais grupos a apresentarem elevados índices de biomassa durante toda a pesquisa. Os autores ainda ressaltaram que a atelomixia foi o principal fator que proporcionou a dominância dessas classes, por permitir a ressuspensão de algas desses grupos para o epilímio.

Becker *et al.* (2008) realizaram uma pesquisa no reservatório Faxinal (Sul do Brasil), e observaram seis diferentes períodos de sucessão da comunidade, com uma alternância de cianobactérias, clorófitas e diatomáceas. Os autores relacionaram essas mudanças aos diferentes períodos de estratificação e mistura da coluna da água que ocorreu no ecossistema durante a pesquisa.

Calijuri, Santos e Jati (2002) estudando o reservatório de Barra Bonita (São Paulo) relataram que a comunidade fitoplanctônica foi marcada pela alternância da dominância entre a cianobactéria (*Microcystis aeruginosa*) e a diatomácea (*Aulacoseira granulata*). Os autores

sugerem que a variabilidade ambiental encontrada nesse reservatório polimítico (várias circulações durante o ano) favoreceu o equilíbrio na comunidade algal, com alterações de dominâncias entre as espécies.

Fonseca e Bicudo (2008) estudaram o reservatório das Garças (São Paulo) e relataram que a sucessão da comunidade fitoplanctônica foi marcada pelas substituições de diferentes cianobactérias ao longo do estudo, o qual foi dividido em três momentos: no primeiro momento, na estação seca, foi observada dominância de *Cylindrospermopsis raciborskii* quando o ambiente estava estratificado, porém em um segundo momento quando ocorreu uma diminuição da temperatura e mistura da coluna d'água foi observada uma diminuição da biomassa desta mesma espécie, o que proporcionou o desenvolvimento de outras algas. O terceiro momento foi marcado por uma nova estratificação e alta concentração de nutrientes, o qual possibilitou o desenvolvimento da cianobactéria colonial *Sphaerocavum brasiliense* Azevedo & Sant'Anna 2003.

Em um estudo realizado no reservatório Funil (Rio de Janeiro) Soares *et al.* (2009) observaram que os eventos de sucessão foram marcados pela alternância de cianobactérias. Foram observadas quatro fases: na primeira, sobre condições de mistura e alta transparência, foi observado o domínio das espécies *Anabaena circinalis* e *Cylindrospermopsis raciborskii*. Na segunda e terceira fases o ambiente estava estratificado, sendo observada a dominância de *Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii*, respectivamente. Na última fase, quando o ambiente novamente apresentou condições de mistura e maior transparência foi observada uma diminuição da biomassa de *Cylindrospermopsis raciborskii*, o que proporcionou o desenvolvimento de algumas criptófitas e clorófitas.

No reservatório das Ninféias (São Paulo), Fonseca e Bicudo (2011) citaram que seu estudo foi dividido em duas fases: na primeira fase, houve dominância da clorófitas *Chlamydomonas sp.*, onde a mesma ocorreu no hipólímio sobre condições anóxicas e altos valores de nutrientes. Em outra fase, foi reportada uma diminuição da temperatura e um aumento de oxigênio dissolvido, o que favoreceu a dominância da Prymnesiophyta *Chrysochromulina cf. breviturrita* Nicholls.

Chellappa *et al.* (2003) estudaram o reservatório Marechal Dutra (Rio Grande do Norte) e reportaram que as cianobactérias dominaram em condições de estabilidade durante o período de estiagem, enquanto que durante a estação chuvosa com o aumento de nutrientes advindos de um cultivo de piscicultura, as clorófitas coexistiram com as cianobactérias e, posteriormente, predominaram.

No reservatório Carpina (Pernambuco), Moura *et al.* (2007) observaram que as cianobactérias foram dominantes durante todo o estudo principalmente devido ao pH alcalino do ecossistema. No entanto, na estação chuvosa, observou-se um aumento na densidade das clorófitas, devido uma grande mistura da coluna d'água e conseqüentemente, o número de indivíduos foram mais uniformes.

Cordeiro-Araújo *et al.* (2010) estudaram a comunidade fitoplanctônica do reservatório Bitury (Pernambuco) e observaram um aumento da densidade de *Melosira varians* C. Agardh quando houve maior regime de mistura e menor tempo de retenção da água. Em seguida, quando o ambiente apresentou-se estratificado, foi observado um aumento na abundância das cianobactérias *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Geitlerinema amphibium* (C. Agardh) Anagnostidis.

Em uma pesquisa realizada nos reservatórios de Arcoverde e Pedra (Pernambuco), Dantas *et al.* (2011) citaram que a biomassa algal de *Cylindrospermopsis raciborskii* foi maior sobre condições de estratificação; no entanto, quando ocorreu uma desestratificação, foi observada uma redução dos valores da mesma, que permitiu o aumento da biomassa de outras cianobactérias, bem como de diatomáceas e fitoflagelados.

Bittencourt-Oliveira *et al.* (2012) realizaram um estudo no reservatório Arcoverde (Pernambuco) e relataram que a comunidade fitoplanctônica foi dominada por diferentes cianobactérias. Na estação seca, *Cylindrospermopsis raciborskii* foi dominante, sendo a temperatura e o pH as principais variáveis que influenciaram seu desenvolvimento. Na estação chuvosa, com o aumento da turbidez, foi observada a predominância da espécie *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis e Komárek.

4.3. Associações fitoplanctônicas

A partir da proposta dos grupos funcionais por Reynolds (1997) e Reynolds *et al.* (2002) e atualizada por Padisák, Crossetti e Naselli-Flores (2009) diversos estudos relacionados à comunidade fitoplanctônica foram desenvolvidos no mundo com esta temática, sendo esses grupos descritos por 40 códons alfanuméricos (A, B, C, D, E, F, G, H1, H2, J, K, Lm, Lo, M, MP, N, Na, P, Q, R, S1, S2, Sn, T, Tb, Tc, Td, U, V, W1, W2, Wo, Ws, X1, X2, X3, Xph, Y, Z, Zmx),

Diversos estudos com associações fitoplanctônicas foram realizados em reservatórios e lagos de regiões temperadas. Leitão *et al.* (2003), realizaram uma pesquisa em um reservatório profundo da França, e citaram que fitoflagelados (Y, X2) diatomáceas (P) dominaram sobre

condições de mistura, e clorófitas (F, T), fitoflagelados (Lo) e diatomáceas (P) quando o ambiente estava estratificado.

Gurbuz *et al.* (2003) estudaram um reservatório turco e relataram que diatomáceas pertencentes ao códon (A) foram predominantes durante dois anos de estudo, sobre condições de mistura e transparência da coluna da água. Também na Turquia, Celik e Ogum (2008), desenvolveram um estudo em um lago hipereutrófico raso, e observaram que baixas temperaturas e elevadas concentrações de nutrientes favoreceram algumas diatomáceas pertencentes ao códon (D) durante os meses mais frios do ano; contudo nos meses mais quentes, houve uma alternância para a classe das cianobactérias, as quais pertenciam as associações (H1) e (M), estando essas associadas principalmente as altas temperaturas, baixa luminosidade e altos teores de nutrientes.

Em um reservatório profundo da Espanha, Becker *et al.* (2010) reportaram a predominância de grupos funcionais compostos por cianobactérias (K) criptófitas (Y) e clorófitas (F). Os autores ressaltaram que o fósforo e a disponibilidade de luz selecionaram as principais associações descritas acima.

Em regiões subtropicais, especificamente no Sul do Brasil, também foram realizados alguns estudos com associações fitoplanctônicas. Borges, Train e Rodrigues (2008) realizaram um estudo em dois reservatórios paranaenses. O reservatório Capivari foi caracterizado por uma grande estabilidade da coluna da água e alta concentrações de fósforo, o que favoreceu a presença de fitoflagelados (Y) e cianobactérias (LM). Porém, no reservatório Segredo, foi observada a predominância de diatomáceas (MP), sob condições de uma ampla zona eufótica e elevados níveis de nitrato.

Becker, Huszar e Crossetti (2009) estudaram um reservatório profundo do Rio Grande do Sul e observaram que as principais associações dominantes, em termos de biomassa, foram cianobactérias (H1), clorófitas (F) e diatomáceas (D). Todos os grupos mostraram relação com a estabilidade da coluna da água, a qual foi influenciada por fatores como a mistura térmica e disponibilidade de nutrientes. No mesmo Estado, no Lago da Mangueira, Crossetti *et al.* (2013) relataram que os principais grupos funcionais encontrados foram clorófitas (F e J), cianobactérias (M, K, S1, Lo) e diatomáceas (MP), nas quais as mudanças na estrutura da comunidade foram interligadas as características hidrodinâmicas do ambiente estudado.

Melo e Huszar (2000) estudando o lago de inundação amazônico da Batata observaram que os fitoflagelados (Y) foram predominantes nos períodos de águas altas, em contrapartida, Nabout, Nogueira e Oliveira (2006) estudaram lagos de inundação do rio Araguaia (Região Central do Brasil) e observaram que os fitoflagelados (Y) predominaram na estação de águas

baixas, porém, nos períodos de maior nível da água, clórofitas (J e N), diatomáceas (P) e fitoflagelados (W1 e Y) dominaram os lagos

O lago dos Tigres (Goiás) foi estudado por Nabout e Nogueira (2007) no qual, no período de estiagem sob elevadas concentrações de nutrientes e altos níveis de oxigênio, foi reportada a predominância de grupos funcionais compostos por fitoflagelados (Lo, Y, W1, W2); contudo, na estação chuvosa, as diatomáceas (P, D e N) e a cianobactérias (S1) dominaram com o aumento da temperatura e precipitação.

Teixeira de Oliveira, Rocha e Peret (2011) realizaram um estudo no reservatório Cachoeira Dourado (Entre Minas Gerais e Goiás) e reportaram, que durante a estação seca, foi registrado um predomínio de cianobactérias (K, S1, M e H), sendo a hidrodinâmica e a variação sazonal dos fatores ambientais, as principais causas que alteraram a composição e abundância das associações.

Lopez, Bicudo e Ferragut (2005) realizaram um estudo no reservatório das Garças (São Paulo) e observaram que, no período seco (menor quantidade de nutrientes e constantes misturas), as associações de clorófitas (X) e de fitoflagelados (Y) foram dominantes, enquanto que na estação chuvosa (constantes estratificações, maiores quantidades de nutrientes) as clorófitas (X2, F, J e X1) e picocianobactérias (Z) predominaram.

A composição de grupos funcionais de uma lagoa costeira oligotrófica (RJ) foi estudada por Alves-de-souza, Menezes e Huszar (2006), no qual foi reportado que as principais associações encontradas foram formadas por fitoflagelados (Q, E, X3, X, Y), cianobactérias (Z e S1) e diatomáceas (N). As autoras associaram essas ocorrências ao fato desses grupos serem tolerantes a baixas concentrações de nutrientes e sensíveis a baixos valores de pH.

Fonseca e Bicudo (2009) estudaram os reservatórios das Ninfeias e das Garças (São Paulo) e verificaram que, no primeiro ecossistema citado as associações foram compostas por dinoflagelados (Lo), euglenófitas (W1) e prymnesiofitas (X2). No segundo, as principais assembleias foram formadas por cianobactérias (M, Sn e Lm). Os autores reportaram que a diferença de estado trófico foi o principal fator que desencadeou as mudanças nos ambientes. No entanto, a presença de macrófitas no reservatório das Ninfeias parecem ter influenciado a comunidade fitoplanctônica qualitativamente, favorecendo assim os fitoflagelados.

Rangel *et al.* (2009) estudaram as assembleias fitoplanctônicas do reservatório Lago Monte Alegre (São Paulo) e relataram que o ecossistema apresentou condições de estratificação durante toda a pesquisa, tendo como principais associações diversos grupos de fitoflagelados (Y, Lm, W1 e W2), cianobactérias (SN) e clorófitas (J e X1).

Gemelgo, Mucci e Navas-Pereira (2009) realizaram sua pesquisa em dois reservatórios de São Paulo e apontaram que, em ambos, as cianobactérias foram dominantes. No reservatório

Guarapiranga as associações foram formadas por cianobactérias (H1, Lm /M) e clorófitas (T), sendo influenciadas por altos níveis de nitrato e zona eufótica. O reservatório Billings apresentou somente assembleias formadas por cianobactérias (SN, Lm/M e S1) associadas às elevadas temperaturas.

Em diferentes braços do reservatório Itupararanga (São Paulo), Cunha e Calijuri (2011) verificaram padrões de dominância de associações distintas no tempo. No período seco, houve a predominância das associações Sn, X1, M e F, enquanto que no período de transição (entre as estações seca e chuvosa) os principais grupos foram formados por X1, Y, F e K. Os principais fatores que influenciaram as assembleias nesses períodos foram a concentração de nitrato, sólidos totais dissolvidos e turbidez. No período chuvoso, observou-se a presença das assembleias X1, J, K e W2, as quais foram relacionadas à alcalinidade, temperatura e radiação solar.

Um estudo foi realizado em cinco reservatórios do estado de Pernambuco, por Huszar *et al.* (2000), no qual foi observada a presença de cianobactérias (Sn) em todos os ecossistemas. A baixa disponibilidade de luz e altas temperaturas foram os principais fatores que contribuíram para o desenvolvimento dessa associação.

No reservatório de Mundaú (Pernambuco), Moura *et al.* (2007) e Dantas *et al.* (2008) citaram que altas temperaturas, pH básico e altas concentrações de nutrientes proporcionaram a dominância da assembleia (Sn).

Dantas *et al.* (2012) estudaram três reservatórios com diferentes profundidades em Pernambuco. Os autores relataram que associações formadas por espécies de diatomáceas (A) e cianobactérias (H1) apresentaram maior abundância em ecossistemas rasos e de maior zona eufótica; enquanto que ecossistemas profundos, com adequada disponibilidade de nutrientes, favoreceram espécies de cianobactérias (M).

Moura *et al.* (2012) relataram que no reservatório Jucazinho (Pernambuco), houve uma co-dominância de espécies de cianobactérias pertencentes a diferentes grupos funcionais (H1, MP, Sn e S1) durante a maior parte do estudo, sendo a disponibilidade da luz o principal fator responsável pela dinâmica espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADON, M.P.; OUATTAR, A.T.; GOURENE, G. Seasonal variation in the diversity and abundance of phytoplankton in a small African tropical reservoir. **African Journal of Microbiology Research**, v.5, n.18, p.2616-2626. 2012

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

ALVES-DE-SOUZA, C; MENEZES, M.; HUSZAR, V. L. M. Phytoplankton species composition and morphological functional groups in a tropical humic coastal lagoon, Brazil. **Acta Botanica Brasílica** (Impresso), v. 20, p. 701-708. 2006.

ARIYADEJ, C., TANSAKUL, R., TANSAKUL, P; ANGSUPANICH, S. Phytoplankton diversity and its relationships to the physico-chemical environment in the Banglang reservoir, Yala province. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v.26, p. 26: 595-607. 2004.

BECKER, V.; CAPUTO, L.; ORDÓÑEZ, J.; MARCÉ, R.; ARMENGOL, J.; CROSSETTI, L. O.; HUSZAR, V. L. M. Driving factors of the phytoplankton functional groups in a deep Mediterranean reservoir. *Water Research*, v. 44, n. 11, p. 3345-3354. 2010.

BECKER, V.; HUSZAR, V.L.M.; CROSSETTI, L, O. Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. **Hydrobiologia (The Hague)**, v. 628, p. 137-151. 2009.

BEYRUTH, Z. Periodic disturbances, trophic gradient and phytoplankton characteristics related to cyanobacterial growth in Guarapiranga Reservoir, São Paulo State, Brazil. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 424, p. 51-65. 2000.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; DIAS, S. N.; MOURA, A. N.; CORDEIRO-ARAÚJO, M.K.; DANTAS, E. W. Seasonal dynamics of cyanobacteria in a eutrophic reservoir (Arcoverde) in a semi-arid region of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, p. 533-544. 2012.

BORGES, P. A. F.; TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 607, n. 1, p. 63-74. 2008.

BOUVY, M.; BA, N.; KA, S.; SANE, S.; PAGANO, M, ARFI, R. Phytoplankton community structure and species assemblage succession in a shallow tropical lake (Lake Guiers, Senegal). **Aquatic Microbial Ecology**, v.45, p.147-161. 2006.

CALIJURI, M.C.; DOS SANTOS, A.C.A.; JATI, S. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP, Brazil). **Journal of Plankton Research**, London, v. 24, n. 7, p. 617-634. 2002.

ÇELIK, K., ONGUN, T. Spatial and temporal dynamics of the steady-state phytoplankton assemblages in a temperate shallow hypertrophic lake (Lake Manyas, Turkey). **Limnology**, v.9,p.115 - 123.2008

CHELLAPPA, N.T.; COSTA, M.A.M. Dominant and co-existing species of Cyanobacteria from a Eutrophicated reservoir of Rio Grande do Norte State, Brazil. **Acta Oecologica**, v. 24, p. 3-10.2003

CORDEIRO-ARAÚJO, M.K.; FUENTES, E.V.; ARAGÃO, N.K; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; MOURA, A.N. Dinâmica fitoplanctônica relacionada às condições ambientais em reservatório de abastecimento público do semiárido brasileiro. **Agrária** (Recife. Online), v. 5, p. 592-599.2010.

CROSSETTI LO AND BICUDO CEM. 2008. Phytoplankton as a monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garças Pond): the ass

CROSSETTI, L. O; BECKER, V.; CARDOSO, L. S. ; RODRIGUES, L.H.R. ; COSTA, L.S. ; MOTTA-MARQUES, D. Is phytoplankton functional classification a suitable tool to investigate spatial heterogeneity in a subtropical shallow lake?. **Limnologica (Jena)**, v. 43, p. 157-163.2013.

CUNHA, D. G. F. ; CALIJURI, M. C . Variação sazonal dos grupos funcionais fitoplanctônicos em braços de um reservatório tropical de usos múltiplos no estado de São Paulo (**Brasil. Acta Botanica Brasílica** (Impresso), v. 25, p. 822-831.2011.

DANTAS, E. W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C; MOURA, A.N. Dynamics of phytoplankton associations in three reservoirs in northeastern Brazil assessed using Reynolds theory. **Limnologica (Jena)**, v. 42, p. 72-80. 2012.

DANTAS, E. W.; MOURA, ARIADNE, A.N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C. Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid region of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** (Impresso), v. 83, p. 1327-1338. 2011.

DANTAS, E. W.; MOURA, ARIADNE, A.N; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C; ARRUDA N, J. T; CAVALCANTI, A. D. C. Temporal variation of the phytoplankton community in short sampling intervals in the Mundaú reservoir, Northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasílica** (Impresso), v. 22, p. 970-982.2008.

ESTEVES, FA. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 826 p.(2011

FALCO, P. B.; CALIJURI, M. C. Longitudinal phytoplankton community distribution in a tropical reservoir (Americana, S.P., Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia, Brasil**, v. 14, n.2, p. 27-37.2002.

FERNÁNDEZ, C; PARODI, E. R.; CÁCERES, E. J. Phytoplankton structure and diversity in the eutrophic-hypereutrophic reservoir Paso de las Piedras, Argentina. **Limnology**, v.13, p13-25. 2012.

FETAHI, T.; SCHAGER, M.; MENGISTOU.S. Key drivers for phytoplankton composition and biomass in an Ethiopian highland Lake. **Limnologia**, v.46, p.77-83.2014.

FONSECA, B. M.; C. E. M. BICUDO. How important can the presence/absence of macrophytes be in determining phytoplankton strategies in two tropical shallow reservoirs with different trophic status? **Journal of Plankton Research**, v. 32, p. 31-46.2009.

FONSECA, B. M ; C. E. M. BICUDO . Phytoplankton seasonal variation in a shallow stratified eutrophic reservoir (Garças Pond, Brazil). **Hydrobiologia** (The Hague), v. 600, p. 267-282. 2008.

FONSECA, B. M.; C. E. M. BICUDO. Phytoplankton seasonal and vertical variation in a tropical shallow reservoir with abundant macrophytes (Ninféias Pond, Brazil). **Hydrobiologia** (The Hague. Print), v. 665, p. 229-245. 2011.

GEMELGO, M.C. P., MUCCI, J. L. N; NAVAS-PEREIRA, D. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). **Brazilian Journal of Biology**, vol. 69. no. 4, p. 1001-1013.2009.

GURBUZ, H; KIVRAK, E; SOYUPAK, SELCUK; Y, SEDAT, V. Predicting dominant phytoplankton quantities in a reservoir by using neural networks. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 504, p. 133-141.b.2003

HEO, W.; KIM, B. The effect of artificial destratification on phytoplankton in a reservoir. **Hydrobiologia**, 524, 229-239. 2004.

JIANG, Y.J.; HE, W.; XIU-LIU, W.; QIN, N.; OUYANG, H.; WANG, Q.; KONG.Z.The seasonal and spatial variations of phytoplankton community and their correlation with environmental factors in a large eutrophic Chinese lake (Lake Chaohu). **Ecological Indicators**, v.40,p.58-67.2014.

HUSZAR, V.L.M., SILVA, L.H.S., MARINHO, M., DOMINGOS, P.; SANT'ANNA, C.L. Cyanoprocaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. Cyanoprocaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. **Hydrobiologia**, V.424, p.67-77.2000.

KOTUT, K., KRIENITZ, L.; MUTHURI F.M. Temporal changes in phytoplankton structure and composition at the Turkwel Gorge Reservoir, Kenya. **Hydrobiologia**, v.368,p.41-59. 1998.

LEITAO, M.; MORATA, S. M.; RODRIGUEZ, S.; VERGON, J. P. The effect of perturbations on phytoplankton assemblages in a deep reservoir (Vouglans, France). **Hydrobiologia**, The Hague, v. 502, p. 73-83. 2003.

LOPES, M. R. M.; BICUDO C. E. M.; FERRAGUT, C. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil.. **Hydrobiologia**, v. 542, n.1, p. 235-247.2005.

MA, C.;YU, H. Phytoplankton community structure in reservoirs of different trophic status, Northeast China. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**. v. 31, n..3, p. 471-481. 2013.

MARINHO, M.M., HUSZAR, V.L.M. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). **Arch. Hydrobiol.** v.153, n.3,P.443-468.2002.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1010 p. 1983

MELO, S ; HUSZAR, V. L. M. . Phytoplankton of an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brasil): diel variation and species strategies. **Journal Of Plankton Research**, Londres, v. 22, n.1, p. 77-90. 2000.

MERCANTE, C. T. J.; C. E. M. Bicudo . Ecology of *Croasdalea marthae* (Desmidiaceae, Zygnemaphyceae) in the Jacaré pond, Moji Guaçu, southeastern Brazil, and the stability of the algal cell bipolar asymmetry.. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Brasil, v. 10, n.1, p.1-15. 1998.

MOLISANI, M.M.; BARROSO, H.S.; BECKER, H.; MOREIRA, M.O.P.; HIJO, C.A.G.; MONTE, T.M.;VASCONCELLOS, G.H. Trophic state, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhão Reservoir, CE, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia** v.22, n.1,p. 1-12.2010.

MORETI, L. O. R. ; MARTOS, L. ; BOVO-SCOMPARIM, V. M. ; RODRIGUES, L. C. Spatial and temporal fluctuation of phytoplankton functional groups in a tropical reservoir. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** (Online), v. 35, p. 359-366. 2013.

MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; DANTAS, E. W.; ARRUDA- NETO, J.T . Phytoplanktonic Associations: A Tool to Understand Dominance Events in a Tropical Brazilian Reservoir. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 641-648. 2007b.

MOURA, A. N.; DANTAS, E, W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C . Structure of the Phytoplankton in a Water Supply System in the State of Pernambuco Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, p. 645-654. (2007)

MOURA, A. N.; NASCIMENTO, E.C.; DANTAS, E.W. Temporal and spatial dynamics of phytoplankton near farm fish in eutrophic reservoir in Pernambuco, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 60, p. 581-597. 2012.

MORENO-OSTOS, E.; CRUZ-PIZARRO, L.; BASANTA, A.; GLEN,G.D.The spatial distribution of different phytoplankton functional groups in a Mediterranean reservoir. **Aquatic Ecol**, v.42 ,p. 115-128.2008.

MUSTAPHA, M.K. Phytoplankton assemblage of a small, shallow, tropical African reservoir. **Rev. biol. trop.** v.57, n.4, p. 1009-1025.2009

NOGUEIRA, M.G. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicator of environmental compartmentalization in Jurumirim reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 431, n. 2-3, p. 115-128.2000.

NABOUT, J.C; NOGUEIRA, I.S. Distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica do lago dos Tigres (Goiás, Brasil). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 47-55. 2007.

NABOUT, J.C., NOGUEIRA, I.S., OLIVEIRA, I.G. Phytoplankton community of floodplain lakes of the Araguaia River, Brazil, in the rainy and dry seasons. **Journal of Plankton Research**. v.28, n.2,p 181–193. 2006.

NOGUEIRA, M.G. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicator of environmental compartmentalization in Jurumirim reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 431, n. 2-3, p. 115-128, 2000.

PADISÁK, J.; CROSSETTI, L.O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 621, p. 1-19. 2009.

PENG, C.; ZHANG, L.; ZHENG, Y.; LI, D.; Seasonal succession of phytoplankton in response to the variation of environmental factors in the Gaolan River, Three Gorges Reservoir, China. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, v. 31, n. 4, p. 737-749. 2013.

PINILLA, G.A. Vertical distribution of phytoplankton in a clear water lake of Colombian Amazon (Lake Boa, Middle Caquetá). **Hydrobiologia**, v.568, p. 79-90. 2006.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; COSTA-NETO J.P.; P.R.S. CAVALCANTE, M.S.R.; IBAÑEZ; M.M. FERREIRA-CORREIA; R. BARBIERI. Heterogeneidade espacial do fitoplâncton no reservatório de Boa Esperança (Maranhão-Piauí, Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Paulo, v. 10, n.2, p. 101-113. 1999

RANGEL, L.M.; SILVA, L.H.S.; ARCIFA, M.S.; PERTICARRARI, A. Driving forces of the diel distribution of phytoplankton functional groups in a shallow tropical lake (Lake Monte Alegre, Southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v.69, n.1, p. 75-85. 2009

REYNOLDS, C.S. **Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory**. Oldendorf: Ecology Institute. 1997.

REYNOLDS, C.S., HUSZAR, V.L.M., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, p. 417-428. 2002.

SOARES, M.C.S; MARINHO, M.M.; AZEVEDO, S.M.F.O.; BRANCO, C.W.C.; HUSZAR, V.L.M. Eutrophication and retention time affecting spatial heterogeneity in a tropical reservoir. **Limnologia**, v.43, n.2, p. 197-203. 2012.

SOARES, M.C.S.; ROCHA, M.I.A.; MARINHO, M.M.; AZEVEDO, S.M.F.O.; BRANCO, C.W.C.; HUSZAR, V.L.; M. Changes in species composition during annual cyanobacterial dominance in a tropical reservoir: physical factors, nutrients and grazing effects. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 57, p. 137-149. 2009.

SOUZA, M. B. G.; BARROS, C. F. A.; BARBOSA, F.; HAJNAL, É.; PADISÁK, J. Role of atelomixis in replacement of phytoplankton assemblages in Dom Helvécio Lake, South-East Brazil. **Hydrobiologia**, v. 607, n. 1, p. 211-224. 2008.

TEIXEIRA DE OLIVEIRA, M.; ROCHA, O.; PERET, A.C. Structure of the phytoplankton community in the Cachoeira Dourada reservoir (GO/MG), Brazil. **Brazilian Journal of Biogy**. v.71, n.3, p. 587-600. 2011

THORNTON, K. W., B. L. KIMMEL, F. F. PAYNE. **Reservoir Limnology: Ecological Perspectives**. Wiley and Sons, New York. 1990

Manuscrito

Sucessão de associações fitoplanctônicas em uma escala horizontal de um reservatório do semiárido brasileiro

A ser encaminhado para publicação na revista Anais da academia brasileira de ciências. Qualis Capes A2. Fator de impacto:0.851

Sucessão de associações fitoplanctônicas em uma escala horizontal de um reservatório do semiárido brasileiro.

Marcilio da Silva Xavier^a, Ênio Woclyli Dantas^{b*} e Ariadne do Nascimento Moura^a

^aÁrea de Botânica, Programa de Pós Graduação em Botânica - PPGB, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Rua D. Manoel de Medeiros, s/n., Dois Irmãos, CEP 52171-030, Recife, PE, Brasil.

^bDepartamento de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas – CCBSA, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Campus V, Rua Horácio Trajano, s/n., Cristo, CEP 58070-450, João Pessoa, PB, Brasil.

***Autor para correspondência:** Ênio Woclyli Dantas (eniowoclyli@yahoo.com.br)

Abstract

The aim of the study was to analyze the succession of phytoplankton associations along a horizontal scale of Camalaú reservoir, semi-arid northeastern Brazil. Bimonthly samples were made in lotic areas, transition and lentic with points in coastal and limnetic region. The identification and the framework of the associations were performed by professional literature with its biomass correlated with environmental variables through a redundancy analysis. The survey results showed that no horizontal variation due to homogeneity of abiotic variables throughout the study. The variation was only scale temporal, and observed a pattern of dominance of M and Sn during the months in all locations, which were favored by various high temperature, alkaline pH and mesotrophic conditions ecosystem. However, other associations showed fluctuations in their representativeness, S1 is positively correlated to turbidity and negatively with the mixing zone. H1, was associated with total phosphorus. MP and Y with turbidity and orthophosphate.

Key words: Biomass, Environmental variables, Horizontal variation, Northeastern Brazil, Phytoplankton

1. INTRODUÇÃO

Sucessão é definida como a substituição de espécies em uma comunidade ao longo do tempo (Margalef, 1983), e quando não é afetada por algum fator externo, esse processo se torna bastante direcionável e previsível. Na comunidade fitoplanctônica, refere-se as mudanças sazonais na composição e biomassa das espécies (Ryan, Mitrovic e Bolin 2008). Em lagos e reservatórios, os principais fatores relacionados com a sucessão da comunidade fitoplanctônica ocorrem em função de variáveis como temperatura, luz, precipitação pluviométrica, regime de mistura da coluna d'água, disponibilidade de nutrientes e pressão de herbivoria pelo zooplâncton (Moura et al. 2007, Soares et al. 2009). Nesses ecossistemas, os padrões temporais geralmente ocorrem de forma similar, sendo o padrão de sucessão em lagos bastante repetitivo e previsível de acordo com o estado trófico dos mesmos (Sommer 1986, Reynolds 2006).

Reynolds et al (2002) criaram uma classificação funcional para a comunidade fitoplanctônica baseada nas respostas das algas a diversos fatores ambientais. Atualmente, diversos trabalhos com essa temática foram realizados em diferentes ecossistemas aquáticos de regiões temperadas (Huszar et al. 2003, Leitão et al. 2003, Salmaso e Padisak 2007, Rychtecky e Znachor 2011, Crossetti et al. 2013), subtropicais (Kruk et al. 2002, Borges, Train e Rodrigues, Becker, Huszar e Crossetti 2009, Becker et al. 2010, Xiao et al. 2011) e tropicais (Huszar et al. 2000, Moura et al. 2007, Dantas et al. 2008, Rangel et al. 2009, Gelmelgo et al. 2009, Molisano et al. 2010, Fonseca e Bicudo 2011, Dantas et al. 2012) foram realizados validando a aplicação das associações como excelente ferramenta ecológica tanto no entendimento de padrões pontuais, como espaciais e temporais.

Segundo Marinho e Huszar (2002), em ecossistemas tropicais a sucessão é marcada pela alternância de espécies de cianobactérias durante todo um ciclo sazonal. Estudando associações fitoplanctônicas em reservatórios do Nordeste do Brasil, Huszar et al. (2000), Moura et al. (2007), Dantas et al. (2008) relataram a dominância de cianobactérias pertencentes ao grupo Sn, sendo a luz, temperatura, concentrações de nutrientes e pH básico os principais fatores responsáveis pela dominância de tal associação, no entanto, no estudo de Dantas et al. (2012) foi relatado que as associações de cianobactérias H1 e M foram abundantes, sendo as mesmas influenciadas principalmente pela zona eufótica e nutrientes, respectivamente.

Contudo, apesar de estudos relacionados à variação horizontal ao longo de um período temporal com o emprego dos grupos funcionais já terem sido realizados em regiões temperadas (Rychtecky e Znachor 2011), subtropicais (Borges, Train e Rodrigues, 2008, Moreno-ostos et al. 2008, Caputo et al, 2008) e tropicais (Dantas et al. 2008, Molisani et al. 2010), percebe-se que a maioria dos trabalhos em regiões semiáridas do Nordeste, são realizados com amostragens

pontuais, onde, os que contemplam a escala horizontal não abordam as associações fitoplanctônicas como foco, ou quando versam sobre as mesmas, geralmente enfatizam apenas aspectos da região limnética

Este trabalho tem como objetivo analisar a sucessão dos grupos funcionais fitoplanctônicos ao longo de um eixo horizontal em função das variações nas condições ambientais do reservatório Camaláu, região semiárida da Paraíba, Nordeste do Brasil.

Assim, esse estudo testa a seguinte hipótese: Os padrões de sucessão de associações fitoplanctônicas nos compartimentos (lago, transição e rio) e regiões (limnética e litorânea) de um reservatório são distintos pelos mesmos apresentarem diferentes características hidrológicas. Como cada compartimento e região possui variação nessas características e estas são determinantes para o crescimento de diferentes associações, espera-se ter padrões de sucessionais distintos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado no reservatório Camaláu ($7^{\circ}53'33.94''S$ $36^{\circ}50'39.16'' W$), região semiárida do estado da Paraíba, e localizado na zona fitogeográfica do Sertão conhecida como Cariris Velhos, ou, simplesmente Cariri. Este reservatório atualmente é caracterizado como eutrófico, possuindo uma capacidade máxima de acumulação de 48.107.240 m³, 8km² de extensão e uma profundidade média de 12,5 m. O ecossistema é utilizado, principalmente, para abastecimento humano, irrigação, lazer e piscicultura. O clima da região é classificado como BSh (Alvares *et al.* 2014) considerado quente e seco, com estação chuvosa no verão-outono, com chuvas irregulares que ocorrem principalmente entre os meses de novembro a abril. A vegetação no entorno é, predominantemente do tipo caatinga arbustivo-arbórea fechada (Lucena, 2008). O reservatório apresenta extensos estandes de macrófitas aquáticas submersas em toda a extensão do ecossistema, especialmente na região litorânea

Amostragem

As coletas da água foram realizadas ao longo de uma escala horizontal do reservatório compreendendo as zonas lótica (próximo ao rio), lêntica (próximo ao barramento) e de transição (entre o rio e barramento), com um ponto na região litorânea e um ponto na região pelágica. As

amostras foram coletadas em réplica, em intervalos bimestrais de agosto de 2013 a agosto de 2014.

Variáveis climatológicas e hidrológicas

Os dados climatológicos (temperatura do ar, precipitação pluviométrica, e velocidade dos ventos) foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) durante o período de junho de 2013 a agosto de 2014. Para a precipitação, foi coletado também uma série de dados históricos desde 2005.

As variáveis pH, temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), condutividade (ms.cm^{-1}), turbidez (NTU) e teor de sólidos totais (mg.L^{-1}) foram medidas *in situ* com o auxílio de uma sonda multiparâmetros (Horiba modelo U-5000G, HGS número: S5DNC3C0) em cada ponto de coleta. Para a temperatura e oxigênio também foi realizado um perfil vertical, com o auxílio da sonda, para verificação dos processos de estratificação e desestratificação.

A zona eufótica foi calculada segundo o desaparecimento Disco de Secchi (m), seguindo a metodologia descrita por Cole (1994). A zona de mistura (Z_{mix}) foi estimada de acordo com o perfil de temperatura da coluna d'água, sendo igual à profundidade máxima (Z_{max}) quando não observado gradiente térmico com diferença mínima de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C.m}^{-1}$; e a razão entre a zona eufótica e zona de mistura ($Z_{\text{eu}}/Z_{\text{mix}}$) também foi utilizada como índice de avaliação da disponibilidade de luz na camada de mistura (Jensen et al. 1994).

Para análise de nutrientes, foram coletadas amostras de água em cada ponto de coleta na subsuperfície da coluna da água, com o auxílio de frascos boca larga. Os teores de amônia, fósforo total, nitrogênio total, ortofosfato, nitrito, e nitrato foram determinados no laboratório segundo a metodologia de APHA(2012).

Variáveis bióticas

Para a identificação taxonômica do fitoplâncton, as amostras foram coletadas com o auxílio de uma rede de plâncton com abertura de $20\mu\text{m}$ em cada ponto de coleta, as quais, foram acondicionadas em frascos de polietileno de 100 ml, e posteriormente fixadas com formol a 4%.

Os táxons foram identificados com o auxílio de um microscópio trinocular Zeiss, com uso do software (Honestech TVR 2.5) acoplado com um sistema de fotodocumentação (Samsung SHC-730N). As características morfológicas e morfométricas observadas ajudaram no enquadramento dos táxons em chaves de identificação. As lâminas preparadas foram do tipo permanente para diatomáceas (Carr *et al.*, 1986) e semipermanentes para os demais grupos

fitoplanctônicos. A identificação dos táxons foi baseada em literatura especializada para cada grupo.

Para quantificação do fitoplâncton, foram coletadas amostras de água na subsuperfície da coluna da água de cada ponto amostral com o auxílio de frascos (cor âmbar) de 100ml, sendo posteriormente fixadas com lugol acético.

Para o processo de contagem das amostras foi utilizado um microscópio do tipo invertido (ZEISS), sendo a contagem determinada pelo método Uthermohl (1958). O biovolume foi calculado usando os métodos descritos por Hillebrand et al.(1999), convertendo o mesmo para biomassa, assumindo uma gravidade específica de indivíduos $1\text{mg}/\text{mm}^3$ (Wetzel e Likens ,2000) sendo expresso em mg/L. A dominância foi calculada conforme o método proposto por Lobo e Leighton (1986). A Diversidade específica foi calculada com base no índice de Shannon-Weaver (1963) utilizando valores de biomassa (Sommer et al. 1993). O enquadramento dos grupos funcionais foi baseado em Reynolds et al (2002) e Padisák et al (2009). O índice de estado trófico foi determinado segundo a metodologia de Carlson (1977), modificado por Toledo Jr. et al. (1983)

Análises Estatísticas

Para verificar se houve diferenças entre os parâmetros físicos, químicos e biológicos entre os compartimentos, regiões e meses foi utilizada uma análise de variância fatorial (ANOVA a x b x c).

Para testar a diferença nas significâncias nos compartimentos, regiões e meses, foi utilizada uma análise de variância (ANOSIM), estes com dados de biomassa das associações, os quais foram transformados em $\text{Log}(X+1)$, baseados em uma matriz de similaridade (Bray-curtis)

Uma análise de redundância (RDA) foi utilizada para avaliar as relações entre os grupos funcionais e as variáveis ambientais. A matriz de dados bióticos foi composta pelos grupos funcionais que apresentaram mais do que 5% da biomassa total, em pelo menos um compartimentos ou uma região em um determinado mês, sendo todos os dados abióticos e bióticos transformados em $\text{Log}(X+1)$. A seleção amostral das variáveis ambientais que explicaram a variância dos dados bióticos foi testada através de um modelo stepwise.

O programa R foi utilizado para a realização de todas análises estatísticas. Para todos os testes foi considerado o valor de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

Variáveis climatológicas e hidrológicas

Os maiores valores de precipitação pluviométrica foram registrados entre os meses de Fevereiro e Junho/2014 (Figura 1). A média de precipitação pluviométrica registrada nos anos de 2013 e 2014 foram 46,5mm e 43 mm, respectivamente, a qual ficou abaixo de uma média histórica que foi de 58mm, realizada com dados da região entre os anos de 2003 a 2013. Verificou-se que valores de temperatura do ar (24,3°C) e velocidade dos ventos (3,0m/s), os quais são médias de todos os meses estudados, apresentaram-se constantes durante todo o período de estudo (Figura1).

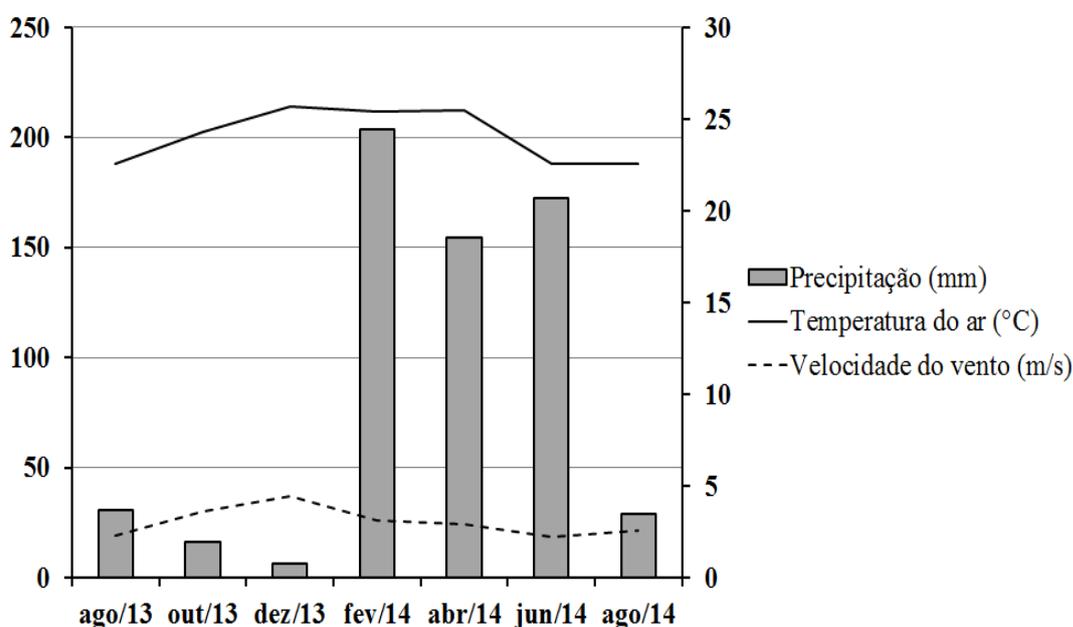


Figura 1- Dados climatológicos de temperatura do ar (°C), velocidade dos ventos (m/s), e precipitação pluviométrica (mm) do reservatório Camaláu, de agosto de 2013 a agosto de 2014.

Foram verificadas diferenças significativas para as variáveis físicas e químicas, apenas entre os meses ($p < 0,05$) (Tabela I). Não foi apresentada variação entre os compartimentos e nem entre as regiões. O ecossistema possui águas quentes, bem oxigenadas e com pH entre ligeiramente alcalino. Os maiores valores de turbidez (> 36 NTU) e menores valores de transparência ($Z_{eu} < 4,0$ m) foram registrados em outubro/2013, fevereiro de 2014 e abril/2014. A estratificação térmica foi observada nesse reservatório em ambos os períodos sazonais; porém, no período de estiagem, somente no mês de dezembro/2013. O reservatório durante o período estudado, foi caracterizado como mesótrófico, com exceção de outubro/2013 que foi eutrófico (Tabela I) sendo os maiores valores de IET(65,0) registrados no mês de fevereiro/2014.

Tabela I

Valores médios mensais das variáveis físico-químicas do reservatório Camalaú por durante o período de agosto de 2013 a agosto de 2014. Legenda: T= temperatura da água; OD = oxigênio dissolvido; STD = sólidos totais dissolvidos, NO3 = nitrato, NO2 = Nitrito , NH3 = amônia, PO4 = ortofosfato , PT = fósforo total, NT = nitrogênio total, Zeu = Zona eufótica, Zmix =zona de mistura, Zmax = profundidade máxima, IET = índice de estado trófico. Em negrito, valores significativos em escala temporal.

| Variáveis | Meses | | | | | | | F |
|---------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| | ago/13 | out/13 | dez/13 | fev/14 | abr/14 | jun/14 | ago/14 | |
| T (°C) | 26 ± 0.5 | 26.1 ± 1.0 | 26.9 ± 0.6 | 27.9 ± 0.5 | 28.4 ± 0.4 | 25.4 ± 0.8 | 23.8 ± 0.3 | 35.6 |
| pH | 9.3 ± 0.2 | 9.1 ± 0.3 | 9.4 ± 0.2 | 9.1 ± 0.7 | 8.8 ± 0.2 | 8.3 ± 0.2 | 7.6 ± 0.2 | 20.0 |
| Condutividade (ms.cm-1) | 1.0 ± 0.1 | 1.0 ± 0.1 | 1.1 ± 0.2 | 0.79 ± 0.1 | 0.76 ± 0.1 | 0.80 ± 0.1 | 1.0 ± 0.1 | 17.8 |
| Turbidez (NTU) | 3.2 ± 4.5 | 36.3 ± 8.1 | 5.6 ± 8.7 | 47.5 ± 15.3 | 53.5 ± 2.4 | 0.23 ± 0.4 | 0.0 ± 0.0 | 48.3 |
| OD (mg.L ⁻¹) | 5.4 ± 0.7 | 3.1 ± 1.5 | 7.76 ± 1.4 | 4.1 ± 2.4 | 5.5 ± 0.7 | 6.7 ± 0.4 | 8.3 ± 1.0 | 5.1 |
| STD (mg.L ⁻¹) | 0.5 ± 0.0 | 0.5 ± 0.0 | 0.6 ± 0.0 | 0.5 ± 0.0 | 0.5 ± 0.0 | 0.5 ± 0.0 | 0.7 ± 0.0 | 85.3 |
| NO3 (µg/L ⁻¹) | 49.1 ± 26.9 | 54.4 ± 9.8 | 34.6 ± 10.8 | 25.1 ± 4.1 | 26.6 ± 3.5 | 52.3 ± 27.8 | 113.4 ± 8.0 | 16.8 |
| NO2 (µg/L ⁻¹) | 1.0 ± 0.3 | 1.7 ± 0.3 | 2.41 ± 2.4 | 1.01 ± 0.2 | 0.5 ± 0.2 | 2.5 ± 1.2 | 7.9 ± 1.0 | 31.4 |
| NH3 (µg/L ⁻¹) | 20.1 ± 3.3 | 39.5 ± 21.3 | 33.8 ± 4.8 | 79.3 ± 12.1 | 36.8 ± 4.2 | 124.0 ± 43.2 | 80.5 ± 8.5 | 22.8 |
| PO4 (µg/L ⁻¹) | 10.7 ± 3.4 | 37.3 ± 11.6 | 24 ± 2.5 | 29.8 ± 18.8 | 9.0 ± 2.5 | 18.1 ± 7.4 | 9.5 ± 5.1 | 6.6 |
| PT (µg/L ⁻¹) | 63.2 ± 12.5 | 52.8 ± 4.5 | 37.4 ± 3.0 | 55.3 ± 6.8 | 44.5 ± 7.1 | 33.2 ± 5.1 | 24.5 ± 4.3 | 21.4 |
| NT (µg/L ⁻¹) | 237.1 ± 29.8 | 228.0 ± 18.7 | 192.6 ± 6.1 | 161.5 ± 18.7 | 126.8 ± 50.8 | 307.5 ± 16.1 | 328.3 ± 7.4 | 45.1 |
| Zeu (m) | 4.3 ± 0.7 | 3.8 ± 0.6 | 4.5 ± 1.0 | 3.8 ± 0.6 | 3.5 ± 0.3 | 5.3 ± 0.6 | 5.8 ± 0.5 | 12.8 |
| Zmix (m) | 6.3 ± 4.0 | 5.7 ± 3.1 | 3.8 ± 3.2 | 0.91 ± 0.4 | 2.7 ± 1.0 | 3.3 ± 4.2 | 7.0 ± 4.8 | 3.7 |
| Zmax (m) | 6.3 ± 4.0 | 5.7 ± 3.1 | 5.7 ± 3.2 | 5.8 ± 3.4 | 6.1 ± 3.4 | 5.3 ± 3.1 | 7.0 ± 4.8 | 3.7 |
| IET | 49.9 | 54.7 | 51.1 | 53.4 | 50.1 | 45.9 | 45.7 | - |

Variáveis bióticas

A comunidade fitoplanctônica foi representada por 32 táxons, os quais foram distribuídos nas divisões, Cyanophyceae (16 táxons), Chlorophyceae (8 táxons), Bacillariophyceae (5 táxons), Cryptophyceae (2 táxons) e Euglenophyceae (1 táxon). As associações foram representadas por seis diferentes grupos de cianobactérias (H1, K, L, M, MP, S1), cinco de clorófitas (F, J, P, N, Td, X1), três de diatomáceas (C, MP, P), uma de criptófita (Y) e uma de euglenófita (W2).

Com relação aos valores de diversidade, não foram verificadas diferenças significativas nem entre os compartimentos e nem entre as regiões). Nas regiões, foi encontrado um maior valor na região limnética no mês de fevereiro, com 2,32 (Bits.L⁻¹) (Figura 2), em contrapartida, o menor valor foi observado no mês de agosto/2013 na região litorânea no mês de agosto/2013 com 0,73 (Bits.L⁻¹) (Figura 2). Nos compartimentos, o maior pico, foi registrado no mês de fevereiro/14 no compartimento de lago com 2,32 (Bits.L⁻¹) (Figura 2), e o menor no mês de agosto/2013 no compartimento de transição com 0,73 (Bits.L⁻¹) (Figura 2).

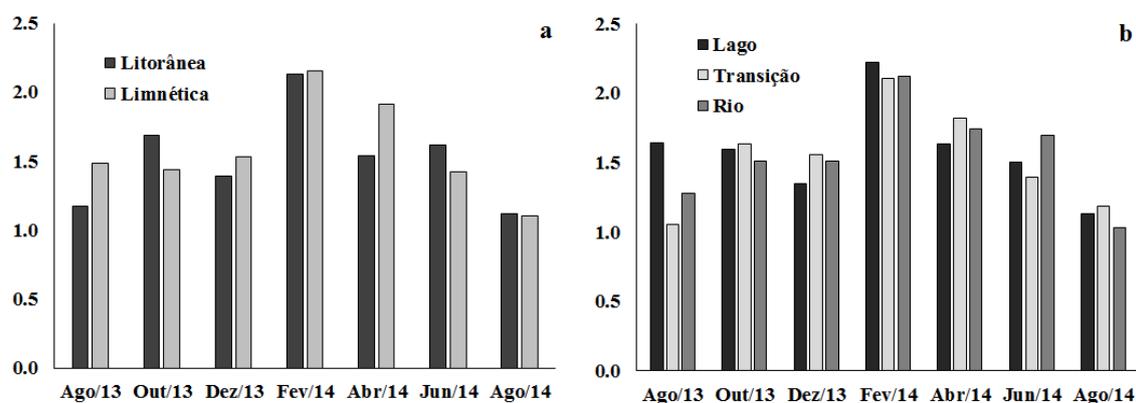


Figura 2 – Valores mensais médios de diversidade por regiões (a) e por compartimentos (b) do reservatório Camaláu, Paraíba entre os períodos de agosto de 2013 a agosto de 2014.

Com relação a biomassa (mg.L⁻¹), para as regiões, não foram verificadas nenhuma diferença durante toda a pesquisa (Figura 3). Para os compartimentos, foram observadas diferenças (F=17,8 p <0,05), no mês de agosto, sendo a biomassa mais elevada encontrada no compartimento de lago (Figura 3).

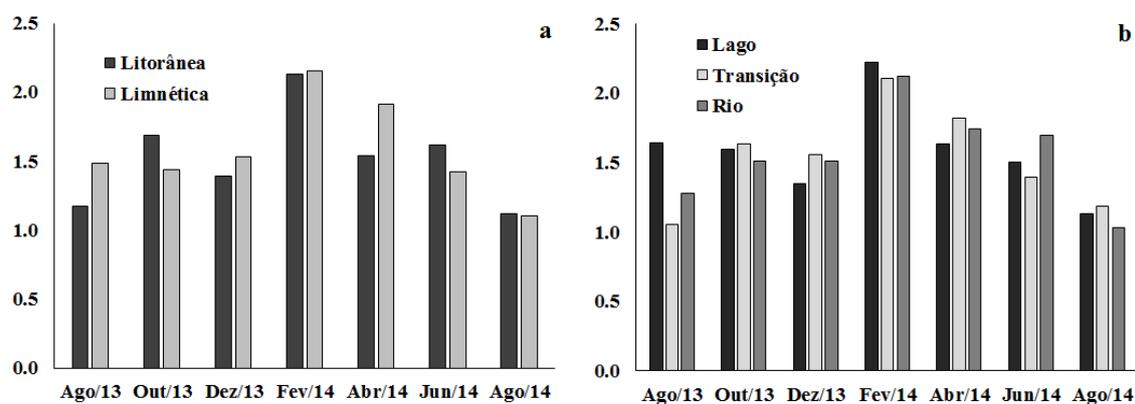


Figura 3 - Valores mensais médios de biomassa por regiões (a) e por compartimentos (b) do reservatório Camaláu, Paraíba entre os períodos de agosto de 2013 a agosto de 2014.

Seis associações (H1, M, MP, S1, Sn e Y) apresentaram pelo menos 5% da biomassa total em pelo menos um mês analisado nos compartimentos e regiões (Tabela II e III).

Para o compartimento de lago, M e Sn e S1 foram associações representativas durante todos os meses, com exceção para S1 no mês de dezembro/2013 para este compartimento. A associação MP, apresentou representatividade apenas no mês de outubro/2013. Com relação a H1 e Y, foi observado que a primeira apresentou valores de biomassa representativos nos meses de fevereiro/2014 e abril/2014, e a segunda em fevereiro/2014 e agosto/2014.

No compartimento de transição, verificou-se o mesmo padrão observado no lago para M e Sn e H1. A associação S1, foi predominante nos meses de outubro/13, fevereiro/2014 e abril/2014, e Y apenas no mês de agosto/2014.

O compartimento de rio apresentou o mesmo padrão observado no lago para as associações M, Sn e S1. A associação H1, foi representativa nos meses de, fevereiro/2014, abril/2014 e junho/2014. Com relação a MP e Y, ambas foram predominantes nos meses de outubro/2014 e agosto/2014, respectivamente.

Na região litorânea, M, Sn e S1 foram as associações que mantiveram as suas biomassas representativas praticamente em todos os meses de estudo, exceto, S1 em dezembro/2013 e agosto/2014. A associação H1, foi representativa nos meses de fevereiro/2014 e abril/2014. MP e Y, destacaram-se, em outubro/2014 e agosto/2014.

Tabela II

Valores médios mensais de biomassa por compartimento dos táxons abundantes no reservatório Camalaú durante o período de agosto de 2013 a agosto de 2014. Legenda: GF = grupo funcional; Comp.= compartimento; - = táxon ausente; + = táxon com biomassa média inferior a 0,01mg.L⁻¹; valores em negrito = biomassa média maior que 5% da comunidade.

| GF | Comp. | Meses | | | | | | | Espécies > % 5 Biomassa total |
|----|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| | | ago/13 | out/13 | dez/13 | fev/14 | abr/14 | jun/14 | ago/14 | |
| C | Lago | 0.02 | 0.03 | 0.2 | 0.25 | 0.07 | 0.2 | 0.04 | - |
| | Transição | - | 0.01 | 0.24 | 0.37 | 0.09 | 0.16 | 0.01 | |
| | Rio | 0.01 | - | 0.22 | 0.32 | 0.05 | 0.08 | 0.03 | |
| F | Lago | 0.05 | - | - | 0.01 | - | - | - | - |
| | Transição | + | - | - | - | - | - | - | |
| | Rio | 0.01 | - | - | - | - | - | - | |
| H1 | Lago | 0.33 | 0.07 | - | 1.25 | 1.07 | 0.03 | - | <i>Dolichospermum circinale</i> <i>Sphaerospermopsis</i> <i>aphanizomenoides</i> |
| | Transição | 0.2 | 0.04 | - | 1.8 | 1.26 | 0.07 | 0.03 | |
| | Rio | 0.11 | - | - | 1.01 | 0.65 | 0.33 | 0.03 | |
| J | Lago | 0.02 | - | - | - | - | 0.02 | - | - |
| | Transição | 0.01 | 0.01 | - | - | 0.01 | 0.02 | - | |
| | Rio | 0.01 | 0.01 | - | - | - | - | - | |
| K | Lago | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Transição | - | - | - | 0.01 | 0.01 | 0.01 | - | |
| | Rio | - | - | - | - | - | - | - | |
| Lo | Lago | + | - | - | 0.01 | - | - | - | - |
| | Transição | - | - | - | - | 0.01 | - | - | |
| | Rio | + | - | - | - | - | - | - | |
| M | Lago | 3.82 | 3.54 | 3.14 | 4.17 | 6.61 | 3.77 | 2.94 | <i>Microcystis aeruginosa</i> |
| | Transição | 4.08 | 2.59 | 2.88 | 5.08 | 8.34 | 4.16 | 2.96 | |
| | Rio | 3.51 | 2.99 | 3.03 | 5.75 | 7 | 3.34 | 2.95 | |
| MP | Lago | 0.05 | 1.06 | 0.02 | 0.24 | 0.42 | 0.12 | 0.02 | <i>Cocconeis placentula</i> |
| | Transição | - | 0.09 | 0.03 | 0.33 | 0.48 | 0.02 | 0.02 | |
| | Rio | 0.02 | 0.3 | 0.06 | 0.25 | 0.54 | 0.05 | 0.02 | |
| N | Lago | - | - | 0.04 | - | - | - | - | - |
| | Transição | - | - | 0.06 | 0.02 | - | - | - | |
| | Rio | - | - | 0.05 | - | - | - | - | |
| P | Lago | - | + | - | + | + | + | - | - |
| | Transição | - | + | + | 0.01 | - | + | + | |
| | Rio | - | + | + | + | + | + | - | |
| S1 | Lago | 3.31 | 2.45 | 0.08 | 3.07 | 0.62 | 0.41 | 0.25 | <i>Planktothrix agardhii</i> ; <i>Pseudanabaena catenata</i> ; <i>Pseudanabaena</i> sp |
| | Transição | 0.25 | 1.31 | 0.16 | 3.98 | 1.47 | 0.22 | 0.14 | |
| | Rio | 0.4 | 0.36 | 0.23 | 3.39 | 0.89 | 0.41 | 0.24 | |
| Sn | Lago | 2.86 | 1.64 | 1.36 | 4.86 | 1.81 | 1.43 | 0.37 | <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> |
| | Transição | 0.66 | 1.3 | 1.72 | 6.96 | 3.29 | 1.83 | 0.92 | |
| | Rio | 0.69 | 0.76 | 2.64 | 4.88 | 3.12 | 1.73 | 0.28 | |
| Td | Lago | - | - | + | - | - | - | + | - |
| | Transição | - | - | - | + | + | - | - | |
| | Rio | - | - | + | - | - | - | - | |
| W2 | Lago | - | + | + | + | - | - | + | - |
| | Transição | - | + | + | - | - | - | - | |
| | Rio | - | - | - | 0.01 | + | - | - | |

Tabela II: Continuação...

| GF | Comp. | Meses | | | | | | | Espécies > % 5 Biomassa total |
|----|-----------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------------|-------------------------------|
| | | ago/13 | out/13 | dez/13 | fev/14 | abr/14 | jun/14 | ago/14 | |
| X1 | Lago | + | + | + | + | + | - | + | - |
| | Transição | + | + | + | + | + | - | + | |
| | Rio | + | + | + | + | + | - | + | |
| Y | Lago | 0.02 | 0.07 | 0.06 | 1.67 | 0.06 | 0.04 | 0.41 | <i>Cryptomonas</i> sp |
| | Transição | 0.02 | 0.15 | 0.08 | 0.27 | 0.18 | 0.09 | 0.32 | |
| | Rio | 0.06 | 0.2 | 0.06 | 0.49 | 0.17 | 0.17 | 0.19 | |

A região limnética, apresentou um padrão semelhante ao da região litorânea para H1, M, Sn e S1, sendo a única diferença referente ao mês de agosto/2014, para a associação S1. MP, foi representativa nos meses de outubro/2013 e abril/2014, e Y, apresentou o mesmo padrão observado para a região litorânea.

A região limnética, apresentou um padrão semelhante ao da região litorânea para H1, M, Sn e S1, sendo a única diferença referente ao mês de agosto/2014, para a associação S1. MP, foi representativa nos meses de outubro/2013 e abril/2014, e Y, apresentou o mesmo padrão observado para a região litorânea.

Tabela III

Valores mensais médios de biomassa por região dos táxons abundantes no reservatório Camalaú durante o período de agosto de 2013 a agosto de 2014. Legenda: GF = grupo funcional; - = táxon ausente; + = táxon com biomassa média inferior a 0,01mg.L⁻¹; valores em negrito = biomassa média maior que 5% da comunidade.

| GF | Região | Meses | | | | | | | Espécies > % 5 Biomassa total |
|----|-----------|--------|--------|--------|-------------|-------------|--------|--------|--|
| | | ago/13 | out/13 | dez/13 | fev/14 | abr/14 | jun/14 | ago/14 | |
| C | Litorânea | 0.01 | 0.02 | 0.19 | 0.32 | 0.08 | 0.14 | 0.02 | - |
| | Limnética | 0.01 | - | 0.25 | 0.3 | 0.06 | 0.15 | 0.03 | |
| F | Litorânea | 0.03 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Limnética | 0.01 | - | - | 0.01 | - | - | - | |
| H1 | Litorânea | 0.17 | 0.05 | - | 1.54 | 0.92 | 0.11 | 0.03 | <i>Dolichospermum circinale</i> <i>Sphaerospermopsis</i> <i>aphanizomenoides</i> |
| | Limnética | 0.25 | 0.03 | - | 1.17 | 1.07 | 0.18 | 0.01 | |
| J | Litorânea | 0.01 | 0.01 | - | - | - | 0.01 | - | - |
| | Limnética | 0.02 | - | - | - | 0.01 | 0.02 | - | |
| K | Litorânea | - | - | - | - | - | 0.01 | - | - |
| | Limnética | - | - | - | - | - | - | - | |

Tabela III: Continuação...

| GF | Região | Meses | | | | | | Espécies > % 5 Biomassa total |
|----|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| | | ago/13 | out/13 | dez/13 | fev/14 | abr/14 | jun/14 | |
| Lo | Litorânea | + | - | - | - | - | - | - |
| | Limnética | - | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 | - | - |
| M | Litorânea | 3.79 | 3.21 | 3.11 | 5.48 | 7.47 | 3.33 | 2.91 |
| | Limnética | 3.82 | 2.88 | 2.93 | 4.52 | 7.17 | 4.18 | 2.98 |
| MP | Litorânea | 0.01 | 0.92 | 0.04 | 0.32 | 0.12 | 0.1 | 0.02 |
| | Limnética | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.22 | 0.84 | 0.03 | 0.02 |
| N | Litorânea | - | - | 0.04 | 0.01 | - | - | - |
| | Limnética | - | - | 0.08 | - | - | - | - |
| P | Litorânea | - | + | + | + | + | + | - |
| | Limnética | - | + | + | + | + | + | + |
| S1 | Litorânea | 0.46 | 2.38 | 0.09 | 3.94 | 0.74 | 0.49 | 0.19 |
| | Limnética | 2.19 | 0.38 | 0.23 | 3.03 | 1.22 | 0.21 | 0.24 |
| Sn | Litorânea | 1.88 | 0.66 | 2.04 | 6.7 | 2.4 | 1.76 | 0.63 |
| | Limnética | 0.94 | 2.15 | 1.75 | 4.44 | 3.08 | 1.58 | 0.42 |
| Td | Litorânea | - | - | + | + | - | - | + |
| | Limnética | - | - | + | - | - | - | - |
| W2 | Litorânea | - | + | - | 0.01 | - | - | - |
| | Limnética | - | + | - | 0.01 | - | - | - |
| X1 | Litorânea | + | 0.01 | + | 0.01 | + | + | + |
| | Limnética | + | 0.01 | + | 0.01 | + | + | + |
| Y | Litorânea | 0.01 | 0.11 | 0.08 | 0.88 | 0.10 | 0.11 | 0.31 |
| | Limnética | 0.15 | 0.18 | 0.06 | 0.75 | 0.18 | 0.10 | 0.32 |

Os eixos da RDA explicaram 48% da variação dos dados, sendo o eixo 1 correspondente a 78 % ($p < 0,05$) e o eixo 2 19% ($p < 0,05$) dessa variação. O fósforo total, os sólidos totais dissolvidos, a zona de mistura e a turbidez foram as variáveis que estiveram mais associadas ao eixo 1 e a amônia, e o ortofosfato ao eixo 2. O eixo 1 separou as unidades amostrais nos meses secos e chuvosos, e o eixo 2, mostrou a heterogeneidade entre esses períodos. A associações Y MP estiveram principalmente correlacionadas positivamente com ortofosfato e turbidez no período chuvoso. A associação S1, foi correlacionada aos valores de turbidez nos meses chuvosos e negativamente a zona de mistura nos meses secos. H1, foi correlacionada positivamente com o fósforo total no período chuvoso e negativamente aos sólidos totais dissolvidos no período seco. A associações M e Sn ficaram próxima ao centro e parecem ter sido influenciadas por diversas condições do ambiente que permitem o desenvolvimento das mesmas.

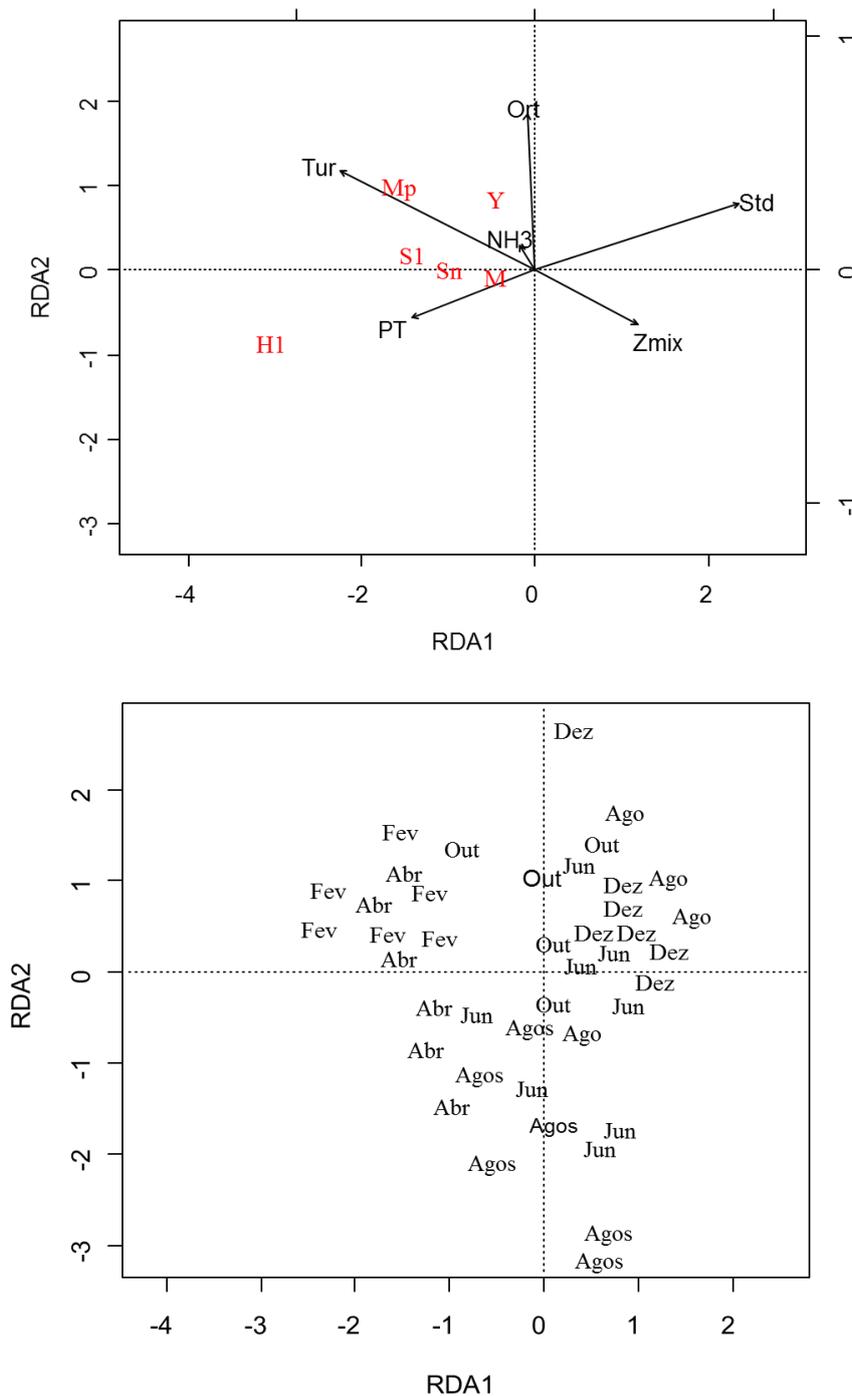


Figura 4 - Ordenação biplot dos dados de biomassa das associações representativas do reservatório Camalaú, Paraíba durante o período de março de agosto de 2013 a agosto de 2014. As unidades amostrais são representadas com os meses. Legenda: Agos = Agosto de 2013; Out = Outubro de 2013; Dez = Dezembro de 2013; Fev = Fevereiro de 2014; Abr = Abril de 2014; Jun = Junho de 2014; Ago = Agosto de 2014; Std = Sólidos totais dissolvidos; Ort = Ortófosfato; Zmix=Zona de mistura; PT = Fósforo total; NH3 = Amônia; Tur = Turbidez.

4. DISCUSSÃO

No reservatório Camalaú, foi verificado um padrão homogêneo para as variáveis abióticas em uma escala espacial (horizontal). No reservatório Jucazinho (PE), Moura, Nascimento e Dantas (2012) também observaram condições semelhantes para os fatores abióticos em uma escala espacial. A homogeneidade das variáveis físico-químicas, teve um papel importante na variação espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica no reservatório Camalaú, uma vez que a estrutura da comunidade apresentou poucas variações entre os compartimentos e regiões, a qual só variou entre os meses. Outros estudos, em reservatórios também demonstraram uma distribuição homogênea da comunidade fitoplanctônica em uma escala espacial, como os de Pérez, Bonnila e Martínez (1999) que foi realizado em um reservatório grande do Uruguai; e a pesquisa de Lopez, Bicudo e Ferragut (2005), realizada em um reservatório do estado de São Paulo. De acordo com a pesquisa de Dellamano-Oliveira et al (2008), a isoterмия da coluna da água proporcionou uma distribuição homogênea do fitoplâncton, com em um reservatório do estado de São Paulo predominância da cianobactéria *M. aeruginosa* nos meses de verão.

A riqueza, a diversidade e, principalmente a biomassa alcançaram seus maiores valores no período chuvoso. Resultados semelhantes para riqueza e diversidade foram observados em outros reservatórios do semiárido nordestino (Chellappa, Borba e Rocha, 2008, Lira et al 2011). Estes trabalhos citam que na estação chuvosa há uma diminuição da dominância de cianobactérias, possibilitando assim, que a diversidade aumente por permitir a ocorrência de mais espécies.

Algumas pesquisas realizadas em reservatórios tropicais (Bouvy 2000, Figueredo e Giani, 2001, Bittencourt-Oliveira et al 2012) versam que os maiores valores de biomassa fitoplanctônica são encontrados na estação de estiagem, devido a uma maior estabilidade da coluna da água. Contudo, no presente estudo os valores máximos foram registrados no período chuvoso, que apresentou estratificação, corroborando com outros estudos realizados em lagos e reservatórios brasileiros (Dantas et al 2012, Rangel et al 2009, López, Bicudo e Ferragut 2009). Estas pesquisas ressaltam que, na estação chuvosa, a coluna da água permaneceu estratificada, o que possibilitou um maior estabelecimento da biomassa algal. Além disso, as altas concentrações de fósforo, reduzida zona eufótica e menor quantidade de herbívoros são citados por alguns desses autores como fatores que propiciaram esse padrão em seus estudos.

As cianobactérias constituíram o grupo que apresentou o maior número de associações, e valores de biomassa no reservatório Camalaú durante o estudo. Apesar de ter ocorrido,

variações na biomassa entre os períodos, a estrutura da comunidade foi formada principalmente por cianobactérias, tais como *M. aeruginosa* (M), *C. raciborskii* (Sn), *P. catenata* (S1), *D. circinalis* (H1) e *Pseudanabaena* sp (S1), sendo todas essas espécies potencialmente tóxicas.

A associação M apresentou altos valores de biomassa durante todo o estudo em todos os compartimentos e regiões, a qual foi favorecida principalmente pelos maiores valores de temperatura da água, pH alcalino, altas concentrações de oxigênio dissolvido e nutrientes que permaneceram elevados durante toda a pesquisa. Segundo Huszar (1998) e Celik e Ongum (2008), a associação M é típica de ecossistemas eutróficos. Em ecossistemas tropicais brasileiros, é reportado que os fatores como, pH alcalino, redução da zona eufótica, altas temperaturas, estratificação e disponibilidade de nutriente (principalmente fósforo) favorecem o desenvolvimento dessa associação (Fonseca e Bicudo 2008, Dantas et al 2012, Gelmeço et al. 2009). Na pesquisa Borges, Train e Rodrigues (2008) realizada em um reservatório do sul do Brasil, foi reportado que a estabilidade da coluna da água, bem como também a grande concentração de fósforo foram os fatores responsáveis para o crescimento da associação. Rychtecky' e Znachor (2011) também reportaram que a associação M foi favorecida por altos valores de fósforo total e oxigênio dissolvido em um ecossistema turco.

A associação Sn é composta por cianobactérias filamentosas, e ocorre em ecossistemas que apresentam camadas misturadas e quentes, tolerantes a baixa disponibilidade de luz e nitrogênio sendo esse fato encontrados em diversos estudos de reservatórios tropicais (Huszar et al 2000, Moura et al 2007, Dantas et al 2012). Na pesquisa, o grupo apresentou o mesmo padrão observado para a associação M, e foi beneficiado por diversos fatores que permitem o desenvolvimento de cianobactérias. No estudo de Dantas et al (2008) também foi verificada uma persistência da associação Sn na região litorânea. Esse fato, possivelmente foi devido as condições homogêneas que o ecossistema apresentou durante a pesquisa, sempre com condições favoráveis para o sucesso das cianobactérias.

Os padrões de dominância nos compartimentos e regiões do reservatório Camalaú, foram marcados sempre por momentos de dominância de *M. aeruginosa* (M) bem como por codominâncias desta com *C. raciborskii* (Sn). A espécie filamentosa só apresentou maiores valores de biomassa com o início do período chuvoso em fevereiro. Costa et al. (2006) reportaram uma alternância de cianobactérias em reservatório do Rio Grande do Norte, a qual foi iniciada por *C. raciborski* (Sn) no período chuvoso, seguida por uma predominância de espécies de *Microcystis* (M) entre os períodos chuvoso e seco, e subsequentemente uma coexistência dessas citadas anteriormente com espécies de *Aphanizomenon* (H1). Essas

associações foram beneficiadas por altas temperaturas, pH alcalino e condições mesotróficas que se mantiveram constantes na pesquisa.

Segundo Soares et al (2013), que realizaram um estudo sobre a dominância e preferências ambientais de cianobactérias em ecossistemas do Brasil, *M. aureginosa* (M) foi comumente dominante em períodos quentes e chuvosos, porém no presente estudo foi observado esse fato em ambos os períodos, sendo que a biomassa da espécie apresentou seus maiores valores no mês de abril/2014. Os autores também reportam que *C. raciborskii* (Sn), foi mais predominante em períodos secos, ou em ambientes que apresentavam mistura da coluna da água. No estudo de (Tucci e Sant'Anna,2003), as autoras reportam que a espécie foi associadas a valores elevados de pH, altas concentrações de clorofila *a*, altas densidades de outras cianobactérias, e baixos valores de transparência da água, profundidade de zona de mistura, concentrações de gás carbônico livre e amônio. Dentre esses fatores, alguns foram observados na presente pesquisa no mês que a espécie apresentou seus maiores picos de biomassa: alta turbidez amônia. Padisák (1997) também reporta em seu estudo que a assimilação de amônia, é um dos fatores responsáveis pelo sucesso dessa espécie.

Reynolds et al. (2002) citam que a associações S1 é típica de ambientes misturados e turbidos e tolerantes a baixa disponibilidade de luz e nitrogênio. No presente estudo, a associação S1, tornou-se mais abundantes quando houve um aumento da turbidez, devido ao começo das chuvas no mês de fevereiro e esse resultado, corrobora com o de Moura et al. (2012), que encontraram a associação S1 em um reservatório do semiárido brasileiro quando o ambiente apresentou condição semelhante.

A associação H1, apresenta algas filamentosas fixadoras de nitrogênio da ordem Nostocales, e foi representativa em todos os compartimentos e regiões principalmente nos meses de fevereiro e abril/2014. Brasil e Huszar (2011) e Becker, Huszar e Crossetti (2009) reportam que esse grupo geralmente predomina em ambientes eutróficos e estratificados, e são tolerantes a baixa concentração de nitrogênio e sensível a baixa condição de luz e fósforo. Pesquisas mostraram, que a baixa concentração de nitrato, alta concentração de fósforo total, redução da zona eufótica e alta concentração de oxigênio dissolvido, foram alguns dos fatores que promoveram o sucesso desse códon (Crossetti e Bicudo, 2008; Gelmege et al.,2009; Rychtecky e Znachor 2011). Em Camalaú, esse códon foi associado principalmente aos valores de fósforo total nos meses chuvosos de fevereiro/2014 e abril/2014, sendo também nesses meses observados os processos de estratificação, menores valores de nitrato e zona eufótica para a pesquisa.

Conforme Padisák et al. (2006; 2009), o grupo MP, ocorre em ambientes rasos, túrbidos e rico em matéria inorgânica, e algumas algas pertencentes a esta associação possui hábito perifítico. No estudo, essa associação foi representativa nos compartimentos de lago e rio no mês de outubro/2013 e na região litorânea em outubro/2013 e limnética em abril/2014, e foi correlacionada positivamente com a turbidez e ortofosfato. Crosetti et al. (2013) citaram que o fósforo solúvel reativo proporcionou o desenvolvimento do grupo em seu estudo.

O códon Y, ocorre em uma ampla variedade de habitats e ambientes enriquecidos, possui tolerância a baixa disponibilidade de luz e sensibilidade a herbivoria (Reynolds et al. 2002). Na pesquisa, foi observado o seu sucesso em todos os compartimentos nos meses de agosto/2014 e em fevereiro/2014, somente no lago, sendo esse grupo correlacionado aos valores de turbidez e ortofosfato. Silva, Train e Rodrigues (2005) reportaram que em seu estudo, o grupo foi associado com uma maior zona eufótica ($Z_{eu} > Z_{mix}$) e concentrações de fósforo solúvel reativo e amônio. Na pesquisa de Melo, Bicudo e Ferragut (2005), os fatores que melhores se associaram ao códon foram o fósforo total e ortofosfato. No entanto, vale ressaltar que nos resultados de Cunha e Calijuri (2011) é reportado que a turbidez foi um fator que propiciou o desenvolvimento dessa associação.

Os resultados dessa pesquisa mostraram que não ocorreu variação na escala espacial (horizontal), devido a homogeneidade das variáveis abióticas durante todo o estudo nos diferentes compartimentos e regiões. A variação, apenas foi temporal, sendo observado um padrão de dominância de M e Sn durante os meses em todos os locais, os quais foram favorecidos por diversas altas temperaturas, pH alcalino e condições mesótróficas do ecossistema. No entanto, outras associações apresentaram flutuações nas suas representatividades, sendo S1 correlacionada positivamente com a turbidez e negativamente com a zona de mistura. H1, foi associada ao fósforo total. MP e Y com turbidez e ortofosfato.

Esse estudo contribuiu significativamente. Esse estudo, contribuiu significativamente para um possível estabelecimento de padrões sucessionais de ecossistemas tropicais em uma escala horizontal, especialmente de regiões semiáridas, que são utilizados para as mais diversas utilidades.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual da Paraíba pelo auxílio no transporte para as coletas. Aos laboratórios de ecologia aquática da Universidade Estadual da Paraíba (LEAQ – UEPB) pelo auxílio nas análises físico-químicas e ao laboratório de Botânica (UEPB) pelo auxílio em algumas análises de material biológico. O primeiro autor, agradece ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão de uma bolsa de estudo durante o período do mestrado.

RESUMO

O objetivo do estudo foi analisar a sucessão das associações fitoplanctônicas ao longo em escala horizontal do reservatório Camaláu, semiárido do Nordeste brasileiro. Foram realizadas coletas bimestrais, em zonas lólicas, transição e lênticas com pontos na região litorânea e limnética. A identificação e o enquadramento das associações foram realizados através de bibliografia especializada sendo a sua biomassa correlacionada com variáveis ambientais por meio de uma análise de redundância. Os resultados da pesquisa mostraram que não ocorreu variação horizontal, devido a homogeneidade das variáveis abióticas durante todo o estudo. A variação, foi apenas temporal, sendo observado um padrão de dominância de M e Sn durante os meses em todos os locais, os quais foram favorecidos por diversas altas temperaturas, pH alcalino e condições mesótróficas do ecossistema. No entanto, outras associações apresentaram flutuações nas suas representatividades, sendo S1 correlacionada positivamente com a turbidez e negativamente com a zona de mistura. H1, foi associada ao fósforo total. MP e Y com turbidez e ortofosfato.

Palavras-chave: Biomassa, Fitoplâncton, Nordeste do Brasil, Variáveis ambientais, Variação horizontal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. 2012. Standard methods for examination of water and wastewater. 22nd ed., USA: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation.
- BRASIL J AND HUSZAR VLM. 2011. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. *Oecologia Australis*, vol. 15, no. 4, p. 799-834
- BECKER V, CAPUTO L, ORDONEZ J, MARCE R., ARMENGOL J, CROSSETTI LO, AND HUSZAR V.L.M. 2010. Driving factors of the phytoplankton functional groups in a deep Mediterranean reservoir. *Water Res.* 44, 3345–3354.
- BECKER V, CARDOSO L.S AND HUSZAR V.L.M., 2009. Diel variation of phytoplankton functional groups in a subtropical reservoir in southern Brazil, during an autumnal stratification period. *Aquat. Ecol.* 43, 371–381.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA MC, DIAS SN; MOURA NA, CORDEIRO-ARAÚJO M.K AND DANTAS EW. 2012 Seasonal dynamics of cyanobacteria in a eutrophic reservoir (Arcoverde) in a semi-arid region of Brazil. *Brazilian Journal of Biology (Impresso)*, v. 72, p. 533-544.
- BORGES P.A.F, TRAIN S AND RODRIGUES LC. 2008. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*, The Hague, v. 607, p. 63-74.
- BOUVY M.A, FALCÃO D, MARINHO M, PAGANO M AND MOURA AN.2000. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquat. Microb. Ecol.*, 23, 13-27.
- BOUVY MA, NASCIMENTO SM AND MOLICA RJR FERREIRA, A. 2003. Limnological features in Tapacurá (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia* 493, 115-130.
- CAPUTO L, NASELLI-FLORES L, ORDONEZ J. AND ARMENGOLJ.2008. Phytoplankton distribution along trophic gradients within and among reservoirs in Catalonia (Spain). *Freshwater Biology* 53: 2543–2556
- CARR JM, HERGENRADER GL AND TROELSTRUP NH. 1986. A simple inexpensive method for cleaning diatoms. *Trans. Am. Micros. Soc.*, 105: 152-157
- CARLSON RE. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol Oceanogr* 22(2): 361-369.
- ÇELIK K AND ONGUN T. 2008. Spatial and temporal dynamics of the steady-state phytoplankton assemblages in a temperate shallow hypertrophic lake (Lake Manyas, Turkey). *Limnology*, v.9, p.115 - 123.

CHELLAPPA NT, BORBA JM AND ROCHA, O.2008. Phytoplankton community and physical-chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil. *Braz. J. Biol.* 68(3), 477-494.

COLE G. 1994. *Textbook of Limnology*. Saint Louis, The C.V. Mosby, 283 p

COSTA IAS, AZEVEDO SMFO, SENNA PAC, BERNARDO RR, COSTA SM AND CHELLAPA NT. 2006. Ocurrence of toxin- producing Cyanobacteria blooms in a brazilian semiarid reservoir. *Braz J Biol* 66(1B): 211-219

CROSSETTI LO, BECKER V, CARDOSO LS, RODRIGUES LHR, COSTA LS AND MOTTA-MARQUES D. 2013. Is phytoplankton functional classification a suitable tool to investigate spatial heterogeneity in a subtropical shallow lake? *Limnologica (Jena)*, v. 43, p. 157-163.

DANTAS EW, BITTENCOURT-OLIVEIRA MC, MOURA, AN.2012. Dynamics of phytoplankton associations in three reservoirs in northeastern Brazil assessed using Reynolds theory. *Limnologica (Jena)*, v. 42, p. 72-80.

DELLAMANO-OLIVEIRA MJ, VIEIRA AAH, ROCHA O, COLOMBO, V AND SANT'ANNA, CL.2008. Phytoplankton taxonomic composition and temporal changes in a tropical reservoir. *Fund. And Appl. Limnol.: Arch. für Hydrobiologie*, vol. 171, no. 1, p. 27-38.

DANTAS E.W, MOURA A.N, BITTENCOURT-OLIVEIRA M.C, ARRUDA-NETO JD.T. AND CAVALCANTI, A.D.C. 2008 Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Mundaú reservoir, Northeastern Brazil. *Acta Bot. Brasil.*, 22(4), 970-982.

FALCO PB AND CALIJURI M. C .2002. Longitudinal phytoplankton community distribution in a tropical reservoir (Americana, S.P., Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia, Brasil*, v. 14, n.2, p. 27-37.

FIGUEREDO CC AND GIANI A.2001. Seasonal variation in the diversity and species richness of phytoplankton in a tropical eutrophic reservoir. *Hydrobiologia, The Hague*, v. 445, n. 1-3, p. 165-174.

FONSECA B M AND BICUDO CEM. 2008. Phytoplankton seasonal variation in a shallow stratified eutrophic reservoir (Garças Pond, Brazil). **Hydrobiologia** (The Hague), v. 600, p. 267-282.

FONSECA BM AND BICUDO CEM .2011. Phytoplankton seasonal and vertical variation in a tropical shallow reservoir with abundant macrophytes (Ninféias Pond, Brazil). *Hydrobiologia (The Hague. Print)*, v. 665, p. 229-245.

GURBUZ H, KIVRAK E, SOYUPAK S; SEDAT, V. Predicting dominant phytoplankton quantities in a reservoir by using neural networks. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 504, p. 133-141.b.2003

HILLEBRAND H, DÜRSELEN C, KIRSCHTEL D, POLLINGHER U AND ZOHARY, T. 1999 Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **J. Phycol.**, **35**, 403-424.

HUSZAR VLM, SILVA LHSD, MARINHO MM, DOMINGOS P AND SANT'ANNA C L. 2000. Cyanoprokaryotes assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* (The Hague), Holanda, v. 424, n.1/3, p. 67-77.

HUSZAR VLM, SILVA L.H.S, DOMINGOS P, MARINHO MM ANS MELO S. 1998. Phytoplankton species composition is more sensitive than OECD criteria to the trophic status of three Brazilian tropical lakes. *Hydrobiologia* 369/370, 59-71.

HUSZAR VLM, KRUK C AND CARACO N .2003. Steady state of phytoplankton assemblage of phytoplankton in four temperate lakes (NE USA). *Hydrobiologia*, The Hague, v. 502, p. 97-109.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal>. Acessado em 19/08/2014.

JENSEN JP, JEPPESEN E, OLRİK K AND KRISTENSEN, P.1994. Impact of nutrients and physical factors on the shift from cyanobacterial to chlorophyte dominance in shallow Danish lakes, *Can J Fish Aquat Sci*, v. 51, pp.1692—1699.

KRUK C, MAZZEO N; LACEROT G AND REYNOLDS C S.2002. Classification schemes for phytoplankton: A local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *Journal of Plankton Research*, London, v. 24, p. 901-912.

LEITAO, M, MORATA SM, RODRIGUEZ S AND VERGON JP.2003. The effect of perturbations on phytoplankton assemblages in a deep reservoir Vouglans, France. **Hydrobiologia** 502: 73–83.

LIRA GAST, ARAUJO EL, BITTENCOURT-OLIVEIRA MC AND MOURA AN.(2011) Phytoplankton abundance, dominance and coexistence in an eutrophic reservoir in the state of Pernambuco, Northeast Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* [online]. vol.83, n.4, pp. 1313-1326.

LOBO EA AND LEIGHTON G.1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la Zona Central de Chile. *Revista Biología Marina* 22: 1-29. Margalef, R., 1983. *Limnologia*. Omega, Barcelona.

LOPES MRM.; BICUDO C. E. M AND FERRAGUT, C. 2005 Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil.. *Hydrobiologia*, v. 542, n.1, p. 235-247.

LOPES MRM, FERRAGUT C AND BICUDO CEM. 2009. Phytoplankton diversity and strategies in regard to physical disturbances in a shallow, oligotrophic, tropical reservoir in Southeast Brazil. *Limnética* (Madrid), v. 28, p. 159-174.

LUCENA RL. 2008. Qualidade das águas e aspectos geográficos no entorno de reservatórios inseridos nas distintas zonas climáticas da Paraíba./ João Pessoa. 113p.: Dissertação(Mestrado). UFPB/PRODEMA.

MARGALEF, R. Limnologia. Barcelona: Omega, 1010 p. 1983

MARINHO M.M AND HUSZAR V.L.M.2002. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). Archiv für Hydrobiologie, Stuttgart, v. 153, n. 3, p. 443-468,

MOLISANI M.M, BARROSO HS, BECKER H, MOREIRA MOP, HIJO CAG, MONTE TM AND VASCONCELLOS GH. 2010. Trophic state, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhão Reservoir, CE, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia 22(1): 1-12.

MORENO-OSTOS E, CRUZ-PIZARRO L, BASANTA A AND GEORGE D. G. (2008). The spatial distribution of diferente phytoplankton functional groups in a Mediterranean reservoir. **Aquatic Ecology** 42: 115–128

MOURA A.N, BITTENCOURT-OLIVEIRA M.C, DANTAS E.W AND ARRUDA-NETO JD. 2007. Phytoplanktonic Associations: A Tool to Understand Dominance Events in a Tropical Brazilian Reservoir. Acta Bot. Brasil. 21(3), 641-648.

PADISÁK J. 1997. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynnska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. Archiv für Hydrobiologie 107:563-593

PADISÁK J, BORICS G, GRIGORSZKY I AND SORÓCKZI-PINTÉR E. 2006 . Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the water framework directive: the assemblage index. Hydrobiologia, v. 553, n. 1, p. 1-14.

PADISAK J, CROSSETI LO AND NASELLI-FLORES L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. Hydrobiologia 621: 1–19.

PERBICHE-NEVES G, FERREIRA RAR AND NOGUEIRA MG .2011. Phytoplankton structure in two contrasting cascade reservoirs (Parapanema River, Southeast Brazil). Biologia (Bratislava), v. 66, p. 967-976.

PEREZ MC, BONILLA S AND MARTINEZ G.1999. Phytoplankton community of a polymictic reservoir, La Plata River basin, Uruguay. Rev. Bras. Biol. [online]. vol.59, n.4, pp. 535-541. ISSN 0034-7108.

RANGELL.M, SILVA L.H.S, ARCIFA M.S AND PERTICARRARI A. 2009. A. Driving forces of the diel distribution of phytoplankton functional groups in a shallow tropical lake (Lake Monte Alegre, Southeast Brazil). Brazilian Journal of Biology 69(1): 75-85.

REYNOLDS CS. 2006. Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press, UK

REYNOLDS CS, HUSZAR VLM, KRUK C, NASELLI-FLORES L AND MELO S. 2002 Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. Journal of Plankton Research, v. 24, p. 417-428. 2002

RYAN NJ, MITROVIC SM, BOWLING LC. 2008. Temporal and spatial variability in the phytoplankton community of Myall Lakes, Australia, and influences of salinity. *Hydrobiologia* 608:69-86

RYCHTECKÝ, P. AND ZNACHOR. 2011. Spatial heterogeneity and seasonal succession of phytoplankton along the longitudinal gradient in a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, vol. 663, no. 1, p. 175-186.

SALMASO N AND PADISAK J. 2007. Morpho-Functional Groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia* 578, 97-112

Shannon C.E, W. Weaver. (1963). *The mathematical theory of communication*, Urbana, Illinois University Press

SILVA CA, TRAIN S AND RODRIGUES LC 2005. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia* 537(1-3): 99-109.

SOARES MCS, HUSZAR VLM, MIRANDA MN, MELLO M M, ROLAND F AND LURLING M. 2013. Cyanobacterial dominance in Brazil: distribution and environmental preferences. *Hydrobiologia* (The Hague. Print), v. 717, p. 1-12.

SOARES MCS, ROCHA MIA, MARINHO MM, AZEVEDO AMFO, BRANCO CWC AND HUSZAR VLM. 2009. Changes in species composition during annual cyanobacterial dominance in a tropical reservoir: physical factors, nutrients and grazing effects. *Aquat Microb Ecol* 57: 137-149.

SOMMER, U., Z. M, GLIWICZ, W. LAMPERT, A, DUNCAN. 1986. The Peg-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol.* 106: 433 – 471.

TEIXEIRA DE OLIVEIRA M, ROCHA O AND PERET, AC. 2011. Structure of the phytoplankton community in the Cachoeira Dourada reservoir (GO/MG), Brazil. *Braz. J. Biol.* [online]. 2011, vol.71, n.3, pp. 587-600. ISSN 1519-6984.

TUCCI A AND SANT'ANNA CL. 2003. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica (Impresso)*, São Paulo - Brasil, v. 26, n.1, p. 97-112.

UTERMOHL H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-ethodik. *Mitt. Int. Ver. Limnol.* 9, 1-38.

WETZEL RG AND LIKENS E. 1991. *Limnological Analyses*. Springer-Verlag, New York

XIAO LJ, WANG T, HU R, HAN BP, WANG S, QIAN X AND PADISAK J. 2011. Succession of phytoplankton functional groups regulated by monsoonal hydrology in a large canyon-shaped reservoir. *Water Res.* 45, 5099-5109.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período estudado, o reservatório Camalaú não apresentou diferenças espaciais (em escala horizontal) para as variáveis abióticas que permaneceram homogêneas durante a pesquisa nessa escala. A sucessão foi observada somente na escala temporal, quando algumas associações apresentaram flutuações nas suas representatividades nos diferentes locais em diferentes meses.

Na pesquisa foram encontradas 16 associações dispostas nos seguintes códons: C, F, H1, J, K, Lo, MP, M, N, P, S1, Sn, Td, W2, X1 e Y, e dentre essas, os grupos que contemplavam cianobactérias típicas de ambientes eutrofizados e produtoras de toxinas foram mais abundantes durante todo o estudo em todos os locais.

O reservatório Camalaú apresentou o seguinte padrão para os compartimentos:

- M e Sn em todos os compartimentos em todos os meses de estudo;
- S1 em quase todos os compartimentos;
- H1 em todos os compartimentos nos meses de fevereiro/2014 e fevereiro/2014 e no compartimento de rio em junho/2014;
- MP nos compartimentos de lago e rio, apenas no mês de outubro/2013;
- Y no compartimento de lago no mês de fevereiro/2014; e em todos os compartimentos no mês de agosto/2014.

O reservatório Camalaú apresentou o seguinte padrão para as regiões:

- M e Sn em todas regiões em todos os meses de estudo;
- S1, na região litorânea em praticamente todos os meses, com exceção de dezembro/2013 e agosto/2014. Na região limnética, somente não apresentou representatividade nos meses de dezembro/2013 e Junho/2014
- H1 em todas regiões nos meses de fevereiro/2014 e abril/2014;
- MP, na região litorânea no mês de outubro/2014 e na limnética em abril/2014;
- Y, na região limnética no mês de fevereiro/2014 e em ambas regiões no mês de agosto/2014.

As principais variáveis abióticas que influenciaram as associações fitoplanctônicas foram a turbidez, fósforo total, sólidos totais dissolvidos, ortofosfato, zona de mistura e amônia. As associações M e Sn, foram favorecidas por diversas variáveis ambientais que proporcionam o desenvolvimento desses grupos, por isso, contribuíram em todos os compartimentos e regiões sempre com os maiores valores de biomassa. A associação S1, foi correlacionada positivamente

aos valores de turbidez e negativamente com a zona de mistura. O códon H1, foi associado ao fósforo total. MP e Y com turbidez e ortofosfato.

ANEXOS

NORMAS DE SUBMISSÃO PARA A REVISTA ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS

Instruções aos Autores

Revisadas em dezembro de 2007

A revista ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS encoraja fortemente as submissões online. Uma vez o artigo preparado de acordo com as instruções abaixo, visite o site de submissão online (<http://aabc.abc.org.br/>).

As instruções devem ser lidas cuidadosamente e seguidas integralmente. Desta forma, a avaliação e publicação de seu artigo poderão ser feitas com mais eficiência e rapidez. Os editores reservam-se o direito de devolver artigos que não estejam de acordo com estas instruções. Os artigos devem ser escritos em inglês claro e conciso.

Objetivo e Política Editorial

Todos os artigos submetidos devem conter pesquisa original e ainda não publicada ou submetida para publicação. O primeiro critério para aceitação é a qualidade científica. O uso excessivo de abreviaturas ou jargões deve ser evitado, e os artigos devem ser compreensíveis para uma audiência tão vasta quanto possível. Atenção especial deve ser dada ao Abstract, Introdução e Discussão, que devem nitidamente chamar a atenção para a novidade e importância dos dados relatados. A não observância desta recomendação poderá resultar em demora na publicação ou na recusa do artigo.

Os textos podem ser publicados como uma revisão, um artigo ou como uma breve comunicação. A revista é trimestral, sendo publicada nos meses de março, junho, setembro e dezembro.

Tipos de Artigos

Revisões: Revisões são publicadas somente a convite. Entretanto, uma revisão pode ser submetida na forma de breve carta ao Editor a qualquer tempo. A carta deve informar os tópicos e autores da revisão proposta e declarar a razão do interesse particular do assunto para a área.

Artigos: Sempre que possível, os artigos devem ser subdivididos nas seguintes partes: 1. Página de rosto; 2. Abstract (escrito em página separada, 200 palavras ou menos, sem abreviações); 3. Introdução; 4. Materiais e Métodos; 5. Resultados; 6. Discussão; 7. Agradecimentos quando necessário; 8. Resumo e palavras-chave (em português - os autores estrangeiros receberão assistência); 9. Referências. Artigos de algumas áreas, como Ciências Matemáticas, devem observar seu formato usual. Em certos casos pode ser aconselhável omitir a parte (4) e reunir as partes (5) e (6). Onde se aplicar, a parte de Materiais e Métodos deve indicar o Comitê de Ética que avaliou os procedimentos para estudos em humanos ou as normas seguidas para a manutenção e os tratamentos experimentais em animais.

Breves Comunicações: Breves comunicações devem ser enviadas em espaço duplo. Depois da aprovação não serão permitidas alterações no artigo, a fim de que somente correções de erros tipográficos sejam feitas nas provas.

Os autores devem enviar seus artigos somente em versão eletrônica.

Preparo dos Artigos

Os artigos devem ser preparados em espaço duplo. Depois de aceitos nenhuma modificação será realizada, para que nas provas haja somente correção de erros tipográficos.

Tamanho dos artigos: Embora os artigos possam ter o tamanho necessário para a apresentação concisa e discussão dos dados, artigos sucintos e cuidadosamente preparados têm preferência tanto em termos de impacto quando na sua facilidade de leitura.

Tabelas e ilustrações: Somente ilustrações de alta qualidade serão aceitas. Todas as ilustrações serão consideradas como figuras, inclusive desenhos, gráficos, mapas, fotografias e tabelas com mais de 12 colunas ou mais de 24 linhas (máximo de figuras gratuitas: cinco figuras). A localização provável das figuras no artigo deve ser indicada.

Figuras digitalizadas: As figuras devem ser enviadas de acordo com as seguintes especificações: 1. Desenhos e ilustrações devem ser em formato .PS/.EPS ou .CDR (Postscript ou Corel Draw) e nunca inseridas no texto; 2. Imagens ou figuras em meio tom devem ser no formato .TIF e nunca inseridas no texto; 3. Cada figura deve ser enviada em arquivo separado; 4. Em princípio, as figuras devem ser submetidas no tamanho em que devem aparecer na revista, i.e., largura de 8 cm (uma coluna) ou 12,6 cm (duas colunas) e com altura máxima para cada figura menor ou igual a 22 cm. As legendas das figuras devem ser enviadas em espaço duplo e em folha separada. Cada dimensão linear das menores letras e símbolos não deve ser menor que 2 mm depois da redução. Somente figuras em preto e branco serão aceitas. 5. Artigos de Matemática, Física ou Química podem ser digitados em Tex, AMS-Tex ou Latex; 6. Artigos sem fórmulas matemáticas podem ser enviados em .RTF ou em WORD para Windows.

Página de rosto: A página de rosto deve conter os seguintes itens: 1. Título do artigo (o título deve ser curto, específico e informativo); 2. Nome (s) completo (s) do (s) autor (es); 3. Endereço profissional de cada autor; 4. Palavras-chave (4 a 6 palavras, em ordem alfabética); 5. Título abreviado (até 50 letras); 6. Seção da Academia na qual se enquadra o artigo; 7. Indicação do nome, endereço, números de fax, telefone e endereço eletrônico do autor a quem deve ser endereçada toda correspondência e prova do artigo.

Agradecimentos: Devem ser inseridos no final do texto. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos a instituições ou agências. Notas de rodapé devem ser evitadas; quando necessário, devem ser numeradas. Agradecimentos a auxílios ou bolsas, assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (e.g. teses) devem ser indicados nesta seção.

Abreviaturas: As abreviaturas devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto no caso de abreviaturas padrão e oficial. Unidades e seus símbolos devem estar de acordo com os aprovados pela ABNT ou pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

Referências: Os autores são responsáveis pela exatidão das referências. Artigos publicados e aceitos para publicação (no prelo) podem ser incluídos. Comunicações pessoais devem ser autorizadas por escrito pelas pessoas envolvidas. Referências a teses, abstracts de reuniões, simpósios (não publicados em revistas indexadas) e artigos em preparo ou submetidos mas ainda não aceitos, podem ser citados no texto como (Smith et al. unpublished data) e não devem ser incluídos na lista de referências.

As referências devem ser citadas no texto como, por exemplo, (Smith 2004), (Smith and Wesson 2005) ou, para três ou mais autores, (Smith et al. 2006). Dois ou mais artigos do mesmo autor no mesmo ano devem ser distinguidos por letras, e.g. (Smith 2004a), (Smith 2004b) etc. Artigos com três ou mais autores com o mesmo primeiro autor e ano de publicação também devem ser distinguidos por letras.

As referências devem ser listadas em ordem alfabética do primeiro autor sempre na ordem do sobrenome XY no qual X e Y são as iniciais. Se houver mais de 10 autores, use o primeiro seguido de et al. As referências devem ter o nome do artigo. Os nomes das revistas devem ser abreviados. Para as abreviações corretas, consultar a listagem de base de dados na qual a revista

é indexada ou consulte a World List of Scientific Periodicals. A abreviatura para os Anais da Academia Brasileira de Ciências é An Acad Bras Cienc. Os seguintes exemplos são considerados como guia geral para as referências.

Artigos

Albe-Fessard D, Condes-Lara M, Sanderson P and Levante A . 1984a. Tentative explanation of the special role played by the áreas of paleospinothalamic projection in patients with deafferentation pain syndromes. *Adv Pain Res Ther* 6: 167-182.

Albe-Fessard D, Sanderson P, Condes-Lara M, Delandsheer E, Giuffrida R and Cesaro P. 1984b. Utilisation de la depression envahissante de Leão pour l'étude de relations entre structures centrales. *An Acad Bras Cienc* 56: 371-383.

Knowles RG and Moncada S. 1994. Nitric oxide synthases in mammals. *Biochem J* 298: 249-258.

Pinto ID and Sanguinetti YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum* Branson, 1936 and validity of related Genera. *An Acad Bras Cienc* 56: 207-215.

Livros e capítulos de livro

Davies M. 1947. An outline of the development of Science, Athinker's Library, n. 120. London: Watts, 214 p.

Prehn RT . 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: National Cancer Conference , 5., Philadelphia Proceedings, Philadelphia: J.B. Lippincott, p. 97-104.

Uytenbogaardt W and Burke EAJ . 1971. Tables for microscopic identification of minerals, 2 nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

Woody RW . 1974. Studies of theoretical circular dichroism of Polipeptides: contributions of B-turns. In: Blouts ER et al . (Eds), Peptides, polypeptides and proteins, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.

Outras publicações

International Kimberlite Conference , 5, 1991. Araxá, Brazil. Proceedings ... Rio de Janeiro: CPRM, 1994., 495 p.

Siatycki J . 1985. Dynamics of Classical Fields. University of Calgary, Department of Mathematics and Statistics, 19985, 55 p. Preprint n. 600.

