

## Variações temporais dos parâmetros limnológicos, os grupos frequentes e índices biológicos da comunidade fitoplanctônica do açude Santa Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil

Emilly Kataline Rodrigues Pessoa<sup>1</sup>, Patrícia Luiza da Silva Carmo de Lima<sup>1</sup>, Wallace Silva Nascimento<sup>1</sup>, Sathyabama Chellappa<sup>1</sup>, Naithirithi T. Chellappa<sup>1</sup>

1. Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Praia Mãe Luíza, s/n, CEP: 59.014-000, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

\*Autor para correspondência: [emillykataline.ufrn@hotmail.com](mailto:emillykataline.ufrn@hotmail.com)

### RESUMO

A frequência da comunidade fitoplanctônica em açudes depende de diversos fatores físicos, químicos e biológicos, que por sua vez estão sujeitos à ação de regime pluviométrico. O presente trabalho descreve as variações temporais dos parâmetros limnológicos, os grupos frequentes e índices biológicos da comunidade fitoplanctônica do açude Santa Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. As amostras das águas superficiais do açude foram coletadas mensalmente durante o período de outubro de 2013 a agosto de 2014, e foram registrados os parâmetros limnológicos juntamente com a identificação da comunidade fitoplanctônica. O valor médio da temperatura da água durante o período de estiagem foi de 29°C e para o período chuvoso foi de 24°C. O pH teve seu maior valor de 8,9 no mês de outubro e seu menor valor de 6,1 no mês de janeiro. Valor médio da condutividade elétrica foi elevado, sendo de 1889  $\mu\text{Scm}^{-1}$  durante o período total de estudo. Os nutrientes inorgânicos apresentaram valores baixos durante todo o período de estudo. O estado trófico do açude Santa Cruz indicou o ambiente como oligotrófico. As espécies *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cianofíceas) e *Surirella ovalis* (Diatomáceas) foram presentes durante os meses de dezembro a agosto. As espécies *Clotarium elongatum*, *Crucigenia tetrapedia* e *Staurastrum punctatum* (Clorofíceas) foram abundantes durante o período de estiagem, enquanto que *Navicula cuspidata*, *Surirella ovalis* (Diatomáceas) e *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cianofíceas) foram abundantes durante o período de chuva. A comunidade fitoplanctônica apresentou maiores índices de riqueza, diversidade, dominância e similaridade, logo após de período chuvoso, no mês de maio, permitindo a coexistência das espécies.

**Palavras-chave:** fitoplâncton, fatores limnológicos, clorofila *a*, estado trófico, açude.

### Temporal variation of limnological parameters, frequent groups and biological indices of phytoplankton community of Santa Cruz reservoir, Rio Grande do Norte, Brazil

### ABSTRACT

Frequency of phytoplankton community in reservoirs depends on several physical, chemical and biological factors, which in turn are subjected to rainfall regime. This work presents temporal variations of limnological parameters, frequent groups and biological indices of phytoplankton community of the Santa Cruz reservoir, Rio Grande do Norte, Brazil. The surface water samples of the reservoir were collected monthly during October, 2013 to August, 2014, and environmental parameters were registered and the phytoplankton community of the reservoir was identified. Mean water temperature during the dry period was 29°C and during the rainy season was 24°C. The pH showed a maximum value of 8.9 during the month of October and a minimum value of 6.1 during the month of January. Mean electrical conductivity was high, with a value of 1889  $\mu\text{Scm}^{-1}$  during of the entire study period. The inorganic nutrients maintained very low concentrations during of the study period. The trophic state of the Santa Cruz reservoir indicated an oligotrophic environment. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanofyceae) and *Surirella ovalis* (Diatomaceae) were present during the months of December to August. During the dry season *Clotarium elongatum*, *Crucigenia tetrapedia* and *Staurastrum punctatum* (Chlorofyceae) were frequent, while during the rainy season *Navicula cuspidata*, *Surirella ovalis* (Diatomaceae) and *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanofyceae) were abundant. The phytoplankton community showed higher indexes of richness, diversity, dominance and similarity, in May, after the rainy season, allowing the coexistence of the species.

**Keywords:** phytoplankton; environmental parameters; chlorophyll *a*; trophic status; reservoir

### Introdução

A região Nordeste do Brasil é caracterizada pelo clima semiárido e possui características, tais como, solos impermeáveis e rasos, chuvas escassas e irregulares, com elevadas temperaturas e evapotranspiração. Por causa dessas características os rios são perenes ou intermitentes e para diminuir os problemas causados pela escassez da água nessa região foram construídos os açudes (AUDRY; SUASSUNA, 1995). O principal objetivo da construção dos açudes é a subsistência nos períodos de estiagem, visando o abastecimento humano, contudo, a água dos açudes não está sendo utilizada de forma racional. O ambiente aquático de água doce está cada vez mais escasso e poluído, portanto o estudo deste ambiente tornou imprescindível, junto com os componentes bióticos, como a comunidade do fitoplâncton (CHELLAPPA; COSTA, 2003; CHELLAPPA et al., 2006; CHELLAPPA et al., 2007; CHELLAPPA et al., 2008). A resposta de cada organismo frente às modificações ambientais manifesta-se em forma de flutuações populacionais (BAXTER, 1977; CHELLAPPA et al., 2008). O monitoramento da qualidade de água dos açudes é de grande

importância, uma vez que estes são utilizados para consumo humano e pesca (GURGEL, 2004; COSTA et al., 2006; CÂMARA et al., 2015).

A distribuição das espécies aquáticas está no foco da ecologia e da interação da natureza com a sociedade humana. Neste contexto, a relação espaço-temporal de organismos individuais, populações e comunidades estão relacionadas aos fatores ambientais para definir a distribuição das espécies e da biodiversidade (JETZ et al., 2012). No Rio Grande do Norte, foram realizados estudos utilizando a comunidade do fitoplâncton de água doce, especialmente a população das diatomáceas como bioindicadoras da qualidade da água (CHELLAPPA, 1990; CHELLAPPA et al., 1996; CHELLAPPA et al., 2007; CHELLAPPA et al., 2008). Essas pesquisas contribuíram para o conhecimento da comunidade do fitoplâncton nos açudes do estado do Rio Grande do Norte. As investigações sobre a qualidade da água e ecologia dos açudes indicaram a importância da continuidade do monitoramento dos ecossistemas aquáticos do Rio Grande do Norte (CHELLAPPA et al., 2008; CÂMARA et al., 2015).

Contudo, ainda há necessidade de estudos sobre os grupos mais frequentes e índices biológicos da comunidade do fitoplâncton no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a comunidade fitoplanctônica do açude Santa Cruz, RN, durante o ciclo anual de 2013 e 2014, abrangendo o período de estiagem e de chuvas, juntamente com os parâmetros limnológicos e índices biológicos da comunidade fitoplanctônica.

## Materiais e Métodos

### Local de estudo

O açude Santa Cruz está localizado no município de Santa Cruz, no Agreste Potiguar, RN, barrando o rio Trairi. As coordenadas geográficas de seu barramento são Latitude 6°25' 23" S e Longitude 36° 07' 27" W (Figura 1). A bacia hidrográfica do rio Trairi cobre uma área de 300 km<sup>2</sup> e tem como finalidade principal o abastecimento d'água da cidade de Santa Cruz, além de propiciar pequena irrigação e piscicultura no local. Foi projetada com capacidade de armazenamento de 5.158.750 m<sup>3</sup> e construída pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS, 1990).

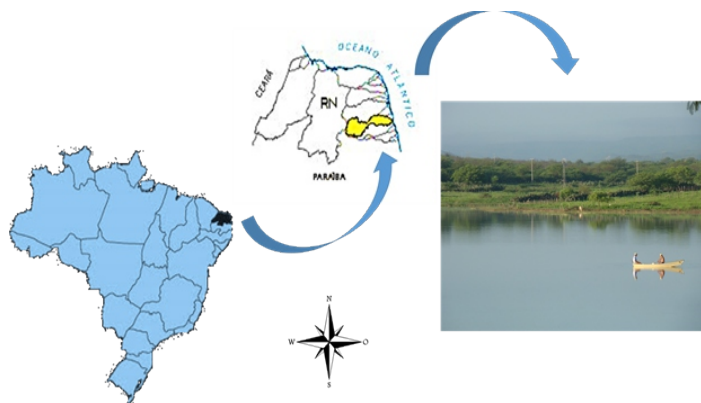


Figura 1. Localização da área de estudo, açude Santa Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. / Figure 1. Location of the study area, Santa Cruz reservoir, Rio Grande do Norte, Brazil.

### Coletas das amostras e procedimentos

As amostras das águas superficiais do açude Santa Cruz foram coletadas mensalmente no período de outubro de 2013 a agosto de 2014, realizadas sempre no período da manhã, entre as nove e 10 horas. Para as análises qualitativas de fitoplâncton, as amostras de água foram coletadas por reboque vertical de um coletor de fitoplâncton, com uma rede de 20 µm tamanho de malha e preservado em formaldeído de 4%. Para contagem de fitoplâncton, as amostras de água foram coletadas com uma garrafa de Van Dorn ao longo de perfis verticais, que foram misturados e fixados em solução de iodo-lugol. Utilizou-se a câmara de Sedwick-Rafter para fazer a contagem de fitoplâncton (WETZEL; LIKENS, 2000).

Os parâmetros limnológicos, tais como, temperatura, pH, condutividade elétrica e concentração do oxigênio dissolvido foram medidos *in situ* com o auxílio do Kit Multi parâmetro WTW Multi 340i. As amostras para análise dos nutrientes foram acondicionadas em garrafas de polietileno e mantidas em congelador para posterior análise em laboratório. No laboratório foram analisados o amônio (GOLTERMAN et al., 1978), nitrato (GOLTERMAN et al., 1978), ortofosfato (APHA, 1985) e clorofila *a* (MARKER et al., 1980). O oxigênio saturado foi calculado conforme proposto por Wetzel; Likens (2000). Os dados pluviométricos da região estudada foram obtidos do

Departamento de Meteorologia e Recursos Hídricos da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A). A produtividade do fitoplâncton é mais elevada na zona fótica (o ponto da máxima profundidade atingida pela luz solar), onde seja possível ocorrer à fotossíntese (SCHEFFER, 2004). A medição da transparência das águas (em cm) do açude Santa Cruz foi realizada *in situ* com a utilização do disco de Secchi.

Índices biológicos de fitoplâncton tais como, o índice de riqueza de Margalef (d) (LUDWIG; REYNOLDS, 1988), diversidade de Shannon-Wiener (H') (KREBS, 1989), dominância e similaridade ou equitabilidade de Pielou (J) (PIELOU, 1989) foram determinados. Os dados foram processados no programa PAST, versão 2.14.

Índice de riqueza de espécies foi calculado através da seguinte fórmula:  $R = (S-1)/\log_2 N$ , onde, R= riqueza de espécies, S= número de espécies, N= número de indivíduos.

Índice de diversidade de espécies foi calculado através do índice de Shannon-Weaver (1949). Este índice assume que cada indivíduo é coletado aleatoriamente de uma população infinitamente maior e que todas as espécies estão representadas na amostra.

Índice de equitabilidade ou a uniformidade na distribuição dos indivíduos entre as espécies foi verificado através do valor do índice de equitabilidade de Pielou (J), calculado a partir do índice de Shannon, dada pela fórmula de Krebs (1989):  $E = H'/H'_{max}$ , onde, E= equitabilidade; H'= diversidade de Shannon.

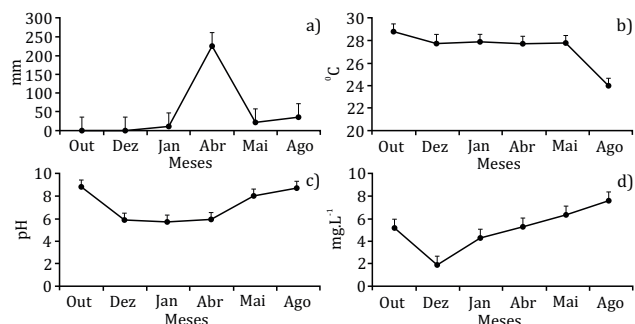
Índice de dominância de Simpson atribui maior importância às espécies comuns e é dado pela fórmula:  $D = \sum [ni(ni-1)]/N(N-1)$ , onde, D= índice de Simpson; ni = número de indivíduos da espécie i na amostra; N = número total de indivíduos.

### Análise Estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente através do teste de correlação de Pearson para avaliar a correlação dos fatores limnológicos com os grupos de fitoplâncton. Foram consideradas significativas apenas as correlações de  $p < 0,05$ . Para analisar a similaridade entre as espécies empregou-se a análise de Cluster, na qual a distância euclidiana foi utilizada como medida para detectar os grupos semelhantes. Foi realizada a análise de matriz de distância euclidiana dos fatores ambientais e da comunidade de fitoplâncton do açude Santa Cruz para todo o período de estudo e para os períodos de estiagem e chuvoso separadamente.

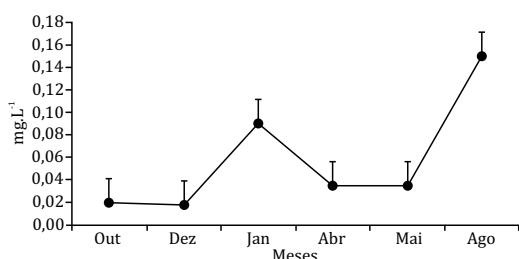
## Resultados

No período de estudo a precipitação pluviométrica variou de 0,0 mm nos meses de outubro-dezembro a 230 mm no mês de abril (Figura 2a). O valor médio da temperatura da água durante o período de estiagem foi de 29°C e para o período chuvoso de 24°C. As variações da temperatura da água durante o estudo estão apresentadas na Figura 2b. O pH teve seu maior valor de 8,9 no mês de outubro, seu menor valor de 6,1 no mês de janeiro e o valor médio foi de 7,0. As variações do pH da água durante o estudo estão apresentadas na Figura 2c. O valor médio da concentração do oxigênio dissolvido foi de 2,8mgL<sup>-1</sup> no período de estiagem e 6,9mgL<sup>-1</sup> no período chuvoso. A Figura 2d mostra as variações da concentração do oxigênio dissolvido durante o estudo.



**Figura 2.** Variação dos fatores ambientais do açude Santa Cruz no período de outubro de 2013 a agosto de 2014: Pluviosidade (a), Temperatura (b), pH (c), Concentração do oxigênio dissolvido (d). / **Figure 2.** Variation of environmental factors of Santa Cruz reservoir from October, 2013 to August, 2014: Rainfall (a), Temperature (b), pH (c), Dissolved oxygen concentration (d).

Os nutrientes apresentaram suas concentrações baixas durante todo o período de estudo. O amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), no período de estiagem foi de  $0,02\text{mgL}^{-1}$  e  $0,09\text{mgL}^{-1}$  no período chuvoso, houve um aumento no mês de agosto que foi de  $0,15\text{mgL}^{-1}$  (Figura 3). Os nutrientes tais como, nitrato e ortofosfato não foram detectados durante todo período de estudo.

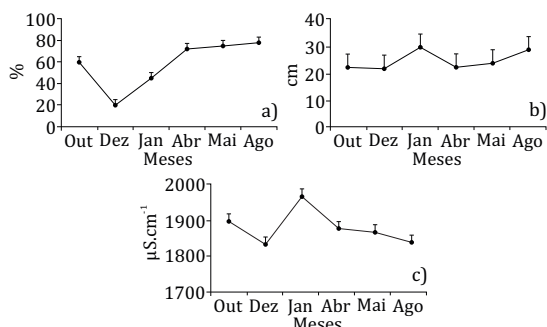


**Figura 3.** Variação da concentração do amônio do açude Santa Cruz no período de outubro de 2013 a agosto de 2014. / **Figure 3.** Variation of ammonium concentration of Santa Cruz reservoir from October, 2013 to August, 2014.

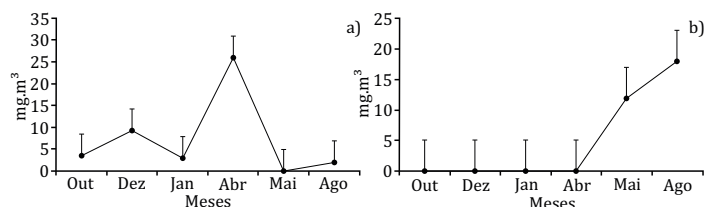
O oxigênio saturado apresentou os valores médios de 45,67% no período de estiagem e 78,33% no período chuvoso. As variações do oxigênio saturado durante o estudo estão apresentadas na Figura 4a.

Os valores médios da transparência das águas, tanto no período de estiagem quanto no período chuvoso, foram de 24,6 cm. As variações da transparência durante o estudo estão apresentadas na Figura 4b. A condutividade elétrica foi elevada durante todo o período de estudo, sendo  $1899\ \mu\text{S.cm}^{-1}$  no período de estiagem e  $1879\ \mu\text{S.cm}^{-1}$  no período chuvoso. Figura 4c apresenta as variações da condutividade elétrica durante o estudo.

O valor médio da concentração da clorofila *a* durante o período de estudo foi de  $7,2\text{mgm}^{-3}$  sendo  $5,20\text{mgm}^{-3}$  no período de estiagem e  $9,31\text{mgm}^{-3}$  no período chuvoso. Houve um aumento da concentração da clorofila *a* no mês de abril (Figura 5a). Os feopigmentos apresentaram valores baixos durante o período de estiagem, contudo houve um aumento após o período chuvoso (Figura 5b).



**Figura 4.** Variação dos parâmetros limnológicos do açude Santa Cruz no período de outubro de 2013 a agosto de 2014: Oxigênio Saturado (a), Transparência (b), Condutividade elétrica (c). / **Figure 4.** Variation of limnological parameters of Santa Cruz reservoir from October, 2013 to August, 2014: Saturated oxygen (a), Transparency (b), Electrical conductivity (c).



**Figura 5.** Variação da clorofila *a* (a) e da Feofitina (b) da comunidade de fitoplâncton do açude Santa Cruz no período de outubro de 2013 a agosto de 2014. / **Figure 5.** Variation of chlorophyll *a* (a) and pheophytin (b) of the phytoplankton community of Santa Cruz reservoir from October, 2013 to August, 2014.

A Tabela 1 apresenta os grupos mais frequentes da comunidade fitoplanctônica do açude Santa Cruz, no período de estudo. As espécies *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cianofíceas) e *Surirella ovalis* (Diatomáceas) foram presentes durante os meses de dezembro a agosto. As espécies *Cloterium elongatum*, *Crucigenia tetrapedia* e *Staurastrum punctatum* (Clorofíceas) foram abundantes durante o período de estiagem, enquanto que *Navícula cuspidata*, *Surirella ovalis* (Diatomáceas) e *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cianofíceas) foram abundantes durante o período de chuva.

A Tabela 2 apresenta a correlação significativa (nível de  $p < 0,05$ ) entre os parâmetros limnológicos e da comunidade de fitoplâncton. Os fatores tais como, o oxigênio saturado e a concentração do oxigênio dissolvido, foram altamente significados com espécies de cianofíceas. A condutividade elétrica foi o fator importante para as espécies de clorofíceas. As espécies de diatomáceas foram correlacionadas negativamente com a pluviosidade. A única espécie de xantofíceas foi significativamente correlacionada com a transparência de água.

**Tabela 1.** Os grupos mais frequentes da comunidade fitoplanctônica do açude Santa Cruz, RN no período de outubro de 2013 a agosto de 2014. / **Table 1.** The most frequent groups of phytoplankton community in Santa Cruz reservoir from October, 2013 to August, 2014.

	Diatomáceas						
	out 13	dez 13	jan 14	abr 14	mai 14	ago 14	
<i>Cyclotella meneghiana</i> Kutz.						X	
<i>Nupela amabilis</i> Ludwig						X	
<i>Navícula cuspidata</i> Kutz.			X	X	X	X	
<i>Surirella ovalis</i> Bréb.		X	X	X	X	X	
<i>Surirella capensis</i> Ehr.					X		
Clorofíceas	out 13	dez 13	jan 14	abr 14	mai 14	ago 14	
	<i>Cloterium elongatum</i> Rabn.	X					
	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch) Kuntze	X					
	<i>Cloterium lunula</i> Ehr.						X
	<i>Staurastrum punctatum</i> Riab.	X					
Cianofíceas	out 13	dez 13	jan 14	abr 14	mai 14	ago 14	
	<i>Anabaena circinales</i> Born et Flah					X	X
	<i>Cylindrospermopsis racyborskii</i> (Woolz.) Seenaya e Subbaraju	X	X	X	X	X	X
	<i>Gomphosperia lacustres</i> Chodat					X	
Xantofíceas	out 13	dez 13	jan 14	abr 14	mai 14	ago 14	
	<i>Goniochlorosis sculpta</i> Chodat					X	

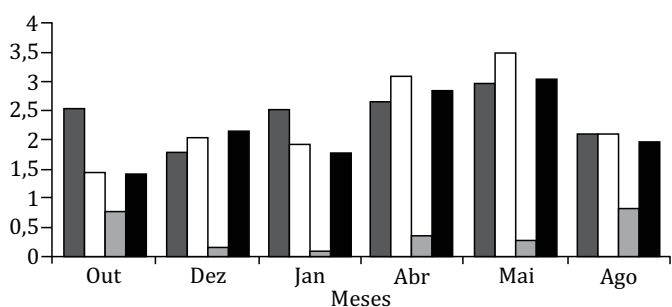
A comunidade fitoplanctônica apresentou maiores índices de riqueza, diversidade, dominância e similaridade, logo após de período chuvoso, no mês de maio, permitindo a coexistência das espécies (Figura 6).

**Tabela 2.** Correlação entre os parâmetros limnológicos e da comunidade de fitoplâncton, com nível de significância de  $p < 0,05$ . (Temp – Temperatura; O<sub>2</sub>% - Oxigênio saturado; O<sub>2</sub> Dissolvido - Concentração do Oxigênio Dissolvido; Cond. Elétrica - Condutividade Elétrica; Pluv - Pluviosidade; Clo – Clorofíceas; Cian - Cianofíceas; Diatom - Diatomáceas; Xant - Xantofíceas). / **Table 2.** Correlation between the limnological parameters and phytoplankton community, with a significance level of  $p < 0,05$ . (Temp – Temperature; O<sub>2</sub>% - Saturated oxygen; O<sub>2</sub> Dissolvido - Dissolved oxygen concentration; Cond. Elétrica - Electrical conductivity; Pluv – Rainfall; Clo – Chlorophyceae; Cian – Cyanophyceae; Diatom – Diatomaceae; Xant - Xanthophyceae).

	pH	Temperatura	O <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> dissolvido	Cond. Elétrica	Transparência	Pluviosidade	Clorofíceas	Cianofíceas	Diatomáceas	Xantofíceas
pH	1,00										
Temperatura	0,69	1,00									
O <sub>2</sub> %	0,36	0,08	1,00								
O <sub>2</sub> dissolvido	0,46	0,20	<b>0,99*</b>	1,00							
Cond. Elétrica	-0,78	<b>0,95*</b>	-0,08	-0,19	1,00						
Transparência	-0,41	-0,01	0,18	0,14	0,32	1,00					
Pluviosidade	-0,30	-0,55	0,67	0,59	0,46	0,01	1,00				
Clorofíceas	-0,63	-0,88	0,08	-0,03	<b>0,97*</b>	0,42	0,44	1,00			
Cianofíceas	0,51	0,08	<b>0,93*</b>	<b>0,94*</b>	-0,06	0,15	0,47	0,15	1,00		
Diatomáceas	0,04	0,46	-0,72	-0,66	-0,31	0,22	<b>-0,96*</b>	-0,31	-0,57	1,00	
Xantofíceas	0,09	-0,13	-0,34	-0,33	-0,18	<b>-0,93*</b>	0,06	-0,36	-0,41	-0,21	1,00

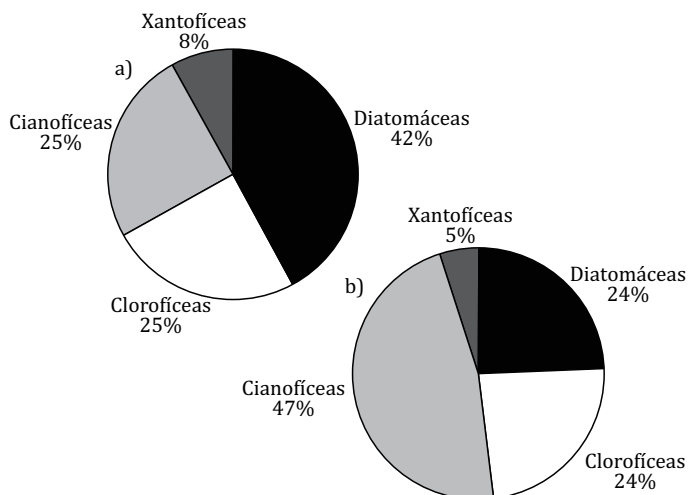
\* valores significativos

■ Riqueza □ Diversidade (H') ▒ Dominância (IBP) ■ Similaridade (J)



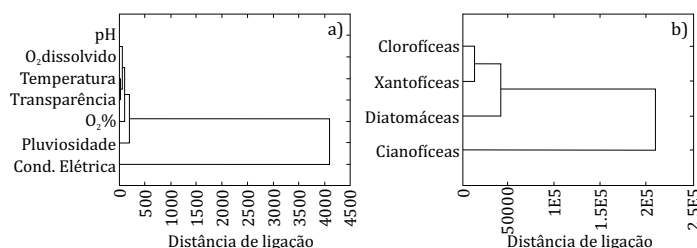
**Figura 6.** Índices Biológicos da comunidade de fitoplâncton (Riqueza, Diversidade, Dominância e Similaridade) do açude Santa Cruz no período de outubro de 2013 a agosto de 2014. / **Figure 6.** Biological indices of the phytoplankton community (Richness, Diversity, Dominance and Similarity) of Santa Cruz reservoir from October, 2013 to August, 2014.

No período de estiagem houve uma dominância de diatomáceas (42%), seguida de Cianofíceas (25%), Clorofíceas (25%) e Xantofíceas (8%) (Figura 7). As espécies que apresentaram destaque para este período foram *Surirella ovalis* e *Navícula cuspidata* (Diatomáceas). No período chuvoso a dominância foi de Cianofíceas (47%) seguida da diatomáceas (24%), a clorofíceas (24%) e Xantofíceas (5%). A espécie que apresentou destaque nesse período foi *Cylindropermopsis raciborskii*. Percebe-se uma maior abundância e diversidade de diatomáceas no período de estiagem e uma maior abundância e diversidade de cianofíceas no período chuvoso.



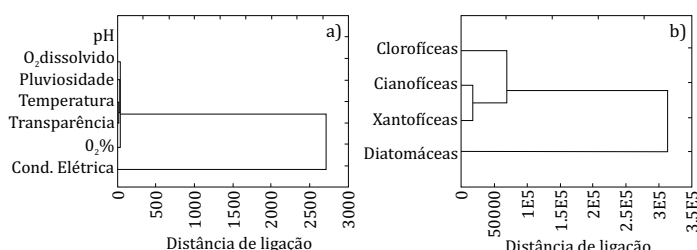
**Figura 7.** Abundância relativa da comunidade de fitoplâncton durante o período de estiagem (a) e o período chuvoso (b) do açude Santa Cruz no período de outubro de 2013 a agosto de 2014. / **Figure 7.** Relative abundance of the phytoplankton community during dry season (a) and rainy season (b) of Santa Cruz reservoir from October, 2013 to August, 2014.

A Figura 8a, representa a matriz de distância euclidiana (uma versão menor de dendrograma) dos fatores ambientais para o período total de estudo, onde pode observar a formação de dois grupos. O primeiro grupo é constituído pelo oxigênio dissolvido, temperatura, transparência, oxigênio saturado e a pluviosidade. O segundo é formado pela condutividade elétrica, onde os seus valores são bem distante dos demais. A Figura 8b representa a matriz de distância euclidiana da comunidade de fitoplâncton para o período total de estudo, observa-se a formação de três grupos. O primeiro é formado pela Clorofíceas e Xantofíceas, o segundo pelas Diatomáceas e o terceiro pela Cianofíceas.



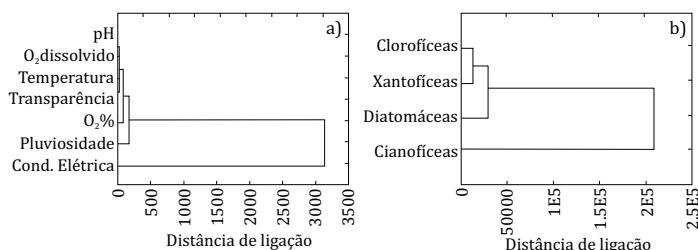
**Figura 8.** Matriz de distância Euclidiana dos fatores ambientais (a) e da comunidade de fitoplâncton (b) do açude Santa Cruz no período de outubro de 2013 a agosto de 2014. / **Figure 8.** Euclidian distance matrix of environmental factors (a) and the phytoplankton community (b) of Santa Cruz reservoir from October, 2013 to August, 2014.

A Figura 9a representa a matriz de distância euclidiana dos fatores ambientais para o período de estiagem, é notória a formação de dois grupos, o primeiro grupo é formado pelo oxigênio dissolvido, pluviosidade, temperatura, transparência e o oxigênio saturado. O segundo é formado pela condutividade elétrica. Na Figura 9b está representada a matriz de distância euclidiana da comunidade de fitoplâncton para o período de estiagem, observa-se a formação de três grupos: o primeiro é formado pela Clorofíceas, o segundo pelas Cianofíceas e Xantofíceas e o terceiro pelas Diatomáceas.



**Figura 9.** Matriz de distância Euclidiana dos fatores ambientais (a) e da comunidade de fitoplâncton (b) do açude Santa Cruz no período de estiagem. / **Figure 9.** Euclidian distance matrix of environmental factors (a) and the phytoplankton community (b) of Santa Cruz reservoir during dry season.

A Figura 10a representa a matriz de distância euclidiana dos fatores ambientais para o período chuvoso. Houve a formação de dois grupos, o primeiro grupo formado pelo oxigênio dissolvido, temperatura, transparência, oxigênio saturado e a pluviosidade e o segundo é formado pela condutividade elétrica. A Figura 10b representa a matriz de distância euclidiana da comunidade de fitoplâncton para o período chuvoso, onde observa a formação de três grupos. O primeiro é formado pelas Clorofíceas e Xantofíceas, enquanto o segundo pelas Diatomáceas e terceiro pelas Cianofíceas.



**Figura 10.** Matriz de distância Euclidiana dos fatores ambientais (a) e da comunidade de fitoplâncton (b) do açude Santa Cruz no período chuvoso. / **Figure 10.** Euclidian distance matrix of environmental factors (a) and the phytoplankton community (b) of Santa Cruz reservoir during rainy season.

## Discussão

A construção de açudes produz diferentes alterações na ecologia dos ecossistemas, e em resposta, cada organismo apresenta flutuações populacionais (BAXTER, 1977). A composição e a biomassa fitoplanctônica que representa a parte funcional do fitoplâncton em açudes dependem de diversos inter-relacionados fatores físicos, químicos e biológicos (BOUVY et al., 2003). Por sua vez, estes fatores estão fortemente sujeitos à ação de pulsos produzidos no sistema, os quais podem ser de origem natural, como a precipitação, o vento e o fluxo do rio, ou de origem antropogênica, principalmente devido ao aporte de nutrientes e à saída de água em função de seus diversos usos. Portanto, as comunidades componentes dos ecossistemas apresentam um potencial de mudança composicional que pode resultar na adição, substituição, ou remoção de espécies. As alterações na riqueza de espécies ou diversidade, coexistência e dominância de certas espécies são resultados diretos da variabilidade de fatores abióticos, das tendências climáticas em longo prazo ou de variações das intempéries climáticas de curto tempo, bem como do controle descendente pelo zooplâncton (CHELLAPPA; COSTA, 2003; CÂMARA et al., 2015). No açude Santa Cruz, durante o período de chuvas, a comunidade fitoplanctônica apresentou maiores índices de riqueza, diversidade, dominância e similaridade, permitindo a coexistência das espécies.

A pluviosidade, no açude Santa Cruz, se apresentou de forma bastante desigual. O maior pico de chuva foi no mês de abril, quando alterou as características da comunidade fitoplactônica, pois propiciou o desaparecimento das diatomáceas e o aparecimento das cianofíceas. No quadro da correlação (Tabela 2) podemos observar uma correlação negativa entre as diatomáceas e a pluviosidade. Possivelmente as precipitações atuaram como um fator diluidor que influenciou na composição das espécies bem com na sua biomassa (GIANINI; FIGUEREDO, 1999).

A temperatura da água é um parâmetro abiótico primordial para a dinâmica da comunidade fitoplânctonica. A temperatura apresenta grande influência sobre as reações químicas, sobre a distribuição vertical e no crescimento do fitoplâncton (MOSS, 1980). O estado do Rio Grande do Norte, por estar inserido na

região do semiárido, apresenta açudes de temperaturas elevadas (CHELLAPPA, 1990; MARINHO, 2000; CHELLAPPA et al., 2008; CÂMARA et al., 2015). O açude Santa Cruz apresentou altos valores de temperatura, tanto para o período de estiagem quanto no período chuvoso. A análise de coeficiente de correlação detectou uma significância positiva entre a temperatura e a condutividade elétrica das águas. Em geral, quando a temperatura da água aumenta durante o período seco, ela desencadeia a taxa de evaporação e, como resultado, a condutividade elétrica aumenta.

O pH do açude Santa Cruz apresentou valor médio de 7,0 diferenciando dos outros açudes nordestinos, pois esses açudes, especialmente no período de estiagem apresentam os valores de pH geralmente superior a 8,0 (WRIGHT, 1937; MELO; CHACON, 1976).

O oxigênio dissolvido e o saturado são importantes na dinâmica e caracterização da comunidade fitoplanctônica. O oxigênio dissolvido do açude Santa Cruz apresentou valores baixos no período de estiagem, mas no período chuvoso esse valor dobrou. A análise de coeficiente de correlação detectou uma significância positiva entre a o oxigênio dissolvido e saturado com a cianofíceas. A solubilidade do oxigênio na água, como de todos os gases, depende de dois fatores, a pressão e a temperatura. Assim, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre redução da solubilidade do oxigênio na água no período de estiagem (ESTEVES, 1998).

A condutividade elétrica da água é a medida quantitativa de material sólido ionizado. Seus valores representam a carga mineral presente na água, a geologia local ou regional. As águas do açude Santa Cruz apresentaram tanto no período de estiagem quanto no período chuvoso valores altos de condutividade elétrica, possivelmente por razão de seus solos de argilas (BOTTEGA et al., 2015). O maior valor de condutividade elétrica foi encontrado no mês de janeiro durante o período de estiagem. A análise de coeficiente de correlação detectou uma significância positiva entre a condutividade elétrica e as espécies de clorofíceas. A condutividade elétrica de água é representada em sua maioria por sólidos dissolvidos em água, dos quais se destacam os compostos iônicos e compostos catiônicos. Os compostos iônicos são sólidos que se dissolvem em água (cloretos, sulfatos, nitratos e fosfatos) enquanto os compostos catiônicos possuem de sódio, magnésio, cálcio, ferro, alumínio e amônio. As espécies de clorofíceas tem uma assimilação preferencial por os compostos catiônicos. Portanto, as espécies de clorofíceas apresentaram uma correlação positiva com a condutividade elétrica.

As concentrações dos nutrientes, tais como, o amônio, nitrato, e ortofosfato das águas do açude Santa Cruz apresentaram bem baixas. Dentre as diferentes formas de nitrogênio, o nitrato juntamente com o íon amônio assume grande importância nos ecossistemas, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. O fitoplâncton assimilar o íon amônio e nitrato, uma vez que são muito importantes para os organismos produtores. Portanto, suas concentrações nas camadas onde se encontra o fitoplâncton, são geralmente muito baixas (ESTEVES, 1998). No período chuvoso o açude Santa Cruz apresentou dominância de cianofíceas, especialmente da espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, que também foi registrada para açude Campo Grande, localizada em São Paulo do Potengi, RN (MARINHO, 2000). O sucesso ecológico da espécie *C. raciborskii* está diretamente relacionado aos seguintes fatores: tolerância à

baixa temperatura, capacidade de fixar nitrogênio, alta capacidade de dispersão e na habilidade em utilizar fontes de fósforo (PADISÁK, 1997).

As concentrações de clorofila *a* e de feofitina são utilizados para avaliar o estado trófico da água. O açude Santa Cruz apresentou concentrações de clorofila *a* no período chuvoso (9,31 mgm<sup>-3</sup>) maior do que no período de estiagem (5,20 mgm<sup>-3</sup>). A feofitina apresentou valores baixos no período de estiagem e valores altos no período chuvoso. Fogg (1975) estudou o cultivo das algas e a ecologia do fitoplâncton e em uma das suas conclusões relata que o estado fisiológico de uma comunidade fitoplânctônica pode ser interpretado através de suas concentrações de clorofila *a* e a feofitina. Assim, as concentrações de clorofila *a* maiores que a feofitina representam uma comunidade de fitoplâncton de crescimento e fisiologicamente ativo, encontrando-se, portanto, na fase exponencial. No outro lado, as concentrações de feofitina maiores que a concentração de clorofila *a* indicam uma comunidade de fitoplâncton em fase de senescência e as concentrações similares destes pigmentos mostraram populações em fase estacionária. Portanto, o estado trófico do açude Santa Cruz pode ser classificado como oligotrófico.

## Conclusões

O açude Santa Cruz apresentou altos valores de temperatura e condutividade elétrica, tanto para o período de estiagem quanto no período chuvoso. O pH no período de estiagem foi alcalino e os nutrientes inorgânicos apresentaram concentrações baixas, durante o período de estudo. As concentrações de clorofila *a* apresentaram maior representatividade durante o período chuvoso do que no período seco. As espécies *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cianofíceas) e *Surirella ovalis* (Diatomáceas) foram presentes durante os meses de dezembro a agosto. As espécies *Clotarium elongatum*, *Crucigenia tetrapedia* e *Staurastrum punctatum* (Clorofíceas) foram abundantes durante o período de estiagem, enquanto que *Navicula cuspidata*, *Surirella ovalis* (Diatomáceas) e *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cianofíceas) foram abundantes durante o período de chuva. A comunidade fitoplanctônica apresentou maiores índices de riqueza, diversidade, dominância e similaridade, logo após de período chuvoso, no mês de maio, permitindo a coexistência das espécies. O estado trófico do açude Santa Cruz indicou o ambiente como oligotrófico, considerando o fósforo total, a clorofila *a* de fitoplâncton e a transparência da água.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq) pela concessão das bolsas. Ao Laboratório de Biotecnologia de Microalgas, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela colaboração especial nas análises das amostras e identificação do fitoplâncton.

## Referências Bibliográficas

- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). **Standard methods for examination of water and wastewater**. 16 ed. USA. 1527p. 1985.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinização das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal, limitação de uso**. Recife: CNPq, 127p. 1995.
- BAXTER, R. M. Environmental effects of dams and impoundments. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 8, p. 255 - 283, 1977.
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; SANTOS, N. T.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A.

- Correlação entre condutividade elétrica aparente e atributos químicos e físicos de um Latossolo. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 2, p. 134-142, 2015.
- BOUVY, M.; NASCIMENTO, S. M.; MOLICA, R. JR.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V.; AZEVEDO, S. M. F. O. Limnological features in Tapacura reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. **Hydrobiologia**, v. 439, p. 115-130, 2003.
- CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O.; PESSOA, E.K.R.; CHELLAPPA, S.; CHELLAPPA, N. T. Morphofunctional changes of phytoplankton during pluvial anomaly in a tropical reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. 628-637, 2015.
- CHELLAPPA, N. T. Phytoplankton species composition, chlorophyll biomass and primary productivity of the Jundiá Reservoir (northeastern Brazil) before and after eutrophication. **Acta Hydrobiologica**, v. 32, n. 1/2, p. 75-91, 1990.
- CHELLAPPA, N. T.; AMORIM, J. M. F.; BEZERRA, T. A.; OLIVEIRA, V. C.; ALENCAR, I. C. Studies on microalgae of Rio Grande do Norte, Brazil. A comparison of phytoplankton assemblages of oligotrophic and eutrophic lake. Nova Hedwigia Beihete, Stuttgart, Germany, v. 112, n.6, p. 513-524, 1996.
- CHELLAPPA, N. T.; BORBA, J. L. M.; OLIVEIRA, R.K.; LIMA, A.K.A. Diversidade, coexistência e dominância na comunidade fitoplanctônica da barragem Cruzeta, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5 (2), p. 126-128, 2007.
- CHELLAPPA, N. T.; BORBA, J. L. M.; ROCHA, O. Phytoplankton community structure and physical-chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 477-494, 2008.
- CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, T.; LIMA, A. K. A.; BORBA, J. L. M.; SOUZA, P. V.; CHELLAPPA, S. Ecology of the freshwater phytoplankton assemblages from a tropical reservoir of northeastern Brazil. **International Journal of Lakes and Rivers**, v. 1, n. 1, p. 61-73, 2006.
- CHELLAPPA, N. T.; COSTA, M. A. M. Dominant and co-existing species of Cyanobacteria from a semi-arid reservoir of Northeast Brazil. **Acta Oecologica**, vol. 24, no. 3, pp. S3-S10, 2003.
- COSTA, I. A. S.; AZEVEDO, S.M.F.O.; SENNA, P.A.C.; BERNARDO, R.R.; COSTA, S. M.; CHELLAPPA, N.T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, p. 211-219, 2006.
- DNOCS (DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA AS SECAS). Barragens do Nordeste do Brasil. 2ª ed. Fortaleza. 328p. 1990.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciências Ltda. 602 p. 1998.
- FOGG, G. E. **Algal cultures and phytoplankton ecology**. University Wisconsin Press, Madison. 175p. 1975.
- GIANI, A.; FIGUEREDO, C. C. Recorrência de padrões sazonais do fitoplâncton num reservatório eutrófico: reservatório da Pampulha (MG). In: Henry, R. **Ecologia de Reservatórios**. São Paulo: FAPESP, p. 531-550, 1999.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of Freshwaters**. IBP Handbook, Blackwell Scientific Publishing, Oxford. 215p. 1978.
- GURGEL, M. V. N. **Comunidade de Microalgas como bioindicadoras da qualidade da água no Município de Pureza, RN**. 2004. 161 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, 2004.
- JETZ, W.; McPHERSON, J. M.; GURALNICK, R. P. Integrating biodiversity distribution knowledge: Towards a global map of life. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 27, n. 3, p. 151-159, 2012.
- KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. New York: Harper Collins Publishers, p. 654. 1989.
- LUDWIG, A.; REYNOLDS, F. **Statistical Ecology: A primer on methods and computing**. New York, John Wiley and Sons, p. 337. 1988.
- MARINHO, I. R. Dinâmica ecológica do fitoplâncton em relação aos fatores ambientais da Barragem Campo Grande (São Paulo do Potengi, RN). 2000. 114 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, 2000.
- MARKER, A. F. H.; NUSCH, E. A.; RAI, H.; RIEMANN, B. The measurements of photosynthetic pigments in freshwater and standardization of methods: conclusions and recommendations. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 14, p. 91-106, 1980.
- MELO, H. A. R.; CHACON, J. O. **Exame Biológico Pesqueiro do Açude Público "Soledade" (Soledade, Pb)**. DNOCS, Fortaleza, v. 34, p. 3-26, 1976.
- MOSS, B. **Ecology of Freshwater**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, London, 322p. 1980.
- PADISÁK, J. *Cylindrospermopsis raciborskii* (*Woloszynnska*) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: wordwide distribution and review of its ecology. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 4, n. 107, p. 563 - 593, 1997.
- PIELOU, E. C. **Mathematical Ecology**. Akademie-Verlag, Berlin, p. 181. 1989.
- SCHIEFFER, M. **Ecology of shallow lakes**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 357p. 2004.
- SHANNON, C.E.; WEAVER W., 1949. **The Mathematic Theory of Communication**. University of Illinois Press, Urbana. 117 p.
- WETZEL, R. G.; LIKENS, G.E. **Limnological Analyses**. Springer Science Business Media: USA. 429p. 2000.
- WRIGHT, S. Chemical conditions in some waters of northeast Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 9, n. 4, p. 278-306, 1937.