

DINÂMICA DO FITOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO E AS IMPLICAÇÕES PARA A QUALIDADE DA ÁGUA

CAMILA FERREIRA MENDES

Doutora pelo Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, camilafmendes@hotmail.com;

VANESSA VIRGINIA BARBOSA

Doutora pelo Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, vanessa_bio18@hotmail.com

RESUMO

A estrutura da comunidade fitoplanctônica está diretamente relacionada com as condições ambientais, de modo que mudanças na composição da comunidade levam a entender que esses organismos estão respondendo aos estímulos advindos do ambiente. O objetivo deste estudo foi verificar a dinâmica da comunidade fitoplanctônica influenciadas pelas variáveis ambientais e as consequências para a qualidade da água de reservatórios localizados no semiárido. Foram realizadas duas amostragens em 2017 e duas em 2018, para coleta de dados físicos, químicos e da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Acauã, Boqueirão, Camalaú e Poções, localizados no semiárido, no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. No período de estudos os reservatórios apresentaram volume hídrico abaixo de 20%, devido a um período de seca prolongado, além disso, foram verificadas temperatura acima de 24°C, pH alcalino e considerando as concentrações de nutrientes detectadas, todos podem ser considerados como eutróficos. Foram registrados sete classes da comunidade fitoplanctônica: Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Xantophyceae e Zygnemaphyceae. A classe Cyanophyceae apareceu como dominante no reservatório Acauã, que também apresentou elevado biovolume em comparação aos demais. No reservatório Boqueirão, em 2018, Cyanophyceae também foi a classe dominante, no entanto, em Camalaú e Poções foram registradas maiores contribuições das classes Dinophyceae e Euglenophyceae, respectivamente. A precipitação e o volume hídrico foram

as variáveis que diferenciaram a dinâmica da comunidade fitoplanctônica entre os anos de estudo, bem como a intensidade da interação entre as variáveis físicas e químicas e a comunidade fitoplanctônica.

Palavras-chave: Água, Variáveis ambientais, Seca, Eutrofização, Cianobactérias

INTRODUÇÃO

A estrutura da comunidade fitoplanctônica está diretamente relacionada com as condições ambientais (REYNOLDS, 1988; HOWARTH et al., 2000), e o conhecimento da dinâmica desses organismos leva em consideração suas características ecológicas, fisiológicas e morfológicas (KRIENITZ et al., 1996) de modo que mudanças na composição da comunidade levam a entender que esses organismos estão respondendo aos estímulos advindos do ambiente (ZHU et al., 2010). Entre os principais fatores que influenciam o funcionamento do ecossistema aquático e consequentemente a dinâmica da comunidade fitoplanctônica pode-se destacar a temperatura, a luz, a disponibilidade de nutrientes, alterações no volume hídrico do reservatório, fatores esses que também são diretamente influenciados pelas mudanças climáticas globais (REYNOLDS, 1987; BEISNER et al., 2006; MELO et al., 2012; WANG et al., 2015; YANG, et al., 2018).

Elevadas temperaturas, além de auxiliar no aumento da taxa de crescimento do fitoplâncton, também tornam o epilímnio menos viscoso, facilitando a flutuação e a vinda dos organismos para a superfície, bem como o aquecimento da água pode intensificar a estratificação, estendendo os períodos de estabilidade da coluna d'água, o que permite a permanência dos organismos na superfície (PÄTYNEN et al., 2014; PERSAUD et al., 2015). Segundo Nassar e Fahmy, (2015) a temperatura é considerada um fator limitante do caráter aquático, que afeta ativamente a qualidade da água, contribui no processo de ciclagem dos nutrientes e tem uma relação direta com a luz, sendo uma peça fundamental no processo do aumento da biomassa fitoplanctônica.

A abundância, composição e biomassa do fitoplâncton é também controlada pelos recursos disponíveis, como luz e nutrientes (CLOERN 1999; REYNOLDS 2006; YANG, 2016). De acordo com estudos de Rangel et al., (2012) a luz é um recurso essencial para o crescimento do fitoplâncton, uma vez que está diretamente relacionada aos processos fotossintéticos. A disponibilidade ou déficit de nutrientes pode ser considerado um controlador da biomassa da comunidade fitoplanctônica (ZHANG e ZANG, 2015), e a presença de certas espécies, como de cianobactérias, diatomáceas e euglenófitas pode ser indicativo, por exemplo, de aumento de nutrientes ou matéria orgânica (MANNA et al., 2010).

O volume hídrico dos reservatórios também pode influenciar na mudança da estrutura fitoplanctônica, modificando a densidade e

diversidade das espécies do fitoplâncton, pois direciona a comunidade a mudanças sazonais (ZOHARY e OSTROVSKY, 2011). Segundo Câmara et al., (2015) a diminuição da dominância das espécies, como por exemplo, de cianobactérias e o aumento geral da diversidade da comunidade fitoplanctônica são influenciados pela irregularidade pluvial, que irá influenciar no aumento ou na diminuição do volume da água modificando quimicamente e biologicamente a água.

Como as variáveis ambientais influenciam a dinâmica do fitoplâncton nos reservatórios do semiárido? Diante do exposto, o objetivo desse estudo é verificar a dinâmica da comunidade fitoplanctônica influenciadas pelas variáveis ambientais e as consequências para a qualidade da água dos reservatórios.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. A Bacia Hidrológica do Rio Paraíba cobre uma área de 20.071,83 km² e está localizada entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35" e 37°2'15", parte oeste de Greenwich, e é a segunda maior do Estado, pois abrange 38% do seu território e abriga 1.828.178 habitantes, o que equivale a 52% de sua população total (AESA, 2021). Os reservatórios monitorados apresentam grande importância para a população da região semiárida paraibana, especialmente devido aos fins para os quais são utilizados como, em especial, o abastecimento da população, além de outros usos múltiplos como recreação, pesca, cultivo de peixes em tanques rede e irrigação (Tabela 1).

Tabela 1: Tabela com a localização dos reservatórios estudados.

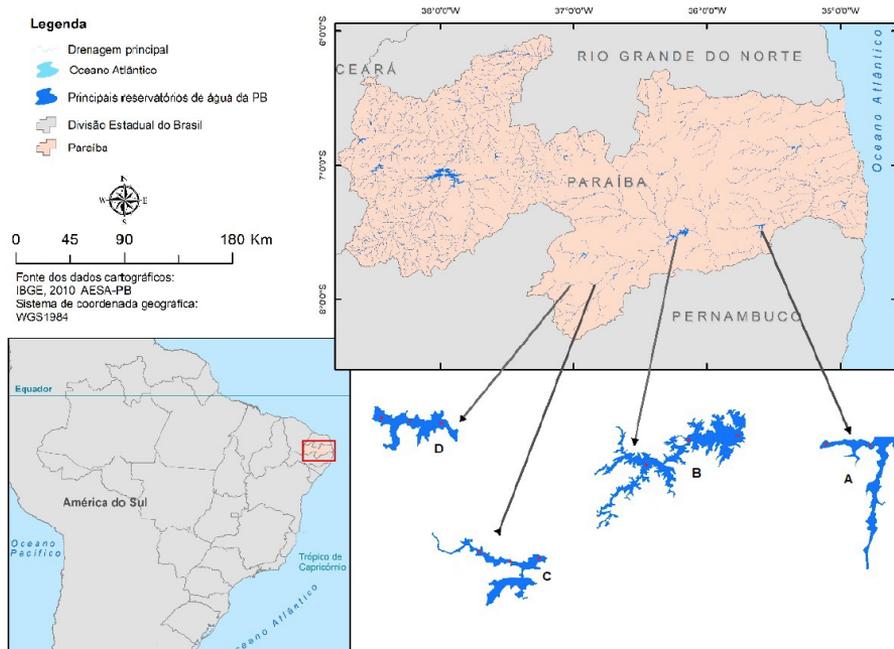
Reservatórios	Município	Latitude	Longitude	Capacidade máxima (m ³)
Poções	Monteiro	7°53'45" S	37°0'50" W	29.861.562 m ³
Camalaú	Camalaú	7°53'10" S	36°49'25" W	48.107.240 m ³
Boqueirão	Boqueirão	7° 28' 9" S	36°8'2" W	466.525.964 m ³
Acauã	Itatuba	7°36'51,48" S	35°40'31,86" W	253.000.000 m ³

Fonte: AESA, 2021.

Amostragem e processamento das amostras

Foram realizadas coletas entre os meses junho de 2017 a dezembro de 2018, totalizando quatro amostragens. Para uma representação confiável do gradiente espacial, as estações amostrais foram definidas em três compartimentos (P1, P2 e P3). As escolhas dos pontos foram levadas em consideração para termos melhor resultados, sendo o P1 a região de entrada do rio, o P2 a região de transição entre a entrada do rio e o barramento, e P3 a região do barramento (Figura 1). As amostras foram coletadas na subsuperfície da coluna d'água (cerca de 50cm), com o auxílio de balde.

Figura 1: Localização geográfica e representação dos locais de amostragem nos reservatórios A – Acauã, B – Boqueirão, C – Camalaú, D – Acauã.



Dados de precipitação pluviométrica e volume hídrico foram obtidos no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

Foram medidos *in situ* dados de temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez e oxigênio dissolvido através de sonda portátil multiparamétrica da marca Horiba. A transparência da água foi determinada através da extinção do disco de Secchi. As amostras foram armazenadas em garrafas de polietileno e filtradas logo após a coleta em filtros de fibra de vidro GF/C

para a determinação das concentrações de nutrientes dissolvidos. As concentrações de amônia, nitrito, nitrato, fósforo total e fósforo solúvel reativo, foram determinadas de acordo com as metodologias padronizadas descritas em APHA (1998).

Para estudo qualitativo da comunidade fitoplanctônica, as amostras foram coletadas com rede de plâncton com abertura de malha de 20 μ m, através de arrasto horizontal na superfície da água. Depois de coletadas foram acondicionadas em frascos de plástico e fixadas com formol 4%. A análise do material biológico foi realizada a partir da confecção de lâminas semi-permanentes e posteriores observações em microscópio óptico. Foram analisados em cada amostra, características morfológicas dos organismos, as quais foram utilizadas para o enquadramento taxonômico dos mesmos em chaves de identificação disponíveis em artigos e livros especializados, sempre que possível a nível de espécie (Bicudo & Menezes, 2005; Komarek & Agnostidis, 1986; Baker, 1991, 1992).

Amostras de 100 mL de água foram coletadas e fixadas com solução de lugol acético para determinação da densidade de fitoplâncton (indmL⁻¹) que foram estimadas pelo método da sedimentação de Utermöhl (1958), em microscópio invertido Zeiss, modelo Axiovert10, a 400 vezes de aumento. O tempo de sedimentação foi de pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara (Margalef 1983), sendo contando um transecto da câmara. Para realização do biovolume da comunidade fitoplânctônica (mm³ L⁻¹), foi necessário enquadrar as espécies nas formas geométricas de acordo com Hillebrand et al., (1999) e em seguida, foi multiplicado a densidade de cada espécie pelo volume médio das células, sempre que possível considerando as dimensões medias de cerca de 20 a 30 indivíduos.

Os dados foram organizados em planilhas elaboradas no Excel, e realizadas análises exploratórias dos parâmetros físicos, químicos e da comunidade fitoplanctônica. As análises estatísticas foram realizadas considerando nível de significância de 5% e utilizando o programa **R Software** para **Windows** versão 3.0.1 (R Development Core Team, 2013). Para as variáveis físicas, químicas e o biovolume total do fitoplâncton de cada reservatório, foi realizado o Test T (Student) para verificar se houve diferença entre os anos de amostragem (2017 e 2018). Esse teste compara diferenças entre as médias amostrais com o desvio padrão da diferença entre as médias. Para verificar a relação entre as variáveis climáticas, físicas, químicas e biovolume total das classes fitoplanctônicas entre os meses foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando o pacote “vegan” (Oksanen et al., 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse estudo, identificamos mudanças tanto nos parâmetros físicos e químicos da água (Figuras 2 e 3), como na comunidade fitoplanctônica nos ambientes analisados (Figuras 4, 5 e 6), e essas alterações foram ocasionadas porque as variáveis responderam as mudanças ambientais causadas principalmente em resposta às variações no nível da água que consequentemente direcionaram a dinâmica da comunidade fitoplanctônica.

Durante o período de estudo, os reservatórios apresentaram volume hídrico inferior a 20%, no entanto, o reservatório Boqueirão, no ano de 2018 chegou a 35% no mês de Abril, mantendo-se acima de 20% até Dezembro de 2018 (AESAs, 2021). Dentre todos os reservatórios, Poções apresentou o menor volume de água durante todo o estudo, chegando a 0,61% de sua capacidade no mês de Fevereiro de 2017. Dados obtidos da Agência Executiva de Águas mostraram que a precipitação foi irregular, no entanto, ocorreram períodos de maior precipitação, sempre entre os meses de Março e Junho para os anos de 2017 e 2018 (AESAs), fato que pode ter contribuído com o aumento do volume de água dos reservatórios. Além disso, o aumento no volume hídrico do reservatório Boqueirão também foi possível devido a chegada das águas do rio São Francisco, advindas da conclusão das obras do Projeto de Transposição (BARBOSA et al., 2021)

Todos os reservatórios apresentaram temperatura da água acima de 24°C e pH alcalino durante o estudo (Figura 2). Em Acauã e Poções a profundidade de Secchi foi menor que 1 metro, enquanto que em Boqueirão e Camalaú foram registradas transparências maiores que 1 metro. Houve diminuição da turbidez em Acauã, Boqueirão e Camalaú em 2018 e aumento em Poções, e a condutividade elétrica aumentou em todos os reservatórios (Figura 2).

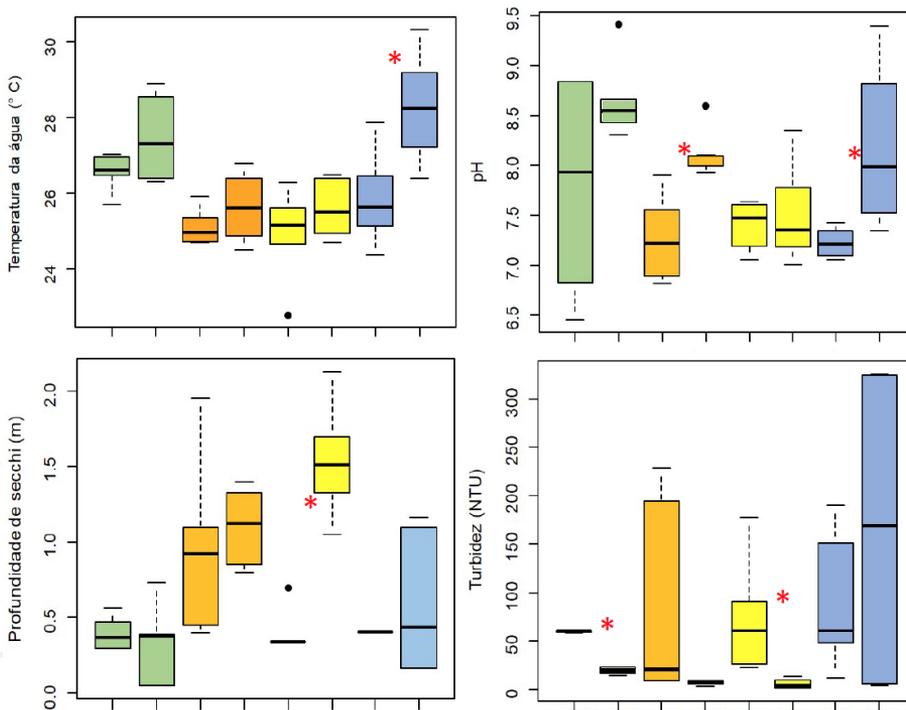
Os reservatórios apresentaram variações no volume hídricos ao longo dos anos, fato este bem recorrente nos sistemas aquáticos do semiárido que normalmente estão suscetíveis a variações extremas no volume de água causada pela falta de chuvas e pela alta necessidade do abastecimento durante as estações de seca (ARFI, 2003), além dos altos percentuais de evaporação (BARBOSA et al., 2012). Esses fatores podem alterar as condições biológicas, físico-químicas, e também afetar a qualidade da água nesses sistemas (COOPS et al., 2003; WANG et al., 2012).

Houve um aumento nas concentrações de nitrito para todos os ambientes, e reduções das concentrações de nitrato ocorreram nos reservatórios

Acauã, Boqueirão e Camalaú (Figura 3). Os valores médios do ortofosfato aumentaram em todos os reservatórios e o fósforo total apresentou aumento nos reservatórios Acauã, Boqueirão e Poções em 2018, para Camalaú houve uma redução em suas concentrações (Figura 3). Os reservatórios estudados podem ser considerados eutróficos devido as elevadas concentrações de nutrientes (THORTON & RAST, 2003), o que é agravado principalmente em períodos de seca prolongada (BRASIL et al., 2016).

Foram encontradas nos reservatórios estudados 7 classes do fitoplâncton: Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Xantophyceae e Zygnemaphyceae (Figura 5). Houve diminuição do biovolume total da comunidade fitoplanctônica no reservatório Acauã, que em 2017 apresentou em média de $300 \times 10^4 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ e em 2018 foi $180 \times 10^4 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$. O biovolume para os demais ambientes registraram valores médios abaixo de $100 \times 10^4 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ durante os dois anos. Porém os reservatórios Boqueirão e Camalaú mostram aumento significativo no biovolume durante o período analisado (Figura 3).

Figura 2: Variáveis abióticas dos reservatórios Acauã, Boqueirão, Camalaú e Poções, Paraíba, Brasil nos anos de 2017 a 2018. O (*) significa que houve diferença significativa entre os anos.



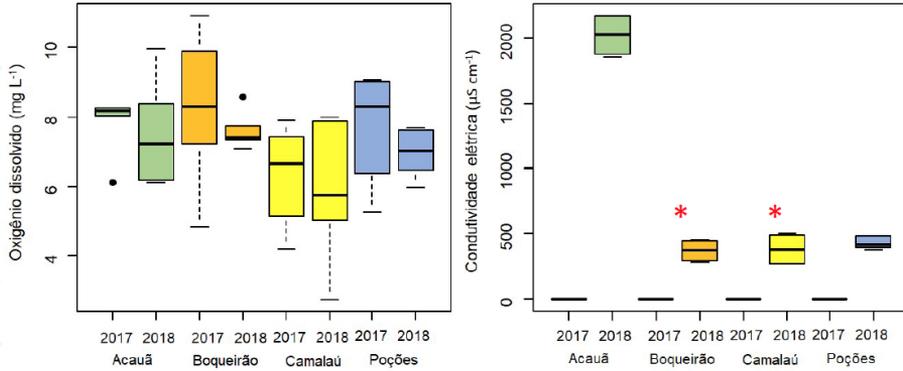


Figura 3: Variáveis abióticas dos reservatórios Acauã, Boqueirão, Camalaú e Poções, Paraíba, Brasil nos anos de 2017 a 2018. O (*) significa que houve diferença significativa entre os anos.

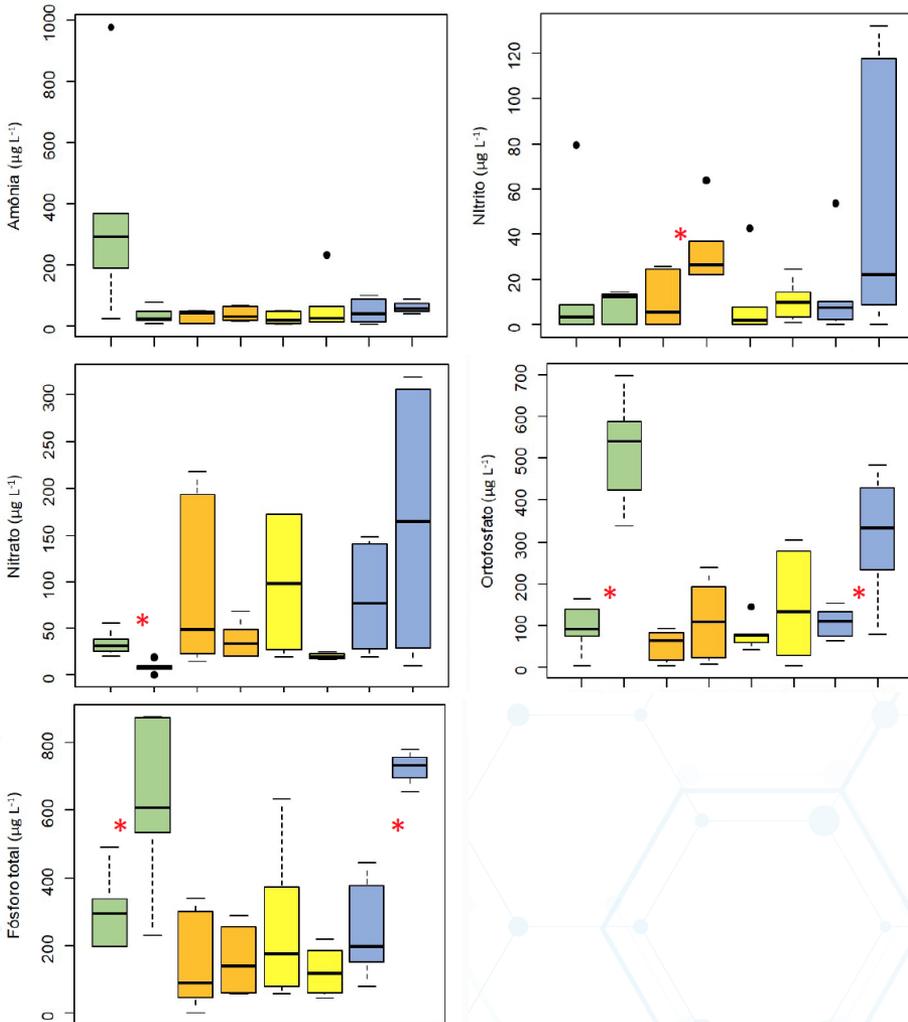
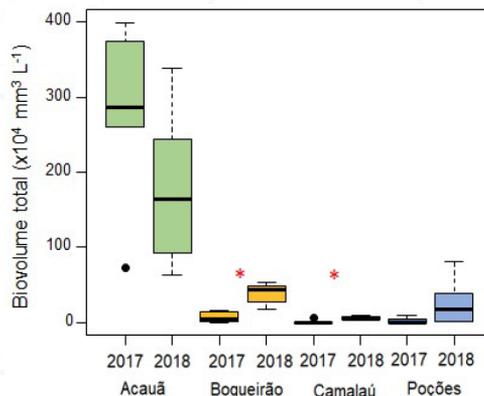


Figura 4: Biovolume total da comunidade fitoplanctônica dos reservatórios Acauã, Boqueirão, Camalaú e Poções, Paraíba, Brasil nos anos de 2017 a 2018. O (*) significa que houve diferenças significativas entre os anos nos reservatórios.

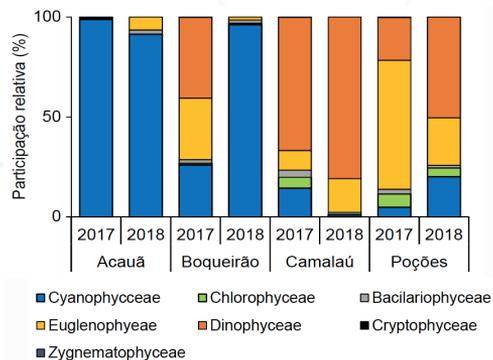


Com relação a participação relativa dos grupos fitoplanctônicos encontrados no reservatório Acauã, a maior contribuição foi da classe Cyanophyceae nos dois anos. Para Boqueirão, no ano de 2017 as classes que mais colaboraram foram Dinophyceae, Euglenophyceae e Cyanophyceae, no entanto em 2018 observa-se dominância da classe Cyanophyceae. Em Camalaú, os grupos que mostraram maior participação foram Dinophyceae e Cyanophyceae em 2017 e Dinophyceae e Euglenophyceae em 2018. E para o reservatório Poções a maior contribuição foi das classes Dinophyceae, Euglenophyceae nos dois anos e um aumento de Cyanophyceae em 2018 (Figura 4).

A Análise de Componentes Principais (PCA) mostrou uma separação entre os anos de 2017 e 2018, em todos os reservatórios. Considerando os resultados dos dois primeiros eixos da análise, foi encontrada uma explicabilidade de 54,50% para o reservatório Acauã, 53,40 % para Boqueirão, 55,35% para Camalaú e 61,10% para Poções (Figura 6). Tanto no reservatório Acauã como em Boqueirão, a precipitação direciona os meses de 2017, enquanto o volume os de 2018, contudo, as variáveis químicas e os grupos Cyanophyceae e Chlorophyceae estão relacionadas com 2017 em Acauã, e em Boqueirão apenas as variáveis turbidez, oxigênio dissolvido e os grupos Zygnematophyceae e Dinophyceae (Figura 6 – A e B). No reservatório Camalaú, o volume e precipitação encontram-se no mesmo eixo e direcionando os meses de 2017, estando associadas a esse período as variáveis pH, oxigênio dissolvido, turbidez, fósforo total, nitrito e nitrato, e os grupos Cyanophyceae, Chlorophyceae e Zygnematophyceae (Figura 6 – C). Volume e precipitação também aparecem no mesmo eixo em Poções, no entanto

direcionando especificamente a amostragem do mês de dezembro de 2018, juntamente com as variáveis transparência, temperatura, amônia e fósforo solúvel reativo e a maioria dos grupos fitoplanctônicos, com exceção da Cryptophyceae que esteve associada apenas aos meses amostrados em 2017 (Figura 6 – D).

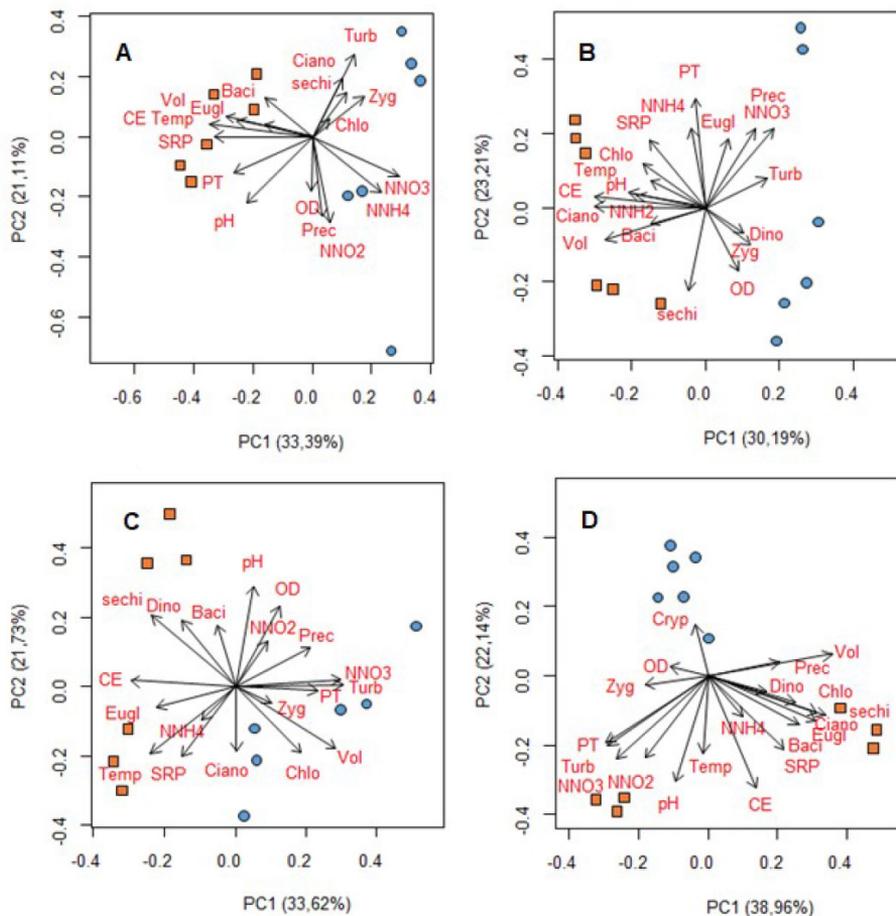
Figura 5: Participação relativa dos grupos fitoplanctônicos dos reservatórios Acauã, Boqueirão, Camalaú e Poções, Paraíba, Brasil nos anos de 2017 a 2018.



A precipitação e o volume hídrico foram as variáveis que diferenciaram a dinâmica da comunidade fitoplanctônica entre os anos de estudo, bem como a intensidade da interação entre as variáveis físicas e químicas e a comunidade fitoplanctônica. As respostas da comunidade fitoplanctônica e dos fatores hidrológicos relacionados às condições climáticas do semiárido, também são relatados por Medeiros et al., (2015), onde os resultados do estudo mostraram que a qualidade da água e a composição do fitoplâncton são impulsionadas por eventos extremos, chuvas intensas e secas severas da região.

A dominância das cianobactérias, especialmente no reservatório Acauã e Boqueirão, revelam as maiores preocupações com relação à qualidade da água, uma vez que os organismos que compõe esta classe podem trazer prejuízos aos ecossistemas aquáticos de ordem social, econômica e de saúde pública. Em meio aos episódios de *blooms*, ocorre uma dominância de poucas espécies de cianobactérias sobre as demais componentes da comunidade fitoplanctônica. Nos reservatórios do semiárido, os gêneros *Microcystis* e *Cylindrospermopsis* se destacam como mais comuns e dominantes. Ambas possuem características que lhes conferem sucesso no meio aquático, e além disso, encontram um ambiente com condições físicas e químicas favoráveis ao seu desenvolvimento (BOUVY et al., 2000).

Figura 7: PCA das Variáveis climáticas, físicas e químicas e dos grupos fitoplanctônicos, os círculos azuis referem-se ao ano de 2017 e quadrados laranjas a 2018. A – Acauã, B-Boqueirão, C- Camalaú e D – Poções, Paraíba, Brasil.



Outra implicação da presença das cianobactérias nos ambientes aquáticos é a sua potencial capacidade de produzir toxinas. Embora seja incerto o motivo de sua síntese, alguns pesquisadores (APELDOORN et al., 2007; BOOPATHI & KI 2014) sugerem que a competição por nutrientes com as macrófitas aquáticas ou mesmo defesa contra a predação, sejam gatilhos para a produção das toxinas pelas espécies de cianobactérias que podem chegar a produzir mais de um tipo em uma mesma floração. No entanto, segundo Molica e Azevedo 2009, nem todas as florações são tóxicas e os períodos de toxicidade também podem variar.

O registro da detecção de cianotoxinas é uma via crescente de estudo nos ecossistemas do semiárido, sendo a microcistina, o metabólito secundário

mais encontrado (BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2010). Uma pesquisa realizada por Fonseca et al. (2015) detectou uma correlação positiva entre os níveis de microcistina e a temperatura. Os autores ainda relatam que maiores concentrações de cianotoxinas não estão relacionadas ao máximo da densidade de cianobactérias no momento estudado. Isto pode ser devido ao fato da microcistina permanecer quimicamente estável por longos períodos no ambiente, ou pela possibilidade de coexistirem na mesma população indivíduos produtores, não produtores e potencialmente produtores.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, concluímos que as variações no nível da água e os períodos em que ocorre precipitação tem uma influência direto nos parâmetros físicos e químicos nos ambientes aquáticos e, como consequência, na comunidade fitoplanctônica. As elevadas concentrações de nutrientes implicam na eutrofização o que direciona as florações de cianobactérias, como visto nos reservatórios Acauã e Boqueirão, que afetam negativamente a qualidade da água. Consequentemente, deve se dar atenção a este problema, uma vez que se trata de organismos potencialmente produtores de toxinas e que podem causar problemas de ordem social, econômica e de saúde pública.

Realizar o monitoramento de ecossistemas aquáticos do semiárido brasileiro é essencial, principalmente para os que são utilizados para o abastecimento público, pois os reservatórios da região são afetados por sérios problemas ambientais como por exemplo a falta de chuva e a alta taxa de evaporação dos reservatórios. Portanto faz-se necessário estudos dos fatores ambientais, físicos e químicos e sazonais e seus efeitos sobre a comunidade fitoplanctônica, pois todas as respostas das espécies fitoplanctônicas nesses ambientes são primordiais para avaliar os efeitos das mudanças e desenvolver estratégias para o controle de qualidade da água dos reservatórios.

REFERÊNCIAS

AESA, **Agência executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br>> Acesso em: 22 de setembro de 2021.

APHA, AWWA et al. Standard methods for the examination of water and wastewater, American Public Health Association. **Inc., Washington. DC**, 1998.

APELDOORN, M. E. van; EGMOND, H. P. van; SPEIJERS, G. J. A.; BAKKER, G. J. I. Toxins of cyanobacteria. **Mol. Nutr. Food Res.** v. 51, p. 7-60, 2007.

ARFI, Robert. The effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué Reservoir, Mali, West Africa. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 8, n. 304, p. 247-257, 2003.

BARBOSA, José Etham de Lucena et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, p. 103-118, 2012.

BARBOSA, Jose Etham de Lucena et al. Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region. **Hydrobiologia**, v. 848, n. 3, p. 651-673, 2021.

BAKER, P. D. Identification of Common Noxious Cyanobacteria, Part II Chroococcales, Oscillatoriales. **Urban Water Research Association of Australia Research Report**, v. 46, 1992.

BEISNER, Beatrix E. et al. The role of environmental and spatial processes in structuring lake communities from bacteria to fish. **Ecology**, v. 87, n. 12, p. 2985-2991, 2006.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; SANTOS, D.M.S.; MOURA, A.N. Toxic cyanobacteria in reservoirs in northeastern Brazil: detection using a molecular method. **Brazilian Journal Of Biology**, São Carlos, v. 70, n. 4, p.1005-1010, 2010.

BOOPATHI, T.; KI, J. Impact of Environmental Factors on the Regulation of Cyanotoxin Production. **Toxins**, v. 6, p. 1951-1978, 2014.

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

BOUVY, M., NASCIMENTO, S.M.; MOLICA, R. J. R.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V. L. and AZEVEDO, S. M. F. O. 2003. Limnological features in Tapacura reservoir (Northeast Brazil) during a severe drought. **Hydrobiologia**, 493: p.115-130, 2003.

BRASIL, Jandeson et al. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 770, n. 1, p. 145-164, 2016.

FONSECA, J. R.; VIEIRA, P. C. S.; KUJBIDA, P.; COSTA, I. A. S. Cyanobacterial occurrence and detection of microcystins and saxitoxins in reservoirs of the Brazilian semi-arid. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 78-92, 2015.

HILLEBRAND, H.; DURSELEN, C. D.; KIRSCHTEL, D.; POLLINGHER, U.; ZOHARY, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal of phycology**, p. 403-424, 1999.

HOWARTH, R. W., SWANEY, D. P., BUTLER, T. J., & MARINO, R. Rapid communication: climatic control on eutrophication of the Hudson River Estuary. **Ecosystems**, 3(2), 210-215, 2000.

KOMÁREK, Jiří; ANAGNOSTIDIS, Konstantinos. Modern approach to the classification system of cyanophytes. II: Chroococcales. **Archiv für Hydrobiologie. Supplementband. Monographische Beiträge**, v. 73, n. 2, p. 157-226, 1986.

KRIENITZ, L., P. KASPRAZAK & R. KOSCHEL. Long-term study on the influence of eutrofication, restoration and biomanipulation on the structure and development of phytoplankton communities in Feldberger Haussee (Baltic Lake District, Germany). **Hydrobiologia** 330: 89–110, 1996.

LI, Feipeng et al. Effect of flow velocity on phytoplankton biomass and composition in a freshwater lake. **Science of the Total Environment**, v. 447, p. 64-71, 2013.

MANNA, Suman et al. Dynamics of Sundarban estuarine ecosystem: eutrophication induced threat to mangroves. **Saline systems**, v. 6, n. 1, p. 8, 2010.

MARGALEF, Ramon et al. **Limnología**. Barcelona: Omega, 1983.

MEDEIROS, Luciana de Castro et al. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology**, v. 49, n. 3, p. 293-307, 2015.

MELO, Gustavo et al. Influência de Variáveis Ambientais na Comunidade Fitoplanctônica nos Reservatórios Receptores do Projeto de Integração do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1300-1316, 2012.

PÄTYNEN, A.; ELLIOTT, J. A.; KIURU, P.; SARVALA, J.; VENDELÄ, A.; JONES, R. I. Modelling the impact of higher temperature on the phytoplankton of a boreal lake. **Boreal Environmental Research**, v. 19, p. 66-78, 2014.

PERSAUD, A. D.; PATERSON, A. M.; DILLON, P. J.; WINTER, J. G.; PALMER, M.; SOMERS, K. Forecasting cyanobacteria dominance in Canadian temperate lakes. **Journal of Environmental Management**, v. 151, p. 343-352, 2015.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REYNOLDS, CS. A resposta das comunidades fitoplanctônicas às mudanças nos ambientes dos lagos. **Schweiz Z Hydrobiologie**, 49, 220-236, 1987.

REYNOLDS, CS. The concept of ecological succession is applied due to the seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. Verh.Int. See. **Limnology**. 23: 683-691, 1988.

THORNTON, J. A.; RAST, Walter. A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In: **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Springer, Dordrecht. p. 1-24, 1993.

UTERMÖHL, Hans. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik: mit 1 Tabelle und 15 abbildungen im Text und auf 1 Tafel. **Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie**: Mitteilungen, v. 9, n. 1, p. 1-38, 1958.

WANG, Lan et al. Temporal and spatial variations in phytoplankton: correlations with environmental factors in Shengjin Lake, China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 18, p. 14144-14156, 2015.

YANG, Wen et al. Temporal variations in a phytoplankton community in a subtropical reservoir: An interplay of extrinsic and intrinsic community effects. **Science of the Total Environment**, v. 612, p. 720-727, 2018.

ZHU, W., WAN, L., & ZHAO, L. Effect of nutrient level on phytoplankton community structure in different water bodies. **Journal of Environmental Sciences**, 22(1), 32-39, 2010.

ZOHARY, Tamar; OSTROVSKY, Ilia. Ecological impacts of excessive water level fluctuations in stratified freshwater lakes. **Inland Waters**, v. 1, n. 1, p. 47-59, 2011