

**Dominância de Cianobactérias na composição do Fitoplâncton em Reservatório de  
abastecimento no Semiárido Cearense**

**Dominance of cyanobacteria in the composition of phytoplankton in a supply reservoir  
in the semiarid region of Ceará**

**Dominio de cianobacterias en la composición del fitoplancton en un reservorio de  
abastecimiento en la región semiárida de Ceará**

Recebido: 20/10/2020 | Revisado: 27/10/2020 | Aceito: 30/10/2020 | Publicado: 30/10/2020

**Rosimara de Sales Vieira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4629-7087>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: [rosimara.d31@gmail.com](mailto:rosimara.d31@gmail.com)

**Elaine Cristina Conceição de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2593-4390>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: [elainecryca@hotmail.com](mailto:elainecryca@hotmail.com)

**Elizângela Maria Ferreira Ricarte**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2010-9981>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: [elizsalvatore10@gmail.com](mailto:elizsalvatore10@gmail.com)

**Joice Layanne Guimarães Rodrigues**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0683-5602>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: [joicelayanne17@gmail.com](mailto:joicelayanne17@gmail.com)

**Diane Sales Vieira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3228-0791>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: [dianesales.enf@hotmail.com](mailto:dianesales.enf@hotmail.com)

**Samara Alves de Alencar**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5217-5900>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: [samaraalencar05@hotmail.com](mailto:samaraalencar05@hotmail.com)

**Raimundo Nonato Pereira Teixeira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2931-5087>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: [raimundo.teixeira@urca.br](mailto:raimundo.teixeira@urca.br)

**Sírleis Rodrigues Lacerda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1358-2420>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: [sirleisrl@gmail.com](mailto:sirleisrl@gmail.com)

## **Resumo**

Entre os organismos aquáticos as microalgas merecem destaque, porque respondem prontamente às alterações dos corpos de água. O presente estudo objetivou conhecer a estrutura da comunidade fitoplanctônica no reservatório Canoas, Ceará, Brasil, analisando sua relação com os fatores ambientais, em diferentes períodos (seco e chuvoso). As amostras foram coletadas mensalmente em três pontos amostrais. As amostras para análise físico-químicas foram obtidas com auxílio de uma garrafa coletora do tipo Van Dorn de 3,5 litros. Para a quantificação do fitoplâncton, as amostras foram coletadas da subsuperfície, fixadas com lugol, analisadas e contadas segundo o método de Utermöhl, utilizando-se microscópio invertido ZeissAxiovert. Foram determinadas as densidades, espécies dominantes e abundantes, índice de diversidade e equitabilidade. Para testar a significância entre as densidades do fitoplâncton e as variáveis ambientais utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk e a correlação de Pearson. As Cyanophyceae apresentaram as maiores densidades, em especial as espécies de *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Pseudanabaena catenata*, nos dois períodos. Entre os táxons, apenas duas espécies foram consideradas dominantes e cinco abundantes. A comunidade fitoplanctônica revelou uma diversidade específica considerada baixa e a equitabilidade apresentou uma distribuição não uniforme (66,6%), confirmando o domínio de poucas espécies. Algumas variáveis físico-químicas influenciaram a estrutura da comunidade fitoplanctônica, foi observada correlação significativa ( $p < 0,05$ ). As maiores densidades observadas de Cyanobacteria alertam possíveis riscos à saúde pública, visto que esse reservatório é utilizado para o abastecimento público, sendo relevante o monitoramento para prevenir e minimizar possíveis transtornos que possam ocorrer pela presença da grande concentração desses organismos na água.

**Palavras-chave:** Fitoplâncton; Cyanophyceae; Abastecimento público; Qualidade da água.

## Abstract

Among aquatic organisms, microalgae deserve to be highlighted because they respond promptly to changes in water bodies. The present study aimed to understand the structure of the phytoplankton community in the Canoas reservoir, Ceará, Brazil, analyzing its relationship with environmental factors, in different periods (dry and rainy). Samples were collected monthly at three sampling points. The samples for analysis of the physical-chemical were obtained with the aid of a collection bottle of the Van Dorn type of 3.5 liters. For the quantification of phytoplankton, the samples were collected from the subsurface, fixed with lugol, analyzed and counted according to the Utermöhl method, using an inverted ZeissAxiovert microscope. Densities, dominant and abundant species, diversity index and equitability were determined. To test the significance between phytoplankton densities and environmental variables, the Shapiro-Wilk test and Pearson's correlation were used. Cyanophyceae showed the highest densities, especially the species of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Pseudanabaena catenata*, in both periods. Among the taxa, only two species were considered dominant and five were abundant. The phytoplankton community revealed a specific diversity considered low and the equitability showed a non-uniform distribution (66.6%), confirming the domain of few species. Some physical-chemical variables influenced the structure of the phytoplankton community, a significant correlation was observed ( $p < 0.05$ ). The higher densities observed for Cyanobacteria alert to possible public health risks, since this reservoir is used for public supply, and monitoring is relevant to prevent and minimize possible disorders that may occur due to the presence of a high concentration of these organisms in the water.

**Keywords:** Phytoplankton; Cyanophyceae; Public supply; Water quality.

## Resumen

Entre los organismos acuáticos, las microalgas merecen ser destacadas porque responden rápidamente a los cambios en los cuerpos de agua. El presente estudio tuvo como objetivo comprender la estructura de la comunidad de fitoplancton en el embalse de Canoas, Ceará, Brasil, analizando su relación con factores ambientales, en diferentes períodos (seco y lluvioso). Las muestras se recolectaron mensualmente en tres puntos de muestreo. Las muestras para análisis físico-químicas se obtuvieron con la ayuda de una botella recolectora del tipo Van Dorn de 3,5 litros. Para la cuantificación del fitoplancton, las muestras se recolectaron del subsuelo, se fijaron con lugol, se analizaron y se contaron según el método Utermöhl, utilizando un microscopio ZeissAxiovert invertido. Se determinaron las

densidades, especies dominantes y abundantes, índice de diversidad y equidad. Para probar la significancia entre las densidades de fitoplancton y las variables ambientales, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk y la correlación de Pearson. Cyanophyceae mostró las densidades más altas, especialmente las especies de *Cylindrospermopsis raciborskii* y *Pseudanabaena catenata*, en ambos períodos. Entre los taxones, solo dos especies se consideraron dominantes y cinco eran abundantes. La comunidad de fitoplancton reveló una diversidad específica considerada baja y la equidad mostró una distribución no uniforme (66,6%), confirmando el dominio de pocas especies. Algunas variables físico-químicas influyeron en la estructura de la comunidad de fitoplancton, se observó una correlación significativa ( $p < 0.05$ ). Las mayores densidades observadas para Cianobacterias alertan sobre posibles riesgos para la salud pública, ya que este reservorio se utiliza para suministro público, y el monitoreo es relevante para prevenir y minimizar posibles desórdenes que puedan ocurrir por la presencia de una alta concentración de estos organismos en el agua.

**Palabras clave:** Fitoplancton; Cyanophyceae; Abastecimiento público; Calidad del agua.

## 1. Introdução

No Brasil a problemática da falta de água em termos de qualidade e quantidade é algo bem notável, sendo que, esse país ainda tem que lidar com a sua má distribuição e eutrofização dos ambientes aquáticos. Devido ao aumento populacional e produção agrícola e industrial, há uma maior incidência da descarga de poluentes nos efluentes, como nitrogênio e fósforo, tornando-os cada vez mais eutrofizados (Tundisi, 2008). Para Ribeiro et al. (2020), a determinação do índice de estado trófico do ambiente tem relação direta com o uso e ocupação do solo próximo aos pontos de coleta, onde há interferência urbana.

Os reservatórios são considerados lagos artificiais, bem como, as barragens ou represas porque se formam a partir de uma barreira construída no curso de um rio para reter a água, com o intuito de produzir energia; abastecimento de cidades, de indústrias e para a irrigação, dentre outros. Ultimamente, houve uma diversificação na utilização desses reservatórios, com isso, ampliou-se a importância econômica e social desses ambientes e, dessa forma, produzindo impactos e influenciando na composição e estrutura de comunidades biológicas (Tundisi, Matsumura-Tundisi, & Rocha, 2006; Esteves, 2011).

A perda da qualidade de água nesses ecossistemas pode ocasionar prejuízos no abastecimento público. Portanto, uma das maneiras de avaliar os impactos em reservatório consiste na implementação de ações integradas que reúnam informações de seus constituintes

físicos, químicos e biológicos. Em termos de componentes biológicos, o conhecimento da estrutura da flora planctônica é relevante, pois essa comunidade desempenha importante papel como produtor primário, a sua produção é rapidamente transferida para os níveis tróficos seguintes, além desses organismos exercerem uma importante função na interação entre os diversos componentes do sistema. (Costa et al. 2010)

Dessa forma, o estudo da composição taxonômica da comunidade fitoplanctônica é amplamente utilizada na avaliação da qualidade do ambiente e inferir as possíveis causas de danos ecológicos (Gentil, Tucci, & Sant'anna, 2008). Isso porque os grupos de microalgas são controlados por muitos fatores ambientais, bióticos e abióticos, os quais podem, por sua vez, ser afetados por vários tipos de poluentes, produzindo alterações na estrutura e no funcionamento da comunidade. (Vidotti & Rollemberg, 2004)

As cianobactérias são representadas por um grupo de organismos que têm grande importância para o meio ambiente e também para a saúde pública, por serem capazes de produzir toxinas. (Sant'anna et al. 2008)

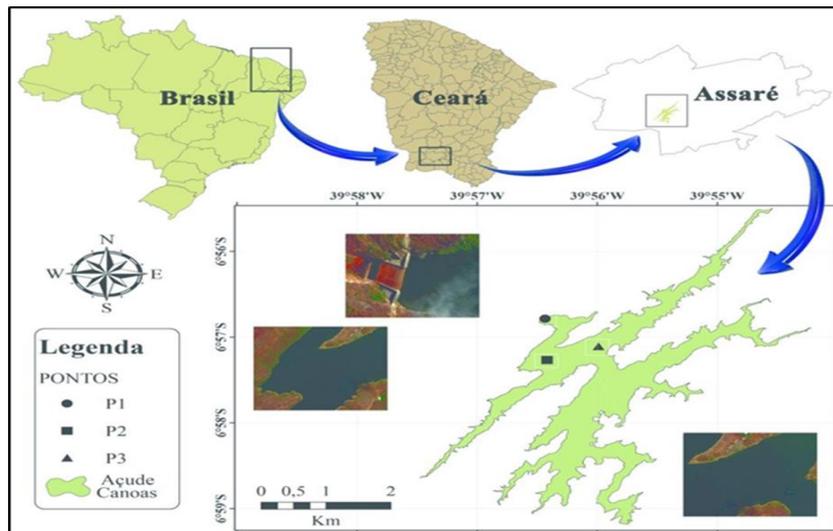
Devido à importância de conservação de ambientes com água de boa qualidade, e à relevância que as comunidades aquáticas, como a fitoplanctônica, possuem nesse contexto, trabalhos como esses são imprescindíveis ao manejo adequado destes recursos. Com isso, o presente estudo objetivou conhecer a estrutura da comunidade fitoplanctônica no reservatório Canoas, Ceará, Brasil, analisando sua relação com os fatores ambientais.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Área de Estudo**

O reservatório Canoas (6°52'28"S, 9°52'30"W) localiza-se no município de Assaré, sul do Estado do Ceará (Figura 1), distante 473,9 km de Fortaleza de acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2016). É utilizado para abastecimento público e foi construído em 1999, com intuito de resolver o problema de falta de água na região, estando inserido na Sub-Bacia do Alto Jaguaribe, onde apresenta uma capacidade hídrica de 69.250.000 m<sup>3</sup>, possui uma vazão regularizada de 0,800 m<sup>3</sup>/s e altura máxima de 50 m conforme Secretária de Recursos Hídricos (SRH) (2015).

**Figura 1.** Localização do Reservatório Canoas, Assaré (CE).



Fonte: Autores (2019).

## 2.2 Coleta e tratamento das amostras

Todas as amostras foram coletadas mensalmente no período de outubro de 2016 a maio de 2017. As amostras de água para análises físico-químicas foram coletadas com auxílio de uma garrafa coletora do tipo Van Dorn, com capacidade de 3,5 litros. Para esse estudo, foram obtidas de forma direta e *in situ* partir de três pontos previamente estabelecidos (P1, P2 e P3), as seguintes variáveis com indicação dos respectivos equipamentos utilizados: temperatura da água (TAG) – sensor térmico do oxímetro HANNA HI 9146; temperatura do ar (TAR) – termo-higrômetro digital INCOTERM; potencial hidrogeniônico (pH) – pHgâmetro digital portátil HANNA HI 8424; condutividade elétrica (CEL) – Condutivímetro HANNA HI 99300; transparência (TRA) – Disco de Secchi; oxigênio dissolvido (OD) – Sensor térmico do oxímetro HANNA HI 9146; sólidos totais dissolvidos (STD) – medidor de teor de sólidos dissolvidos HANNA HI 99300.

Para análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica foram coletados 500 ml de água diretamente da subsuperfície do reservatório (aproximadamente 20 cm de profundidade) e em seguida as amostras foram fixadas com solução de lugol acético na proporção de 1:100. Para densidade do fitoplâncton as amostras foram homogeneizadas e colocadas para sedimentar em câmaras de 2 mL, durante 6 horas.

A contagem do fitoplâncton foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Utermöhl (1958), em microscópio invertido Zeiss Axiovert 25, com o auxílio do retículo de Whipple com régua micrométrica calibrada. O tempo de sedimentação das amostras foi de

três horas para cada centímetro de altura da câmara, segundo o critério de Lund, kipling, e Lecren (1958). A contagem dos indivíduos foi realizada em campos ou transectos horizontais e/ou verticais, garantindo dessa forma a precisão dos resultados. E o limite da contagem, ou seja, o número mínimo de campos contados por câmara de sedimentação foi determinado por meio de dois critérios: a) gráfico de estabilização do número de espécies, obtido a partir de espécies novas adicionadas com o número de campos contados e b) as espécies mais abundantes, obtidas pela contagem de até 100 indivíduos da espécie mais comum. Os resultados foram expressos em densidade ( $\text{org.mL}^{-1}$ ) e calculados de acordo com a fórmula descrita em Weber (1973):  $\text{Organismos.mL}^{-1} = (n/sc).(1/h). (F)$ .

Os valores de densidade de Cyanobacteria foram comparados aos padrões propostos na resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N° 357, de 17 de março de 2005, para classificação de águas doces classe 2, que se destina ao abastecimento público e recreação. O potencial de risco à saúde dos seres vivos, relacionado aos valores de densidade das Cyanobacteria no Reservatório Canoas, foi avaliado assumindo-se os níveis de alerta estabelecidos pela portaria N° 518/2004, do Ministério da Saúde e pelo guia da Organização Mundial de Saúde (OMS) (2004).

A partir dos resultados de Densidade Total ( $\text{org.mL}^{-1}$ ) da comunidade fitoplanctônica foram calculadas as demais propriedades referentes à estrutura da comunidade. Foram determinadas as espécies dominantes e abundantes segundo as recomendações de Lobo e Leighton (1986); A diversidade ( $H'$ ) pelo índice de Shannon e Wiener (1963); O índice de equitabilidade de acordo com Lloyd e Ghelardi (1964).

Para a análise estatística, os dados foram organizados em planilhas e os testes realizados com software R Cran Project 3.3.4 (2018), usando o pacote vegan (Oksanen et al., 2019). A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk ( $p = 0,05$ ), e as relações entre as variáveis físico-químicas e a densidade fitoplanctônica, pela correlação de Pearson (Zar, 1984).

### **3. Resultados**

#### **3.1 Avaliação dos dados abióticos**

A Tabela 1 apresenta os valores referentes aos parâmetros abióticos no reservatório com base nas variáveis ambientais das campanhas mensais.

**Tabela 1.** Valores das variáveis ambientais dos três pontos (P1, P2 e P3) das campanhas mensais 2016 e 2017 do Reservatório Canoas/ Assaré- CE. Temperatura da água – TAG (° C), temperatura do ar – TAR (° C), potencial hidrogeniônico – pH, condutividade elétrica – CEL ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ ), transparência – TRA, oxigênio dissolvido – OD (mg/L) e sólidos totais dissolvido – STD (mg.L<sup>-1</sup>).

MÊS	PON	TAG	TAR	pH	CEL	TRA	OD	STD
Out/16	P1	29,7	31,5	8,91	725	81,0	6,90	363
	P2	30,2	31,5	7,70	725	78,3	7,41	363
	P3	29,5	31,2	8,06	722	78,3	10,41	361
Nov/16	P1	26,8	28,2	8,60	740	70,2	9,78	370
	P2	26,6	29,0	7,68	706	72,9	6,75	353
	P3	26,5	29,0	8,85	746	62,1	7,14	373
Dez/16	P1	29,1	31,0	8,43	777	75,6	9,34	388
	P2	28,6	31,0	8,07	776	70,2	7,29	388
	P3	29,3	30,0	7,94	780	75,6	7,18	387
Jan/17	P1	31,8	30,3	8,00	763	62,1	9,29	381
	P2	29,8	30,8	9,20	760	67,5	7,51	380
	P3	29,3	30,3	9,77	740	62,1	6,30	370
Fev/17	P1	30,0	27,3	8,21	709	67,5	10,13	356
	P2	29,1	26,8	8,88	718	70,2	9,73	359
	P3	28,8	27,2	10,63	714	67,5	8,92	358
Mar/17	P1	31,4	28,4	9,65	684	67,5	10,54	343
	P2	30,3	27,4	9,65	679	89,1	9,61	340
	P3	29,5	28,6	10,52	682	86,4	7,03	342
Abr/17	P1	30,3	30,0	8,36	658	70,2	10,43	329
	P2	29,5	30,4	8,01	671	67,5	9,87	335
	P3	29,9	31,3	8,56	633	67,5	9,91	315
Mai/17	P1	28,8	28,8	7,90	700	72,9	8,83	353
	P2	27,4	27,8	7,54	702	72,9	9,41	354
	P3	27,4	26,8	7,43	709	75,6	9,66	355

Fonte: Autores.

A temperatura da água apresentou-se com mínima de 26,5 °C no ponto P3 em novembro de 2016 e com máxima de 31,8 °C em P1 no mês de janeiro de 2017. A temperatura do ar foi superior a da água na maioria dos pontos e meses observados, apresentando uma mínima de 26,8 °C em dois pontos de 2 meses distintos (no P2 para fevereiro, e no P3 para maio de 2017), sendo a máxima 31,5 °C em outubro de 2016, nos pontos P1 e P2.

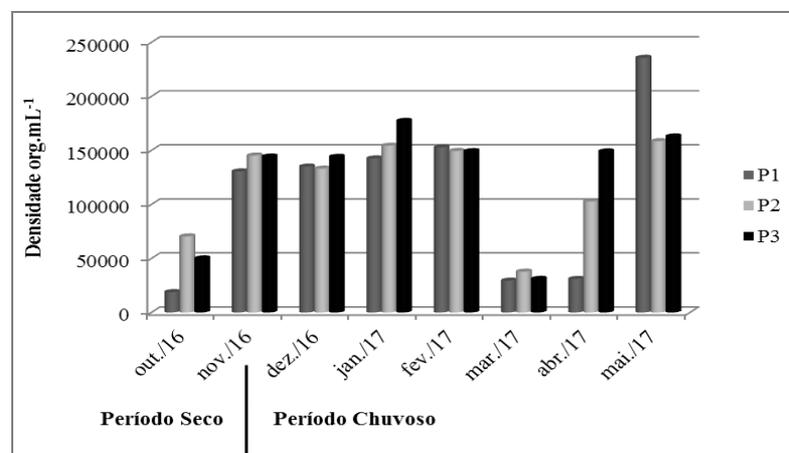
Em relação ao pH, este variou de 7,43 no ponto P3 em maio de 2017 a 10,63 também em P3, no mês de fevereiro do mesmo ano. Já a análise da condutividade elétrica, P3 no mês de abril de 2017, teve o seu menor valor registrado ( $633 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ), sendo neste mesmo ponto, em dezembro de 2016, que também se verificou o maior valor ( $780 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ). Quanto à transparência da água, esta apresentou menores valores no período chuvoso (com exceção para março/2017), e maiores valores para o período seco.

Um dos fatores físico-químicos que variou bastante foi o oxigênio dissolvido, de 6,30 mg.L<sup>-1</sup> em janeiro no ponto P3 a 10,54 mg.L<sup>-1</sup> em março no ponto P1. Conforme observado para a presente pesquisa, maiores valores de oxigênio dissolvido foram verificados no período chuvoso. E os sólidos totais dissolvidos, apresentaram uma variação muito similar ao da condutividade elétrica, sendo o menor valor, 315 mg.L<sup>-1</sup> (no P3 em abril de 2017), e o maior, 388 mg.L<sup>-1</sup> em dois pontos P1 e P2 em dezembro de 2016.

### 3.2 Densidade total dos organismos (org.mL<sup>-1</sup>)

A densidade total do fitoplâncton, variou de 18.830 org.mL<sup>-1</sup> (out./16, período seco) a 235.704 org.mL<sup>-1</sup> (mai./17, chuvoso) no P1, de 37.783 org.mL<sup>-1</sup> (mar./17, chuvoso) a 158.590 org.mL<sup>-1</sup> (mai./17, chuvoso) no P2, e no P3 registrou valores de 31.098 org.mL<sup>-1</sup> (mar./17, chuvoso) a 177.280 org.mL<sup>-1</sup> (jan./17, chuvoso), portanto, apresentando variação, com maiores valores no P1 (Figura 2).

**Figura 2.** Variação sazonal nos valores de densidade total de organismos fitoplantônicos (org.mL<sup>-1</sup>) no Reservatório Canoas, Assaré- CE, de outubro de 2016 a maio de 2017.



Fonte: Autores.

No P1 no mês de maio de 2016 (chuvoso) houve um pico na densidade (235.704 org.mL<sup>-1</sup>) em relação aos demais pontos, isto se justifica pelo grande acréscimo da densidade de *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya e SubbaRaju que contribuiu com 43,2% da densidade total (101.895 org.mL<sup>-1</sup>) e de *Pseudanabaena catenata* Lauterborn que contribuiu com 17,6% (41.614 org.mL<sup>-1</sup>). Com isso, a classe com maior contribuição para a densidade total, considerando os três pontos e os dois períodos (seco e chuvoso) foi

Cyanophyceae, apresentando grande participação na estrutura da comunidade, seguida de Chlorophyceae.

Durante o período seco, Cyanophyceae contribuiu com 97% da densidade total ( $546.292 \text{ org.mL}^{-1}$ ) e no chuvoso com 98% ( $2.235.720 \text{ org.mL}^{-1}$ ). E Chlorophyceae com 2% e 1,15%, nos períodos seco e chuvoso ( $10.973 \text{ org.mL}^{-1}$  e  $24.104 \text{ org.mL}^{-1}$ , respectivamente).

### **3.3 Ocorrência e Densidade de Cianobactérias ( $\text{org.mL}^{-1}$ )**

A riqueza de espécies de Cyanobacteria no Reservatório Canoas mostrou-se constituída por 13 táxons, dentre os quais, dois apresentaram ocorrência em todo o período de amostragem, com presença registrada em todos os pontos de estudo, sendo estes: *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Pseudanabaena catenata* (Tabela 2).

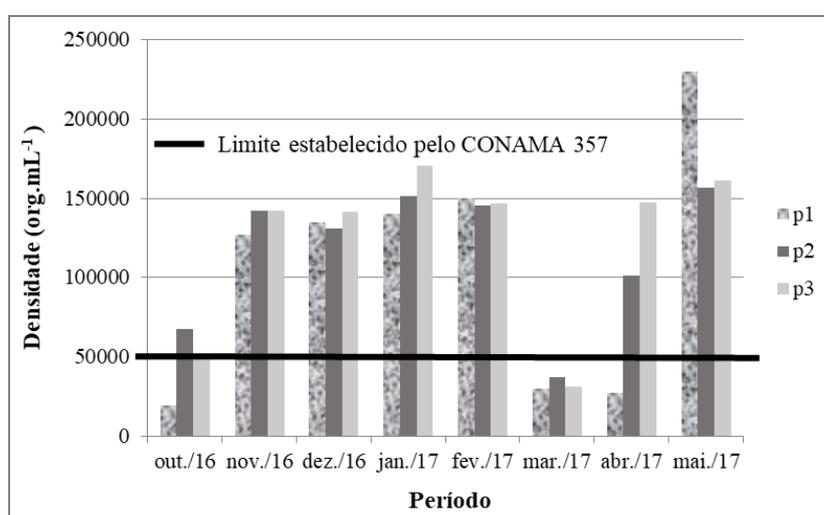
**Tabela 2** – Ocorrência das espécies de Cyanobacteria por pontos de estudo e expressa em termos de porcentagem (%), de acordo com o período de amostragem. Indicação de presença (x); indicação de ausência (-). Categorias de classificação: Muito Frequente (MF), Frequente (F), Pouco Frequente (F) e Esporádica (E). \*: táxons exclusivos do período de chuva, \*\*: táxons exclusivos da seca).

	Meses de Amostragem																								(%)	F.O.
	Out/16			Nov/16			Dez/16			Jan/17			Fev/17			Mar/17			Abr/17			Mai/17				
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3		
<b>CYANOBACTERIA</b>																										
<i>Anabaena spiroides</i>	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	96	MF
<i>Aphanocapsa annulata*</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	PF
<i>Aphanocapsa delicatissima**</i>	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	E
<i>Chroococcus turgidus</i>	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	96	MF
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	MF
<i>Komvophoron crassum</i>	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	79	MF
<i>Merismopedia tenuissima</i>	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	x	x	x	x	79	MF
<i>Microcystis protocystis**</i>	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	E
<i>Microcystis sp.**</i>	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	E
<i>Phormidium puteale**</i>	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	E
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	-	x	x	x	x	x	88	MF
<i>Planktothrix isothrix*</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	-	-	21	PF
<i>Pseudanabaena catenata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	MF

Fonte: Autores.

A densidade de células de cianobactérias variou entre 18.626 org.mL<sup>-1</sup> (out./16) e 230.120 org.mL<sup>-1</sup> (mai./17), ambos os valores registrados no P1. Sendo que, para os três pontos, a maioria dos meses apresentaram valores acima do valor máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357 (2005), que permite 50.000 org.mL<sup>-1</sup> para água doce de classe 2, compreendendo 75% dos pontos estudados mensalmente durante os dois períodos, já para out./16 (P1 e P2), mar./17 nos três pontos, e abr./17 (P1), os valores se encontraram dentro do limite permitido (Figura 3).

**Figura 3.** Densidade de Cianobactérias (org.mL<sup>-1</sup>) nos pontos de amostragem no reservatório Canoas, Assaré-CE, no período de outubro de 2016 a maio de 2017.



Fonte: Autores (2019).

Florações mistas de Cyanophyceae estiveram presentes no reservatório, compostas principalmente por *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya e SubbaRaju (1.796.062 cel.mL<sup>-1</sup>), *Pseudanabaena catenata* Lauterborn (325.576 cel.mL<sup>-1</sup>), *Komvophoron crassum* (vozzhennikova) Anagnostidis e Komárek (263.661 cel.mL<sup>-1</sup>) e *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová e Cronberg (217.922 cel.mL<sup>-1</sup>). A espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* prevaleceu entre as demais nos períodos seco e chuvoso.

As Cianobactérias representam o grupo mais importante em termos de interesse sanitário, pois apresentam gêneros potencialmente tóxicos, tais como: *Microcystis*, *Planktothrix*, *Cylindrospermopsis*, *Synechocystis*, *Geitlerinema*, *Aphanocapsa*, *Coelosphaerium*, os quais, em sua maioria, foram detectados em baixas densidades na presente pesquisa, porém, o gênero *Cylindrospermopsis* esteve representado pela espécie de maior contribuição na densidade, formando florações, e portanto, apresentam-se como dominante

durante o período de estudo.

Quanto à dominância foram considerados dominantes apenas dois táxons de Cyanobacteria: *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Pseudanabaena catenata*, as quais foram as que mais contribuíram com os picos de densidade.

*Cylindrospermopsis raciborskii* foi dominante nos três pontos amostrais, em P1 em todos os meses (de out./16 a mai./17), exceto dez./16, abr./17 e mai./17 (compreendendo os períodos seco e chuvoso). Em P2, foi a única espécie dominante para todos os meses, com exceção para o mês de abril. No P3, esta espécie também foi a única dominante durante todos os meses de amostragem, com exceção apenas do mês de abr./17. Já *Pseudanabaena catenata* foi dominante apenas em P1, no mês de dez./16 (período chuvoso), porém durante todo o restante do período amostral e para todos os pontos, foi abundante.

As espécies abundantes, cuja ocorrência foi superior ao valor médio de organismos da amostra, foram em número de cinco, predominando as pertencentes às seguintes classes: Cyanophyceae (quatro spp.) e Bacillariophyceae (uma sp.). Sendo elas: *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli, *Komvophon crassum*, *Pseudanabaena catenata* e *Planktolyngbya limnetica* (Cyanophyceae) e *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith (Bacillariophyceae), no entanto, esta última só foi abundante no P1, em abr./17.

Os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram pequenas variações entre os pontos durante o período de estudo (Tabela 3). E os valores do índice de diversidade, nos três pontos, variaram entre 1,18 bits.Cel<sup>-1</sup> no período chuvoso e 2,37 bits.Cel<sup>-1</sup> no período seco, sendo que ambos os valores mencionados, mínimo e máximo, foram registrados no mesmo ponto, P1, nos meses de março e maio/17, respectivamente.

**Tabela 3.** Valores dos índices de diversidade ( $H'$ ) e equitabilidade ( $J'$ ) nos pontos estudados no Reservatório Canoas, CE, no período de outubro de 2016 a maio de 2017.

Meses	$H'$ (bits.ind <sup>-1</sup> )			Equitabilidade $J'$		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Outubro/16	1,20	1,35	1,48	0,36	0,33	0,44
Novembro/16	1,71	1,63	1,59	0,45	0,45	0,46
Dezembro/16	1,24	1,58	1,64	0,48	0,41	0,43
Janeiro/17	1,59	1,77	2,07	0,42	0,43	0,52
Fevereiro/17	1,78	1,85	1,73	0,43	0,45	0,43
Março/17	1,18	1,82	1,60	0,39	0,61	0,57
Abril/17	1,86	2,29	2,35	0,50	0,66	0,59
Maió/17	2,37	1,68	1,73	0,59	0,55	0,44

Fonte: Autores (2019).

De forma geral, a maioria dos pontos estudados apresentaram baixa diversidade fitoplanctônica. Com exceção das seguintes amostragens: P1 (maio/17), P2 e P3 (abril/17) que apresentaram uma média diversidade. E tais dados demonstram uma estrutura da comunidade em que 87,5% das amostragens apresentam baixa diversidade, e apenas 12,5%, média diversidade. Tanto no período seco, quanto no chuvoso, prevaleceu a baixa diversidade.

O índice de equitabilidade não apresentou variação expressiva, com o menor valor (0,33) sendo obtido para a comunidade fitoplanctônica no P2, no período seco (em out./16), e o maior valor (0,66) no mesmo ponto (em abr./17), período chuvoso.

Em relação à equitabilidade, a comunidade fitoplanctônica apresentou em 33,4% das amostras, distribuição uniforme durante o período de estudo, indicando uma melhor distribuição dos indivíduos entre as espécies, e distribuição não uniforme em 66,6%, onde os valores estiveram abaixo de 0,50, confirmando o domínio de poucas espécies.

#### 4. Discussão

As propriedades físicas e químicas da água são elementos essenciais a serem considerados para avaliar a qualidade de um sistema, onde influenciam diretamente a composição e distribuição da comunidade fitoplanctônica (Sant'anna, Gentil & Silva, 2006).

A temperatura da água apresentou mínima de 26,5 °C e máxima de 31,8 °C, resultados semelhantes ao da presente pesquisa também foram verificados por Chellappa et al. (2007),

no Rio Grande do Norte, com maiores valores de temperatura no período chuvoso. Já a temperatura do ar foi superior a da água na maioria dos pontos e meses observados, tais valores não apresentaram grandes variações, corroborando com Nascimento (2010), que teve seu estudo em um reservatório eutrófico no estado de Pernambuco, semiárido nordestino.

O potencial hidrogeniônico no ambiente de estudo conforme observado apresentou valores acima do recomendado pela Resolução (CONAMA 357), que é de 6,0 a 9,0 nos meses de janeiro, fevereiro e março/2017, variando de neutroalcalino a alcalino, corrobora com os trabalhos de (Carlos, 2013; Lira et al. (2014), em reservatórios eutróficos dos Estados da Paraíba e Pernambuco respectivamente, e Câmara et al. (2015) no Estado do Rio Grande do Norte.

Segundo Esteves (2011) as algas podem elevar o pH do meio através da assimilação do CO<sub>2</sub> durante o processo fotossintético especialmente onde ocorrem florações. E de acordo com Braga, et al. (2005), esse parâmetro é importante porque muitas reações químicas que ocorrem no meio são bastante afetadas pelo seu valor e os sistemas biológicos também são muito sensíveis, sendo que, usualmente, o meio aquático deve ter pH entre 6,5 e 8,5 para que os organismos não sofram grandes danos.

No entanto, não se pode desconsiderar que flutuações das variáveis limnológicas em reservatórios da região semiárida se dão devido a um conjunto de fatores. Dentre estes, faz-se importante destacar que a sub-bacia do Alto Jaguaribe, na qual está inserido o reservatório desse estudo, é constituída de rochas cuja composição é representada, dentre outros elementos, por metacalcários (CEARÁ, 2009). Estes, por sua vez, liberam carbonatos e contribuem para uma condição alcalina do meio (Ferreira, 2014).

De acordo com dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB], (2009), para a condutividade elétrica o limite máximo estabelecido é de 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , sendo que durante todas as campanhas, esta variável apresentou valores seis a sete vezes maior que o permitido. Para Bouvy et al. (2003), altos valores de condutividade elétrica condicionam um aumento na biomassa fitoplanctônica em reservatórios, criando condições favoráveis ao desenvolvimento de cianobactérias.

Almeida, Melão e Moura (2012), Carlos (2013) e Medeiros (2013) verificaram maiores valores de condutividade elétrica para o período seco em reservatórios de Pernambuco, da Paraíba e do Rio Grande do Norte (eutróficos). Na presente pesquisa houve também uma redução dos valores de condutividade elétrica no período chuvoso, com exceção apenas do mês de janeiro.

Em relação à transparência da água, Cunha (2013) no Reservatório de Tucuruí - PA e Mallasen et al. (2012) no reservatório de Ilha Solteira – SP, associaram a maior transparência da água com a menor quantidade de chuvas, o que diminuiu o transporte de material alóctone via escoamento para o reservatório. Para Esteves (2011), os valores da transparência da água são muito importantes para a distribuição do fitoplâncton, pois, é na zona eufótica que essa comunidade encontra as melhores condições de luminosidade para o seu metabolismo.

Conforme observado para a presente pesquisa, maiores valores de oxigênio dissolvido foram verificados no período chuvoso, corroborando com Nascimento (2010), Lira et al. (2014) que também registraram maiores valores de oxigênio no período chuvoso em reservatórios eutróficos de Pernambuco.

De acordo com a resolução ambiental vigente n. 357 do CONAMA (2005), os valores de oxigênio dissolvido devem ser superiores a  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ . Com base nisso, os valores para o Reservatório Canoas estiveram dentro da normalidade para os períodos seco e chuvoso.

Dentre os valores registrados nas campanhas realizadas para os sólidos totais dissolvidos, estes encontraram-se abaixo do permitido pela Resolução 357 do CONAMA (2005), que é até  $500 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Tendo como base as recomendações da referida resolução, os dados registrados nas campanhas da presente pesquisa para alguns parâmetros, apresentaram valores dentro dos permitidos, que são: até  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  para Sólidos Totais Dissolvidos;  $> 5,0 \text{ mg/L}$  para o oxigênio dissolvido. Porém, outros parâmetros apresentaram valores acima dos permitidos como, a condutividade elétrica onde o limite máximo estabelecido de acordo com a CETESB (2009), é de  $100 \mu\text{S/cm}^1$  e o pH que é de 6,0 a 9,0, segundo Resolução 357/ CONAMA (2005).

Em relação a densidade dos organismos, ocorreu um pico no período chuvoso caracterizando uma floração. Segundo Sant'Anna et al. (2006), florações são definidas em termos de concentrações de células, sendo que valores  $\geq 20.000 \text{ céls. mL}^{-1}$  representam uma floração. Isso ocorre porque em ambientes enriquecidos por nutrientes, de acordo com CETESB (2013), há o decréscimo da diversidade de espécies das diferentes comunidades e aumento da incidência de cianobactérias, ocasionando tais florações.

De acordo com Aragão (2011), a região Nordeste possui características propícias à ocorrência de florações de cianobactérias, pois apresenta clima sempre quente, reservatórios com níveis de água baixos, devido aos longos períodos de seca, ausência de saneamento, dentre outros fatores que contribuem para aumento exagerado da biomassa destes organismos.

*Cylindrospermopsis raciborskii* e *Pseudanabaena catenata* tiveram presentes nos três pontos amostrais e apresentaram dominância durante todo período de estudo, sendo os táxons mais representativos e com elevada densidade. Segundo Franceschini et al. (2010), *C. Raciborskii* é uma espécie planctônica com bom desenvolvimento em águas eutrofizadas. Para Buch & Bittencourt-Oliveira (2010), esses organismos são formadores de florações, e capazes de produzir hepatoxinas, neurotoxinas e dermatotoxinas, portanto, com efeitos diversos ao organismo, que segundo Calijuri; Alves & Santos (2006), podem acometer animais e também seres humanos. Segundo os mesmos autores, a exposição humana pode ocorrer por diferentes vias, como: contato com a derme, inalação, ingestão oral, intravenosa, bem como através da bioacumulação na cadeia alimentar.

De acordo com Bittencourt-Oliveira, Moura, Hereman e Dantas (2011), a desestratificação térmica na estação chuvosa favorece o aumento nas populações de *Cylindrospermopsis raciborskii*, fornecendo condições mais adequadas para seu crescimento, ou seja, menor intensidade de luz e menor temperatura, que são características do período de chuvas na região do interior do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. No presente estudo, a dominância desta cianobactéria persistiu especialmente durante a estação chuvosa.

*Pseudanabaena* é um gênero bem distribuído no mundo e bem comum em água doce, possui várias espécies planctônicas, ticoplanctônicas, metafíticas ou perifíticas, em reservatórios de águas oligo, meso e até eutróficas (Franceschini et al., 2010). A espécie *Pseudanabaena catenata* é um organismo de ambiente com temperatura média, porém pode se adaptar a temperaturas acima de 15 °C, e a presença de maior incidência de luz pode provocar um efeito substancial sobre suas características morfológicas (Khan et al., 2017).

De forma geral, a classe Cyanophyceae não apresentou uma sazonalidade, uma vez que, esteve predominante durante todo período de estudo. Percebe-se ainda que, a riqueza de espécies do ambiente foi considerada baixa, e que mesmo havendo outras classes representadas quanto à densidade, a classe Cyanophyceae foi dominante com mais 90% da densidade total, nos dois períodos. Desta forma, esses altos valores de densidade desses organismos podem estar relacionados à grande concentração de Sólidos Totais Dissolvidos e à elevação da temperatura da água no ambiente, principalmente, no período seco. Com isso, foi observada correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre essas duas variáveis (Sólidos Totais Dissolvidos e temperatura da água) e a densidade de algas.

A maior contribuição desta classe também foi verificada em outros estudos com enfoque na comunidade fitoplanctônica como, no reservatório Cruzeta/RN, com uma densidade de 99% (Medeiros, 2013), assim como observado no Reservatório Armando

Ribeiro, no mesmo estado, com mais de 90% da densidade (Vieira, Cardoso, & Costa, 2015). Tais reservatórios são classificados como eutróficos.

Levando em consideração os dois períodos de estudo, percebemos um aumento da densidade do fitoplâncton no período chuvoso (P1= 726.560, P2= 736.154 e P3= 802.067 org.mL<sup>-1</sup>) em relação ao seco (P1= 149.396, P2= 209.526 e P3= 192.119 org.mL<sup>-1</sup>), nos pontos de amostragem.

Para o período de chuva, outra classe que apresentou uma melhor contribuição na densidade foi a Bacillariophyceae. Esta foi favorecida pela maior concentração de oxigênio dissolvido e redução da temperatura da água no reservatório. Desta forma, foi observada correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre essas variáveis e a densidade desse grupo durante esse período. Quanto às demais variáveis, como o pH, condutividade elétrica e transparência da água, mesmo apresentando variações durante o período de estudo, não houve correlação significativa ( $p > 0,05$ ) entre essas variáveis e a densidade das classes.

A elevação da riqueza e densidade das classes Cyanophyceae e Chlorophyceae durante o período chuvoso pode estar relacionada à uma maior estabilidade térmica da coluna d'água, bem como à uma menor intensidade luminosa e transparência da água observada neste período. E essa predominância tem sido observada devido esses dois grupos de algas serem mais comuns em reservatórios localizados no Nordeste brasileiro, sendo que sua distribuição é relacionada às condições ambientais em cada ecossistema (Costa et al., 2010). Esse aumento de riqueza e densidade no período chuvoso, também foram observados nos estudos realizados por Lira et al. (2011) no Reservatório de Carpina/PE; Moura et al. (2013) nos Reservatórios Pedra e Funil/BA; Lucas et al. (2015) no reservatório Rosário/CE.

A Portaria n. 2914 do Ministério da Saúde (MS) (2011) – definiu normas de potabilidade de água para consumo humano no Brasil, estabelecendo um padrão de no máximo 20.000 org.mL<sup>-1</sup>, incluindo a obrigatoriedade do monitoramento da ocorrência de gêneros de cianobactérias potencialmente nocivos, por serem produtores de cianotoxinas, e com isso, definiu planos de amostragem de acordo com a concentração de células na água. Visto que, para esse estudo, com exceção do mês de março, todo o período de amostragem apresentou níveis de densidade muito superiores aos aceitáveis nessa Portaria, tais resultados alertam para riscos iminentes à saúde pública, pois o reservatório é utilizado para o abastecimento humano.

Essa maior abundância em termos de número de espécies da classe Cyanophyceae são resultados frequentemente observados em corpos de água do Nordeste (Torquato, 2012; Moura, Nascimento, & Dantas, 2012; Medeiros, 2013).

Quanto à diversidade, em relação ao maior e ao menor valor observado, percebe-se que há uma inversão com relação à densidade fitoplanctônica total. E essa relação entre densidade e diversidade fitoplanctônica foi registrada por Margalef (1983), indicando que elevadas densidades específicas, ocasionadas por poucas espécies dominantes, provocam a redução dos valores de diversidade.

Os baixos valores para os índices de diversidade e equitabilidade são comuns em reservatórios eutróficos, pois as condições ambientais em situação de trofia tendem a favorecer um pequeno número de espécies oportunistas e competitivas que se alternam na dominância da comunidade, formando altas densidades (Chellappa & Costa, 2003).

Tais dados explicam a elevada densidade de *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Pseudanabaena catenata*, em função da dominância dessas espécies durante todo o estudo, justificando-se assim, os valores de diversidade e equitabilidade encontrados.

De acordo com Ramírez (1996), diminuição de riqueza, diversidade e equitabilidade ocorrem, especialmente, em ambientes que se tornam extremos num certo momento e, conseqüentemente, favorecem o desenvolvimento de uma determinada espécie. Com isso, essas espécies estarão representadas por número excessivo de indivíduos que levam ao aumento dos valores de dominância.

As maiores densidades observadas para espécies da classe Cyanophyceae alertam para possíveis riscos à saúde pública, visto que esse reservatório é utilizado para o abastecimento público, com isso torna-se relevante a necessidade de monitoramento constante para prevenir e minimizar possíveis transtornos que possam ocorrer pela presença da grande concentração desses organismos na água.

## 5. Considerações Finais

A comunidade fitoplanctônica esteve dominada quantitativamente por espécies de cianobactérias, com maior contribuição de *Cylindrospermopsis raciborskii*, seguida por *Pseudanabaena catenata*, as quais são características de ambientes meso a eutróficos, e consideradas formadoras de florações no Brasil.

Além disso, é importante enfatizar outros gêneros identificados nesse estudo, que embora tenham apresentado baixas densidades, também são considerados potencialmente tóxicos como, *Microcystis*, *Planktothrix* e *Aphanocapsa*, dados estes que reforçam a necessidade de um constante acompanhamento desses organismos.

De acordo com as análises estatísticas, algumas variáveis abióticas influenciaram a estrutura da comunidade fitoplanctônica como, a temperatura da água e os Sólidos totais Dissolvidos que apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) com a densidade de organismos da classe Cyanophyceae e o oxigênio dissolvido que apresentou correlação significativa com a densidade da classe Bacillariophyceae.

A diversidade específica revelou-se baixa devido ao predomínio de algumas espécies, evidenciando uma equitabilidade com distribuição não uniforme da comunidade, e, portanto, indicando desequilíbrio ambiental decorrente dos impactos das ações antrópicas.

As densidades de células de cianobactérias estiveram acima dos valores estabelecidos pela resolução Nº 357 do (CONAMA) (2005). E segundo a portaria Nº 2914 (2011) do MS, faz-se necessária à implementação de medidas de controle de Cianobactérias e monitoramento de cianotoxinas, no sentido de prevenir possíveis problemas que as florações desses organismos podem vir a ocasionar e assim, garantir o não comprometimento da saúde das populações que utilizam este reservatório para seu abastecimento.

## Referências

Almeida, V. L. S., Melão, M. G. G., & Moura, A. N. (2012). Plankton diversity limnological characterization in two shallow tropical urban reservoirs of Pernambuco State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84(2), 537-550.

Aragão, N. K. C. V. (2011). Taxonomia, distribuição e quantificação de populações de cianobactérias em reservatórios do estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). 157 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Bittencourt-Oliveira, M. C., Moura, A. N., Hereman, T. C., & Dantas, E. W. (2011). Increase in Straight and Coiled *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) populations under conditions of thermal de-stratification in a shallow tropical reservoir. *Journal of Water Resource and Protection*, 3(4), 245-252.

Bouvy, M., Nascimento, S. M., Molica, R. J., Ferreira, A., Huszar, V., & Azevedo, S. M. (2003). Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, 493(1-3), 115-130.

Braga, B., Hespanhol, I., Conejo, J. G. L., Mierzwa, J. C., Barros, M. T. L. de, Spencer, M., Porto, M., Nucci, N., Juliano, N., & Eiger, S. (2005). *Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável*. (2a ed.) São Paulo: Pearson Prentice Hall.

Brasil. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Brasília: Ministério da Saúde (MS), 2011. 8 p. Recuperado de [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html).

Brasil. Resolução nº 357 de 15 março de 2005. Brasília: Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), 2005. 27 p. Recuperado de [http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf).

Ceará, Assembleia Legislativa. (2009). *Caderno regional da sub-bacia do Alto Jaguaribe*. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. Fortaleza: INESP. 119 p.

Buch, B., & Bittencourt-Oliveira, M. C. (2010). Caracterização genética de linhagens de *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya e Subba Raju de corpos d'água do nordeste e sudeste do Brasil. IN: Moura, A. N., Araújo, E. L., Bittencourt-Oliveira, M. C., Pimentel, R. M. M., & Albuquerque, U. P. *Reservatórios do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo*. Bauru - SP: Nupeea.

Calijuri, M. do C., Alves, M. S. A. A. & Santos, A. C. A. (2006). *Cianobactérias e Cianobactérias em Águas Continentais*. São Carlos: RiMa., 118 p.

Câmara, F. R. A., Rocha, O., Pessoa, E. K. R., Chellappa, S. & Chellappa, N. T. (2015). Morphofunctional changes of phytoplankton community during pluvial anomaly in a tropical reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, 75(3), 628-637.

Carlos, A. C. (2013). Dinâmica da população de cianobactérias em um reservatório eutrófico do semiárido brasileiro no período de seca. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental São Paulo (CETESB). (2013). *Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais*. São Paulo: CETESB, 56 p.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2009). Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2008. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, São Paulo. Recuperado de <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Relatorio-daQualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>.

Chellappa, N. T., & Costa, M. A. M. (2003). Dominant and co-existing species of cyanobacteria from a eutrophicated reservoir of Rio Grande do Norte State, Brazil. *Acta Oecologica*, 24, 3-10.

Chellappa, N. T., Borba, J. L. de M., Oliveira, R. K. de & Lima, A. K. A. de. (2007). Diversidade, co-existência e dominância na comunidade fitoplanctônica da Barragem Cruzeta, Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Biociências*, 5, 126-128.

Costa, C., Eskinazi-Leça, E., Moura Júnior, A. M., Zickel, C. S. & Moura, A. N. (2010). Composição Florística e Variação Espaço-Temporal do Microfitoplâncton no Reservatório de Carpina – PE. IN: Moura, A. N., Araújo, E. L., Bittencourt- Oliveira, M. C., Pimentel, R. M. M., & Albuquerque, U. P. *Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo*. Recife- PE: NUPEEA.

Cunha, C. J. S. (2013). Variação espacial e temporal do fitoplâncton do reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí - Pará. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará, Belém do Pará, PA, Brasil.

Esteves, F. A. (2011). *Fundamentos de Limnologia*. (3a ed.), Rio de Janeiro: Interciência.

Ferreira, K. C. D. *Qualidade de água em um reservatório na região semiárida*. (2014). 63 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

Franceschini, I. M., Burliga, A. L., Reviere, B., Prado, J.F. & Rézig, S.H. (2010). Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. Porto Alegre: Artmed Editora.

Gentil, R. C., Tucci, A. & Sant'anna, C. L. (2008). Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. *Hoehnea*, 35(2), 265-280.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo (2010). Recuperado de <http://atlas.srh.ce.gov.br/>.

Khan, Z., Wan omar, W. M., Merican, F. M. M. S., Azizan, A. A., Foong, C. P., Convey, P., Najimudin, N., Smykla, J. & Alias, S. A. (2017). Identification and phenotypic plasticity of *Pseudanabaena catenata* from the Svalbard archipelago. *Polish Polar Research*. 38(4), 445–458.

Lira, G. A. S. T., Araújo, E. L., Bittencourt-Oliveira, M. C. & Moura, A. N. (2011). Phytoplankton abundance, dominance and coexistence in an eutrophic reservoir in the state of Pernambuco, Northeast Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(4), 1313-1326.

Lira, G. A. S. T., Moura, A. N., Bittencourt-Oliveira, M. C., & Araújo, E. L. (2010) Comunidade fitoplanctônica e aspectos ecológicos de dois reservatórios eutróficos do Nordeste do Brasil. IN: Moura, A. N., Araújo, E. L., Bittencourt- Oliveira, M. C., Pimentel, R. M. M., & Albuquerque, U. P. *Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo*. Recife- PE: NUPEEA.

Lira, G. A. S. T., Araújo, E. L., Bittencourt-Oliveira, M. C. & Moura, A. N. (2011). Phytoplankton abundance, dominance and coexistence in an eutrophic reservoir in the state of Pernambuco, Northeast Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(4), 1313-1326.

Lloyd, M., Ghelardi, R. J. (1964). A table for calculating the equitability component of species diversity. *Journal of Ecology*, 33, 217-225.

Lobo, E., & Leighton, G. (1986). Estructuras comunitárias de fitocenosis planctônicas Del sistemas de desembocaduras de rios y esteros de el zona central de Chile. *Revista Biología Marina*, (22), 1-29.

Lucas, F. H. R., Rangel Júnior, A., Amorim, C. A., Costa, A. R. S., Cavalcante, F. C. & Lacerda, S. R. (2015). Variação temporal da comunidade fitoplanctônica no Reservatório Rosário/CE. *Cadernos de Cultura e Ciência*, 14(2), 35-43.

Lund, J. W. G., Kipling, C., & Lecren, E.D. (1958). The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, 11, 143-170.

Mallasen, M., Carmo, C. F., Tucci, A., Barros, H. P., Rojas, N. E. T., Fonseca, F. S. & Yamashita, E. Y. (2012). Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, SP. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38(1), 15-30, 2012.

Margalef, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona: Omega S. A.

Mateucci, S. D., & Colma, A. *La metodologia para el Estudio de La Vegetacion*. Collection de Monografias Científicas, (22), 168, 1982.

Medeiros, L. C. (2013). O efeito do regime hidrológico do semiárido na composição de espécies durante dominância de cianobactérias em um reservatório tropical. 45 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

Moura, A. N., Nascimento, E. C. & Dantas, E. W. (2012). Temporal and spatial dynamics of phytoplankton near farm fish in eutrophic reservoir in Pernambuco, Brazil. *Revista Biologia Tropical*, 60(2).

Moura, A. N., Severiano, J. S., Tavares, N. K. A. & Dantas, Ê. W. (2013). The role of a cascade of reservoirs and seasonal variation in the phytoplankton structure in a tropical river. *Brazilian Journal of Biology*, 73(2), 291-298.

Nascimento, E. C. (2010). Variação espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica em um reservatório eutrófico do semi-árido do Nordeste (Pernambuco-Brasil). 92 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de

Biologia, Recife, PE, Brasil.

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P. R., O'hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E. & Wagner, H. (2019). Package 'vegan'. R Cran Project. Recuperado de <https://cran.r-project.org>, <https://github.com/vegandevs/vegan>>.

Ramírez, R. J. J. (1996). Variações espacial vertical e nictemeral da estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em quatro dias de amostragem de diferentes épocas do ano no Lago das Garças, São Paulo. 283 p. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Ribeiro, H. M. C., Campos, S. P., Carneiro, C. R. O., Costa, G. M. M., & Pantoja, D. N.S. M. (2020). Índice do Estado Trófico (IET) em águas amazônicas: baía do Marajó e baía do Guajará. *Research, Society and Development*, 9(9).

Sant'anna, C. L., Azevedo, M. T., Agujaro, L. F., Carvalho, M. do C., Carvalho, L. R. & Souza, R. C. R. (2006). Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência.

Sant'anna, C. L., et al. (2008). Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. *Algological studies*, Stuttgart (Germany), 126, 251 – 265.

Sant'anna, C. L., Gentil, R. C. & Silva, D. (2006). Comunidade Fitoplanctônica de Pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo. IN: Esteves, K. E.; Sant'anna, C. L. *Pesqueiros sob uma Visão Integrada de Meio Ambiente, Saúde Pública e Manejo*. São Carlos: Rima, 49-62.

Secretaria de Recursos Hídricos. (2015). Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos do Ceará (Açude Canoas, Assaré). [http://atlas.srh.ce.gov.br/infraestrutura/fotos.php?cd\\_acude=206&status=1&objeto=acudes](http://atlas.srh.ce.gov.br/infraestrutura/fotos.php?cd_acude=206&status=1&objeto=acudes)

Shannon, C. E., Weaver, W. *The mathematical theory of communication*. University of. 1963.

Torquato, K. C. (2012). Ocorrência de cianobactérias em reservatórios de bacias hidrográficas do estado da Paraíba 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campina Grande – PB, Brasil.

Tundisi, J. G., Matsumura-Tundisi, T., & Rocha, O. (2006). Ecosistemas de Águas Interiores, Pp. 161-202. IN: Rebouças, A. C., Braga, B., & Tundisi, J.G. (org.). *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora.

Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommung der quantativen phytoplankton-methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9(2), 1-38.

Vidotti, E. C. & Rollemberg, M. do C. E. (2004). Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. *Química Nova*, 27(1), 139-145.

Vieira, P. C. S., Cardoso, M. M. L. & Costa, I. A. S. D. (2015) Vertical and temporal dynamics of phytoplanktonic associations and the application of index assembly in tropical semi-arid eutrophic reservoir, northeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 27(1), 130-144.

Weber, C. I. Plankton. In: *National Environmental Research Center Office of Research and Development U. S. Environmental Protection Agency Cincinnati*(ed.). Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface water and effluents. 1-17.1973.

Zar, J. H. (1984). *Biostatistical Analysis*. (2a ed.), Englewood Cliffs: Englewood Cliffs.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Rosimara de Sales vieira – 30%

Elaine Cristina Conceição de Oliveira – 15%

Elizângela Maria Ferreira Ricarte - 5%

Joice Layanne Guimarães Rodrigues - 15%

Diane Sales Vieira - 5%

Samara Alves de Alencar - 5%

Raimundo Nonato Pereira Teixeira - 10%

Sírleis Rodrigues Lacerda - 15%