

## INFLUÊNCIA DA SECA NAS VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICA EM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Mateus Rocha Rodrigues <sup>1</sup>  
Juliana dos Santos Severiano <sup>2</sup>  
José Etham de Lucena Barbosa <sup>3</sup>

### RESUMO

Devido as ações antrópicas desenfreadas, os padrões globais de temperatura e precipitação estão mudando muito rápido, temperaturas elevadas e eventos climáticos extremos (seca severa e tempestades) são exemplos das principais consequências dessas mudanças. Eventos climáticos extremos interferem diretamente nas flutuações sazonais no nível da água dos reservatórios, que por sua vez estão associadas as mudanças nas características físicas, químicas e biológicas desses sistemas. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar a influência da redução no volume hídrico do reservatório Epitácio Pessoa-PB, nas variáveis físicas, químicas e biológicas (clorofila a). Como resultado de volume do reservatório, houve uma expressiva diminuição no volume hídrico. As variáveis físicas, químicas e biológicas sofreram alterações durante a diminuição do volume hídrico. Foi observado um aumento na transparência de água, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido e na salinidade. Entretanto, as variáveis pH e turbidez diminuíram. Já a temperatura não variou, permanecendo em média de 26 C°. Em geral, a ocorrência da seca diminui a qualidade de reservatórios, reduzindo os níveis de água, porém nesse estudo a diminuição da água não corroborou com nossa hipótese, onde mostrou que a redução do volume hídrico melhorou a qualidade da água.

**Palavras-chave:** Seca. Clorofila. Qualidade da água.

### INTRODUÇÃO

No último século, os padrões globais de temperatura e precipitação mudaram significativamente e as previsões apontam para mudanças ainda mais abruptas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), a maioria dos modelos de mudança climática prevê aumento da frequência de eventos extremos, como chuvas intensas e secas severas. Essa organização científica também mostrou que as regiões áridas e semiáridas do mundo são as mais suscetíveis e sensíveis às mudanças climáticas, devido à alta variabilidade das chuvas no tempo e no espaço (IPCC, 2014).

<sup>1</sup> Mestrando no Programa de PósGraduação em Ecologia e Conservação (PPGEC) da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [mateusrodriguesueb@gmail.com](mailto:mateusrodriguesueb@gmail.com);

<sup>2</sup> Coorientadora e Professora no Instituto Federal da Paraíba, [jsantosseveriano@gmail.com](mailto:jsantosseveriano@gmail.com);

<sup>3</sup> Professor do departamento de biologia, e coordenador do Laboratório de Ecologia Aquática-UEPB, [ethambarbosa@hotmail.com](mailto:ethambarbosa@hotmail.com);

Eventos climáticos extremos interferem diretamente nas flutuações sazonais no nível da água dos reservatórios, que por sua vez estão associadas as mudanças nas características físicas, químicas e biológicas desses sistemas (ARFI, 2003). Em regiões semiáridas, o balanço hídrico negativo geralmente observado (perda de água maior que o ganho) pode ser agravado por secas prolongadas, o que irá diminuir o nível de água dos reservatórios. Através da redução do volume hídrico, características limnológicas podem ser alteradas, promovendo variações no oxigênio dissolvido e pH, aumento da condutividade e alcalinidade, aumento da concentração de nutrientes, diminuição da zona eufótica e aumento da biomassa algal (CARNEIRO et al., 2014; TORRES et al., 2014; BRASIL et al., 2015; COSTA et al., 2016).

Os elevados níveis de nutrientes, atrelados à falta de renovação da água e ao balanço hídrico negativo, favorecem a condição eutrófica nos mananciais (BRASIL et al., 2015). A eutrofização é caracterizada pelo aumento das cargas de nutrientes, principalmente fosforo (P) e nitrogênio (N). Existem dois tipos de eutrofização, a natural e a antrópica. A antrópica é bem mais intensa e constante, ela está relacionada com atividade humanas, como por exemplo, agricultura, pecuária e ocupação humana (descarga de efluentes) são exemplos de ações que elevam as cargas de nutrientes nos reservatórios (MOOIJ et al., 2009; MOSS et al. 2011).

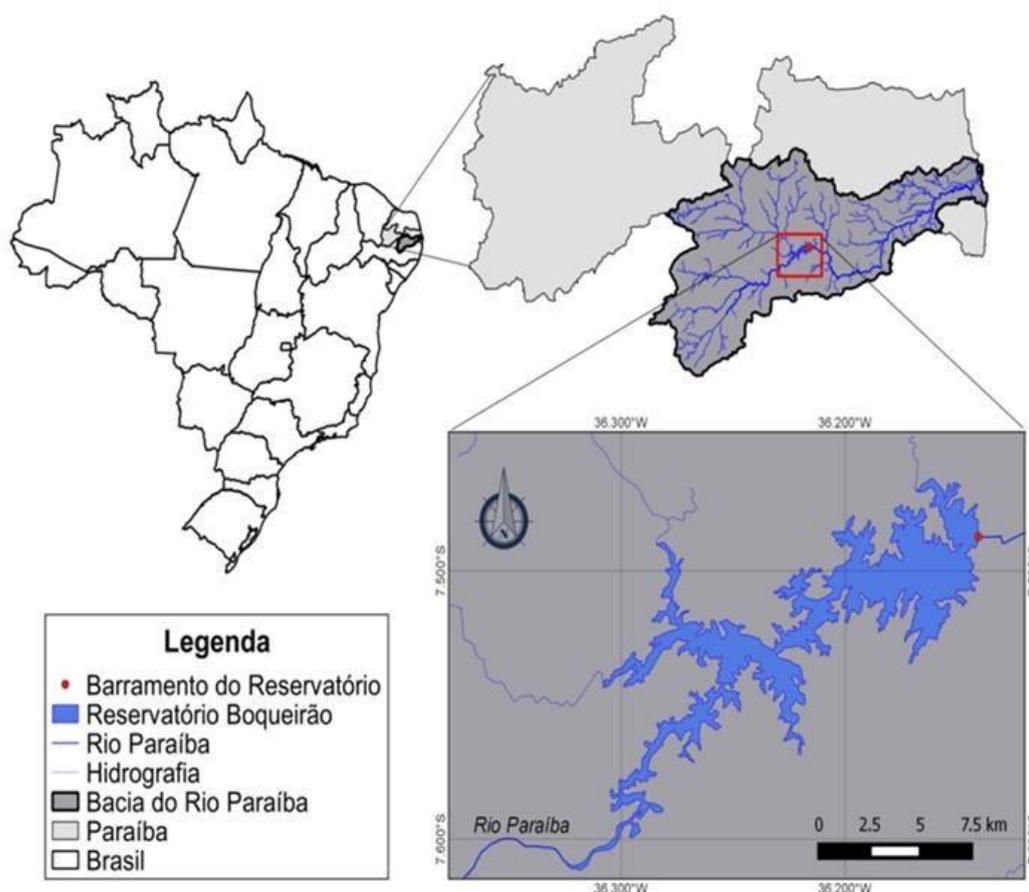
Um das principais consequências da eutrofização é o aumento na biomassa das cianobactérias, produtores primários que alteram toda a cadeia trófica dos reservatórios devido a capacidade de produzir cianotoxinas (HEATHCORE et al., 2016). Além de alterar a biodiversidade, ela diminui os serviços ecossistêmicos dos reservatórios prestados à sociedade (DAVIDSON et al. 2014). A diminuição da qualidade da água – quando os reservatórios são utilizados para abastecimento público- são umas das principais perdas de serviços ecossistêmicos fornecidos pelo reservatório.

Embora existam múltiplos estudos no semiárido brasileiro que tratam da eutrofização e seus problemas associados em lagos e reservatórios (FREIRE et al., 2009; BARBOSA et al., 2012; MEDEIROS et al., 2014; COSTA et al., 2016; BRASIL et al., 2016), poucos analisaram como mudanças dramáticas na redução dos volumes hídricos afetam as principais variáveis limnológicas, como fósforo total, nitrogênio, turbidez, transparência, salinidade e pH. Entender como ocorre a dinâmica desses ecossistemas aquáticos em tempos de crise hídrica podem fornecer métodos eficiente de manejo e conservação. Assim, este estudo tem como objetivo testar a hipótese de que a redução do volume de água, impulsionada por secas prolongadas, altera os parâmetros de variáveis físicas e químicas (H1), afetando o estado trófico dos reservatórios do semiáridos, alterando a sua produtividade na concentração de clorofila (H2).

## METODOLOGIA

As amostragens foram realizadas no reservatório Epitácio Pessoa (popularmente denominado de reservatório Boqueirão), localizado na bacia do Rio Paraíba, no município de Boqueirão-PB, cuja altitude é de 355m acima do nível do mar ( $07^{\circ}28'54''$  S e  $36^{\circ}08'06''$  W) (Figura 1). É o segundo maior reservatório da Paraíba, abastecendo mais de 500.000 habitantes. Além do abastecimento público, esse reservatório é utilizado também para irrigação, dessedentação animal, recreação e, principalmente, para atividades agrícolas e pecuária. Durante o período de estudo, o reservatório passou a receber água do Rio São Francisco, através do projeto de manejo da transposição do Rio São Francisco.

**Figura 1.** Localização geográfica do reservatório Epitácio Pessoa, Paraíba, Brasil.



De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região onde se encontra o reservatório é do tipo semiárido quente (Bsh), com estação seca atingindo um período que

compreende de 9 a 10 meses e precipitações em torno de 400mm ao ano (ALVARES et al., 2014).

## **2.2. Amostragem e Análises de Dados**

Foram realizadas amostragens trimestrais de 2016 a junho de 2017. As variáveis físicas e químicas, como temperatura da água, pH, turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg/L) e sólidos totais dissolvidos foram mensurados *in situ*, com auxílio de sonda multiparamétrica de marca HORIBA- U50. Para as análises dos nutrientes, amônia (NH<sub>4</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>-), nitrato (NO<sub>3</sub>-), fósforo total (PT) e Clorofila foram seguidos os métodos descritos em APHA (2012). Os dados de volume e precipitação foram obtidos no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A).

Foi realizado uma análise de correlação de Pearson para identificar o grau de correlação entre o volume do reservatório com as outras variáveis físicas e químicas citadas acima. Com as variáveis com grau de correlação maior que 0.55 (+-) foram realizados modelos de regressão simples para cada uma dessas variáveis, na tentativa de observar como elas se comportam segundo a variação do volume do reservatório. Foi realizado uma análise de regressão linear múltipla para observar a correlação das variáveis físicas e químicas com a concentração clorofila. Também foi feita uma Análise da Variância (ANOVA) para observar se houve diferença significativa na concentração de clorofila entre os meses amostrados, assim como um Teste de Tukey para identificar quais meses diferiram. Todas as análises foram realizadas no software RStudio.

## **DESENVOLVIMENTO**

Acredita-se que os lagos tropicais sejam altamente sensíveis às mudanças climáticas, causando profundas modificações físicas (isto é, volume, área e estratificação) e condições químicas (isto é, oxigênio dissolvido, nutrientes e matéria orgânica) (JEPPESEN et al., 2014). Estudos anteriores de lagos temperados mostraram que a profundidade reduzida do epilimínio leva a uma maior disponibilidade média de luz, estimulando a fotossíntese pelágica (STAEHR et al., 2010b, 2012b). No entanto, outros estudos indicaram que, para uma variedade de lagos tropicais, oligo-mesotróficos, o aquecimento da superfície e a diminuição do epilimínio reduzem a produção primária, explicada por uma combinação de limitação nutricional e fotoinibição (BRIGHENTI et al., 2015; HÄDER et al., 2015). Espera-se que isso seja

especialmente pronunciado em períodos de estratificação quando nutrientes e matéria orgânica são armazenados nas camadas mais profundas (STAEHR et al., 2016). Bouchard et al. (2008) apontam que durante períodos estratificados a falta de nutrientes em camadas superiores de mistura torna a fotossíntese do fitoplâncton mais suscetível à fotoinibição devido ao aumento do estresse UVB no fotossistema II. A evidência de fotoinibição em águas superficiais de dois dos lagos neste estudo foi similarmente encontrada por Brighenti et al. (2015) e por Barbosa e Tundisi (1980).

Nos estudos de Rocha et al. (2018) mostraram que as diferenças contrastantes de precipitação pluviométrica entre duas sub-bacias afetaram a qualidade da água e o estado trófico dos reservatórios e esses efeitos são potencializados com a redução do volume de água. As análises de regressões lineares mostraram que o TP e TN estavam relacionados negativamente com volume máximo armazenado durante todos os períodos amostrados.

A redução no volume do lago pode reduzir as diferenças de temperatura entre as camadas superficiais e profundas, aprofundar a camada superior e favorecer os nutrientes (LANDKILDEHUS et al., 2014) e reduzir disponibilidade de luz (JEPPESEN et al., 2014). Essa redução no volume total de água também torna os lagos mais suscetíveis a mistura do vento e, conseqüentemente, ao aprofundamento do epilímnio (FEE et al., 1996; WILLIAMSON et al., 2014). Além disso, as diferenças de temperatura entre o epilímnio e o hipolímnio em lagos tropicais são geralmente pequenas causando freqüente aprofundamento da camada mista superior episódica (LEWIS 2010; TONETTA et al., 2016). Além disso, a estabilidade da coluna de água mais fraca poderia aumentar a liberação de nutrientes dos sedimentos, especialmente fósforo, devido ao aumento do contato da água oxigenada com o sedimento (ORIHÉL et al., 2015).

De fato, reduções no volume do lago devido a altas perdas de água por evaporação resultam em maiores concentrações de nutrientes e matéria orgânica na coluna de água (BRASIL et al., 2016). Além disso, as taxas de evaporação na área de lagos tropicais estudados são altas e dominam as perdas de calor na superfície, uma vez que não possuem grandes saídas (BRIGHENTI et al., 2018).

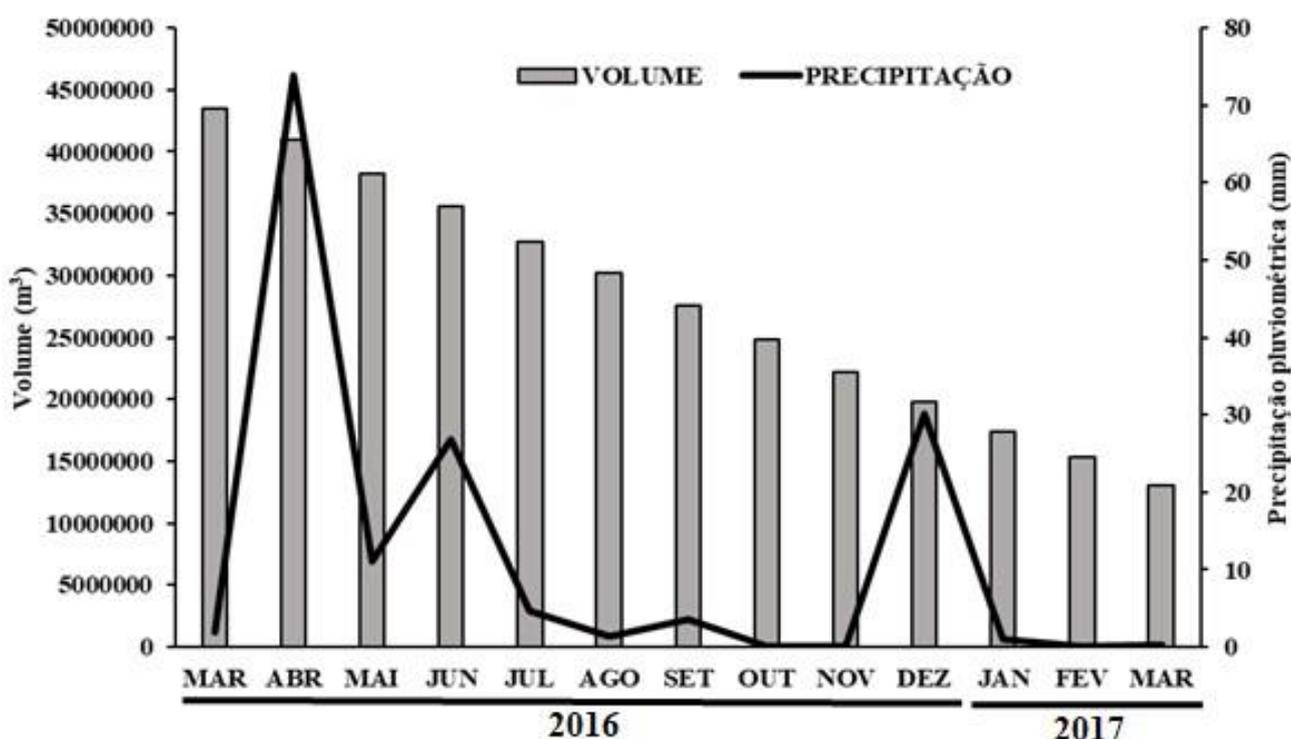
Por fim, períodos estendidos de seca resultam em uma queda dramática do volume do reservatório, que por sua vez provoca mudanças na estrutura da coluna de água, quebrando a termoclina e provocando a eutrofização (ARFI, 2003). Sendo assim, é evidente que o cenário limnológico segundo a grande variabilidade do clima, em particular o regime de chuvas, deve ser levado em consideração ao estabelecer usos sustentáveis, especialmente licenças de

aquicultura e uso da terra ao redor do reservatório, já que essas duas atividades são principais contribuintes com nutrientes e poluentes para o reservatório e estão, portanto, diretamente ligados à qualidade da água.

## RESULTADOS

Como resultados de volume do reservatório, houve uma expressiva diminuição no volume hídrico (Figura 2). Em março de 2016, o reservatório se encontrava com 43.453.735 m<sup>3</sup>, porém, já no último mês amostrado ele se encontrava com 13.094.571 m<sup>3</sup>, chegando a 3% da sua capacidade máxima. As precipitações foram escassas, onde seu maior valor encontrado foi em abril de 2016, com 73,8 mm. Nos outros meses foram abaixo de 30 mm.

**Figura 2.** Volume armazenado (m<sup>3</sup>) e precipitação (mm) no reservatório Epitácio Pessoa – PB, no período de estudo.



Em relação as variáveis físicas e químicas, sofreram alterações durante a diminuição do volume hídrico (Tabela 1). Foi observado uma variação na transparência de água, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido e na salinidade. Assim como, as variáveis pH e turbidez diminuíram. Já a temperatura não variou, permanecendo em média de 26 C°. Em relação aos nutrientes, o nitrato e o amônio diminuíram com a redução do volume hídrico, contudo o fosforo total e o nitrito diminuíram.



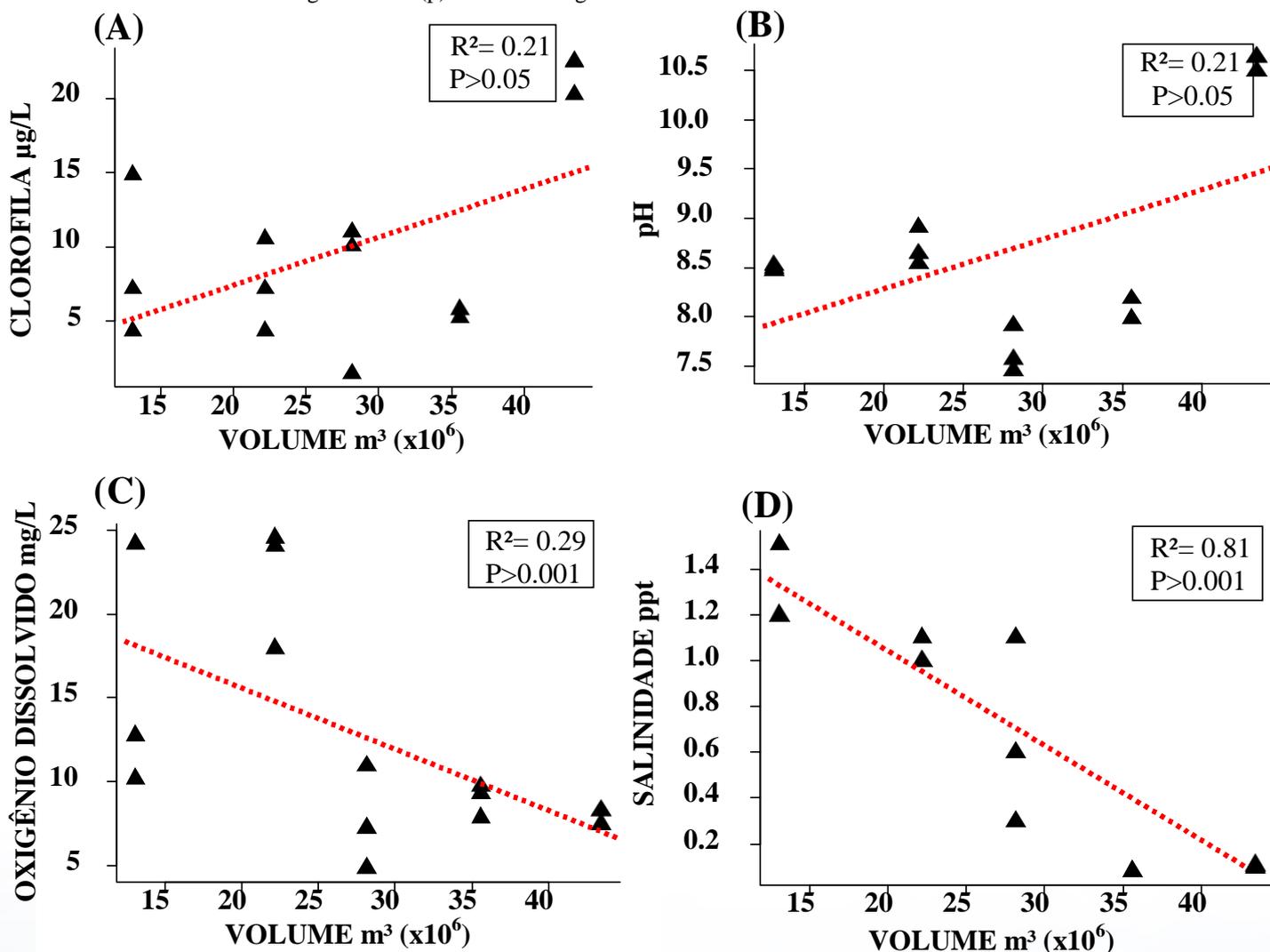
**Tabela 1.** Variáveis abióticas e bióticas dos anos 2016 a 2017 do reservatório Eptácio Pessoa - PB.

	2016									2017					
	Março			Junho			Novembro			Março			Junho		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
SECCHI (cm)	0.83	1.34	1.54	1.43	2.93	2.51	1.39	1.5	1.08	1.4	1.19	1.78	0.4	0.45	1.1
TEMPERATURA (°C)	26.69	26.42	26.69	26.74	26.86	26.74	24.57	24.92	24.57	25.95	26.57	26.23	24.71	24.8	25.14
pH	10.64	10.5	10.64	8.18	7.98	8.18	8.91	8.54	8.64	8.47	8.52	8.49	7.45	7.56	7.91
POTENCIAL REDOX (ORPmV)	37	11	21	153	169	203	60	103	124	70	98	94	70	71	91
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (ms/cm)	1.95	2.13	2.13	1.62	1.6	1.59	2.09	1.97	1.93	7.1	2.29	2.27	0.381	0.642	1.26
TURBIDEZ (NTU)	15.2	50.3	41.6	10.2	12.5	3.3	18.5	16.8	7.56	2.36	36.1	18.5	19.4	9.5	228
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)	8.23	7.46	8.23	7.83	9.7	9.29	24.58	17.97	24.06	24.2	12.76	10.16	4.81	7.24	10.93
SOLIDOS TOTAIS DISSOLVIDO (g/l)	1.24	1.37	1.36	1.04	1.03	1.02	1.34	1.26	1.24	6.67	1.47	1.45	0.247	0.411	0.806
SALINIDADE (ppt)	0.1	0.11	0.11	0.08	0.08	0.08	1.1	1	1	1.51	1.2	1.2	1.1	0.3	0.6
AMÔNIO (N-NH <sub>4</sub> )	134.68	48	146	134.7	134.7	174.7	248.0	12.7	198.2	24.0	13.4	6.35	47.24	43.72	40.19
NITRITO (N-NO <sub>2</sub> )	1.07	0.71	1.07	3.36	3.36	3.36	5.6	0	2.24	10.45	15.67	7.84	25.75	24.63	4.48
NITRATO (N-NO <sub>3</sub> )	31.21	46.14	11.21	42.39	49.66	42.39	96.34	25.43	24.22	33.91	8.48	14.53	193.79	218.01	69.04
FOSFORO TOTAL	127	90	47	113.7	98	100.33	160.33	120.00	53.67	43.67	33.7	60.33	300.33	340.33	80.33
CLOROFILA µg/L	22.47	19.98	22.54	5.8	5.8	5.3	4.3	7.2	10.6	4.3	7.2	14.87	11.03	1.44	10.07

Fonte: Própria

Segundo a correlação de Pearson, apenas quatro variáveis tiveram correlação significativa com o volume do reservatório Clorofila, pH, Oxigênio dissolvido e salinidade (Figura 3). A clorofila junto com o pH tiveram relação positiva com volume de água (Figura 3- A e B, respectivamente). Assim, a redução no volume de água diminuiu os valores de pH onde no primeiro mês ele era em média de 10, e caiu para valores menores que 7.91 (Tabela 1), como também a concentração de clorofila. Já as variáveis oxigênio dissolvido e salinidade tiveram relação negativa (Fig 3- C e D, respectivamente). Com a redução do volume, a salinidade aumentou de 0.10 no mês de março de 2016, para 1.50, em março de 2017, tendo uma explicabilidade de 81%. O oxigênio dissolvido também aumentou durante o período amostrado, onde no primeiro mês ele obtinha valores em torno de 8,30 mg L<sup>-1</sup> e no último 24,20 mg L<sup>-1</sup>.

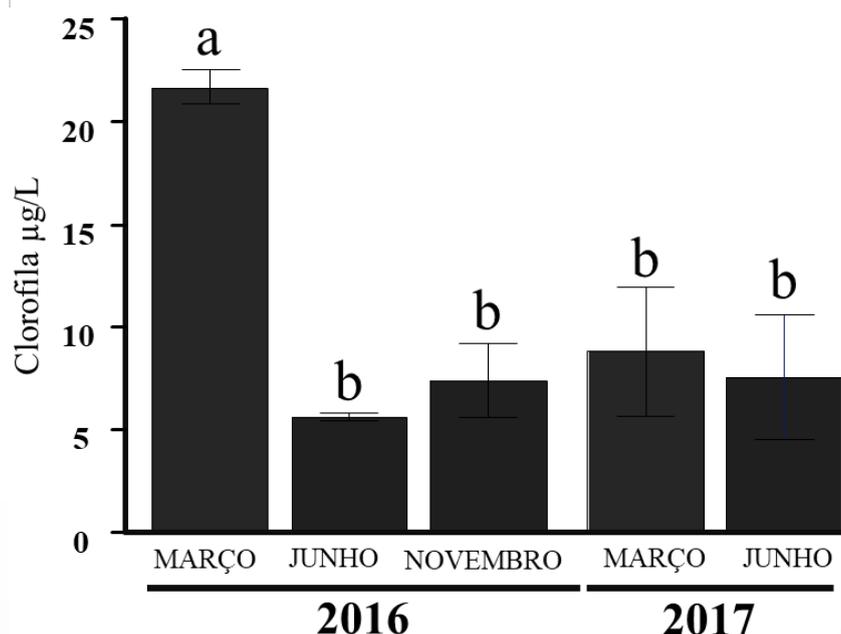
**Figura 3.** Gráfico de dispersão mostrando a relação de causa e efeito das variáveis pH (A), CLOROFILA (B), OXIGÊNIO DISSOLVIDO (C) E SALINIDADE (D) com o volume do reservatório. Coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ )= varia entre 0 e 1, indicando, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Probabilidade de significância ( $p$ ) = mostra a significância dos resultados.



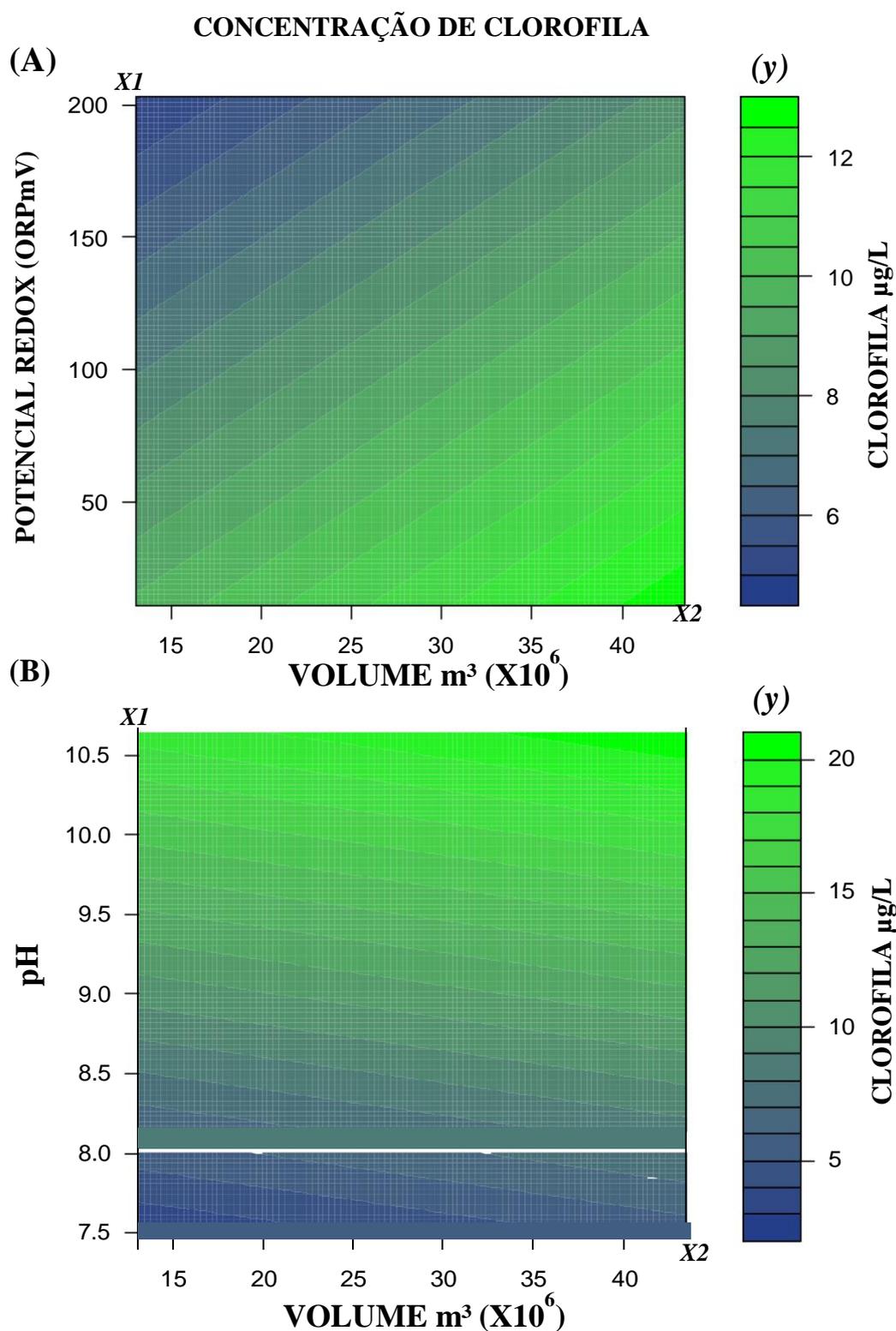
Mesmo sem resultados significativos, a turbidez reduziu em média de 60 NTU e em março de 2017 esse valor caiu para 20 NTU. Não foram encontrados resultados significativos para os nutrientes (Tabela 1). Houve uma diminuição do amônio  $134,67 \mu\text{g L}^{-1}$  para  $40,19 \mu\text{g L}^{-1}$  em junho de 2017. Já o nitrato aumentou de  $31,21 \mu\text{g L}^{-1}$  para  $69,04 \mu\text{g L}^{-1}$ . Também houve redução na concentração de fósforo total,  $127 \mu\text{g L}^{-1}$  para  $43,66 \mu\text{g L}^{-1}$ . O nitrito, comportou-se de maneira diferente de todos os outros, aumentando sua concentração de  $1,07 \mu\text{g L}^{-1}$  para uma média de  $22,35 \mu\text{g L}^{-1}$ . Foi observado um aumento na concentração de fósforo total (PT) onde no primeiro mês amostrado foi observado uma média na concentração de  $196,43 \mu\text{g L}^{-1}$ , já no último mês amostrado foi encontrado valores em média de  $340,21 \mu\text{g L}^{-1}$ . O potencial redox também aumentou em média de 20,23 ORPmV em março de 2016 para 76,34 ORPmV em junho 2017. A concentração de sólidos totais dissolvidos diminuiu junto com a redução do volume hídrico. No primeiro mês amostrado foi observado em média um valor de 1.20 g/L, entretanto no último mês reduziu para valores menores que 1 g/L.

Como já foi falado, a produtividade teve uma correlação positiva com o volume do reservatório, de maneira que, de acordo com que o volume diminuiu também a concentração de clorofila. A análise de variância (ANOVA) mostrou que houve diferença significativa em pelo menos um dos meses, tendo um valor de  $p < 0,01$ . O Teste de Tukey mostrou que apenas o mês de março de 2016 teve diferença significativa entre os meses (Figura 4).

**Figura 4.** Plot mostrando a diferença das médias de concentração de clorofila entre os meses estudados. Letras iguais, não existe diferença estatística entre as médias (b); letras diferentes indicam a existência de diferença significativa (a).



**Figura 5.** Gráfico de superfície mostrando a relação de causa e efeito de duas variáveis explicativas Potencial Redox (eixo- *X1*) e Volume (eixo- *X2*) e uma variável resposta clorofila (eixo-*Y*)-(Figura A); pH (eixo-*X1*) e volume (eixo-*X2*) e clorofila (eixo-*Y*)-(Figura B).



Nós realizamos análise de regressão linear múltipla, seguindo o princípio da parcimônia retirando as variáveis que não tiveram relações significativas. Assim, a regressão linear múltipla mostrou que apenas o potencial redox, pH e volume tiveram relação significativa com a concentração de clorofila (Figura 5). O potencial redox (eixo- X1) teve uma relação negativa com a concentração de clorofila (Figura 5- A). Já o pH (eixo- X1) e o volume (eixo- X2) tiveram relação positiva com a concentração de clorofila (eixo- Y) (Figura 5- B).

## DISCUSSÃO

Por serem altamente sensíveis às mudanças climáticas (O'REILLY et al., 2003; ADRIAN et al., 2009; JEPPESEN et al., 2014), os reservatórios tropicais, são expressivamente afetados, alterando suas condições e condições químicas (JEPPESEN et al., 2014). Nosso estudo mostrou que com a redução hídrica do reservatório, houve também a alteração de algumas das variáveis físicas e químicas, como pH, salinidade, oxigênio dissolvido e transparência da água. Alterou significativamente também a concentração de clorofila, onde houve uma redução junto com o volume. Assim, nós aceitamos a nossa hipótese que a redução no volume hídrico afetaria tanto variáveis físicas e químicas, como biológicas.

As altas taxas de evaporação de água nas regiões, combinados com a falta de precipitação e reservatórios de captação de água podem ser, os principais fatores de mudança em volume de água ao longo dos períodos. Com a redução do volume de água, a concentração da salinidade aumentou, o que já era de se esperar, isso por que de acordo com que há a redução do volume, há também uma concentração dos sais, aumentando a salinidade. Alguns estudos mostram que no nordeste do Brasil, as variações sazonais no volume de água dos reservatórios geralmente são acompanhadas de aumento da carga de nutrientes, especialmente durante os períodos de seca (MIRANDA et al., 2014; BRASIL et al., 2016). Entretanto no nosso estudo não houve resultados significativos na relação entre os nutrientes e a redução no volume de água. É provável que este resultado não significativo pode estar relacionado com o n amostral pequeno deste trabalho.

Eventos de seca prolongada e conseqüentemente diminuição do volume de água dos lagos e reservatórios podem aumentar a eutrofização e a degradação da qualidade da água (JEPPESEN et al., 2015; BRASIL et al., 2016). Entretanto, em nossos estudos mostram o contrário, onde houve uma diminuição nas concentrações de nutrientes, assim como a concentração de clorofila. Dentre os nutrientes, o fósforo total é um dos principais elementos na coluna de água, uma vez que ele é considerado um fator importante para a previsão da

biomassa fitoplanctônica e da qualidade da água em lagos e reservatórios de regiões tropicais e subtropicais (ATTAYDE e BOZELLI, 1998; HUSZAR et al., 2006).

Como já foi relatado anteriormente, o potencial redox junto com o pH tiveram uma relação significativa com a concentração de clorofila. Medidas de potencial redox ganharam importância no monitoramento ambiental nas últimas décadas e passaram a fazer parte da lista de parâmetros exigidos para um melhor monitoramento destes sistemas (JARDIM, 2014). Isso por que muitas reações de importância na natureza envolvem tanto elétrons como prótons, faz com que sejam governadas tanto pelo pH como pelo potencial redox. Um exemplo são os processos de nitrificação e desnitrificação. Os microrganismos variam no grau de sensibilidade ao potencial redox do meio e podem ser divididos em grupos os aeróbios, exigem potencial redox positivo para o seu crescimento (presença de oxigênio) e os anaeróbios, que requerem potencial negativo. Assim, tanto o pH como o potencial redox podem influenciar na qualidade de água. Em relação ao pH, a Portaria do MS n° 2914/2011 e a Resolução CONAMA n° 357/2005 recomendam que o pH da água no sistema de distribuição esteja entre 6 a 9,5, dessa maneira o pH do reservatório Epitácio Pessoa está dentro das normas, o que contribui para a qualidade da água.

Em geral, a ocorrência da seca diminui a qualidade de reservatórios, reduzindo os níveis de água, porém nesse estudo a diminuição da água não corroborou com nossa hipótese, onde mostrou que a redução do volume hídrico melhorou a qualidade da água. Clorofila, pH, salinidade e oxigênio dissolvido foram os principais afetados pela redução do volume hídrico. Nossos estudos contribuem para o esclarecimento das relações entre o volume de água e as outras variáveis físicas, químicas e biológicas. É necessário que outros estudos levem em consideração mais parâmetros e um período amostral maior, para que se consiga capturar um número maior de relações na dinâmica dos ecossistemas aquáticos. Entender essa dinâmica pode contribuir para trabalhos de conservação, monitoramento e gestão desses ecossistemas, principalmente para os que servem para abastecimento público.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARFI, R. The effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué Reservoir, Mali, West Africa. **Lakes and Reservoirs: Research and Management**, 2003, 8(3-4), 247-257. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1770.2003.00223.x>.

ATTAYDE, J.L. and BOZELLI, R.L. Environmental heterogeneity and predictive models of chlorophyll a in a Brazilian coastal lagoon. **Hydrobiologia**, 1998, 390(1-3), 129-139. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003546810358>.

BARBOSA, J.E.L., MEDEIROS, E.S.F., BRASIL, J., CORDEIRO, R.S., CRISPIM, M.C.B. and SILVA, G.H.G. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2012, 24(1), 103-118. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000030>.

BRASIL, J., ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D. F.; HUSZAR, V. L. M. 2015. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hidrobiologia**. Primary research Paper.

BRASIL, J., ATTAYDE, J.L., VASCONCELOS, F.R., DANTAS, D.D.F. and HUSZAR, V.L.M. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**, 2016, 770(1), 145-164. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-015-2578-5>.

CARNEIRO, F. M.; NABOUT, JC.; VIEIRA L. C. G.; ROLAND, F.; BINI, L. M. Determinants of chlorophyll-a concentration in tropical reservoirs. **Hidrobiologia**. 740: 89-99.

COSTA, M. R. A.; ATTAYDE, J. L., BECKER, V 2015. Effects of water level reduction on the dynamics of the phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hidrobiologia**.

COSTA, M.R.A., ATTAYDE, J.L. and BECKER, V. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hydrobiologia**, 2016, 778(1), 75-89. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-015-2593-6>.

DAVIDSON K, GOWEN RJ, HARRISON PJ, FLEMING LE, HOAGLAND P, MOSCHONAS G. Anthropogenic nutrients and harmful algae in coastal waters. **J Environ Manag**. 2014. 146:206–216

FREIRE, R.H.F., CALIJURI, M.C. and SANTAELLA, S.T. Longitudinal patterns and variations in water quality in a reservoir in the semiarid region of NE Brazil: responses to hydrological and climatic changes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2009, 21(2), 251-262.

HEATHCORE, A. J., FILSTRUP, C. T., KENDALL, D., AND DOWNING, J. A..  
Biomass pyramids in lake plankton: influence of cyanobacteria size and abundance .  
**Inland Waters**, 2016, 6, 250–257. doi: 10.5268/IW-6.2.941

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change** 2014: synthesis report. Geneva, 2014.

JEPPESEN, E., BRUCET, S., NASELLI-FLORES, L., PAPASTERGIADOU, E., STEFANIDIS, K., NÖGES, T., NÖGES, P., ATTAYDE, J.L., ZOHARY, T. , COPPENS, J., BUCAK, T., MENEZES, R.F., FREITAS, F.R.S., KERNAN, M., SØNDERGAARD, M. and BEKLIÖĞLU, M. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. **Hydrobiologia**, 2015, 750(1), 201-227. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-014-2169-x>.

JESPERSEN, A.M. and CHRISTOFFERSEN, K. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. **Hydrobiologia**, 1987, 109, 445-454.

MEDEIROS, L.C., MATTOS, A., LÜRLING, M. and BECKER, V. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology**, 2014, 49(3), 294-307.

MIRANDA, K., MATTOS, A. and BECKER, V. Influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de um reservatório mesotrófico na região semiárida tropical. In: A. MATTOS and K.M.C. MATTOS, eds. Projeto Mevemuc (monitoramento da evaporação e as mudanças climáticas): contribuição para a hidrologia do semiárido. 1. ed. João Pessoa: Moura Ramos Gráfica Editora, 2014, pp. 319-340.

MOOIJ, W.M., DE SENERPONT-DOMIS, L.N. and JANSE, J.H. Linking species and ecosystem-level impacts of climate change in lakes with a complex and a minimal model. **Ecological Modelling**, 2009, 220(21), 3011-3020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.02.003> .

MOSS, B., KOSTEN, S., MEERHOFF, M., BATTARBEE, R.W., JEPPESEN, E., MAZZEO, N., HAVENS, K., LACEROT, G., LIU, Z., MEESTER, L., PAERL, H. and SCHEFFER, M. Allied attack: climate change and eutrophication. **Inland Waters**, 2011, 1(2), 101-105. <http://dx.doi.org/10.5268/IW-1.2.359>.

TORRES, L. M. 2014. Efeito da seca na dinâmica dos grupos funcionais fitoplânctônicas em reservatórios eutróficos do semiárido. 34 f. **Dissertação (Mestrado em ecologia)**- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2014.

Jardim, W. F. (2014). MEASUREMENT AND INTERPRETATION OF REDOX POTENTIAL VALUES (EH) IN ENVIRONMENTAL MATRICES. **Química Nova**. doi:10.5935/0100-4042.20140207