



SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

VARIABILIDADE ESPACIAL DE CIANOBACTÉRIAS EM UM RESERVATÓRIO ARTIFICIAL NO SEMIÁRIDO

Francisco Josivan de Oliveira Lima (1); Fernando Bezerra Lopes (2); Eunice Maia de Andrade (3);
Merivalda Doroteu da Silva (4); Ana Célia Maia Meireles (5)

Universidade Federal do Ceará, CCA, Dep. de Eng. Agrícola. E-mails: josivan.lima1@gmail / lopesfb@yahoo.com.br / eandrade.ufc@gmail.com / merivaldadoroteu@hotmail.com / ameireles2003@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira é uma das mais populosas do mundo, tendo como principais características uma pluviometria irregular com alta variabilidade espacial e temporal, e uma alta taxa de evapotranspiração, favorecendo a baixa disponibilidade de água nessa região (ANDRADE *et al.*, 2010). No estado do Ceará a situação ainda é mais grave, visto que aliada à tais características climáticas o solo da região é em sua maioria predominantemente raso embasado em rocha cristalina desfavorecendo o armazenamento de água no solo. Desse modo, os rios em quase sua totalidade são efêmeros ou intermitentes (CIRILO, 2008), com exceção dos perenizados artificialmente.

Os reservatórios artificiais surgiram como uma medida para amenizar os problemas oriundos das secas, servindo para armazenar as águas do período chuvoso e dessa forma estando disponível para o abastecimento humano, industrial e agropecuário no período de estiagem. No estado a prática ganhou destaque com a construção de grandes reservatórios com capacidade de regularização plurianual e com capacidade da ordem de bilhão de metros cúbicos (DANTAS *et al.*, 2011; CIRILO, 2008).

Atualmente a grande problemática dos reservatórios do mundo estão relacionadas com a eutrofização, nas regiões semiáridas essa situação não é diferente. Desde a década de 90 estudos já mostravam a frequente ocorrência de reservatórios eutrofizados, cujas águas não se enquadrava para a maioria dos usos para os quais foram planejados (DATSENKO *et al.*, 1999). O processo de eutrofização consiste no enriquecimento dos corpos d'água por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo que favorece a proliferação excessiva de organismos produtores.

Dentre os organismos produtores presentes em reservatórios eutrofizados os organismos fitoplancônicos ocorrem com maior frequência. O predomínio de determinadas classes desses organismos pode ainda ser mais preocupantes que é o caso das cianobactérias, pois se adaptam facilmente as condições ambientais, são ótimos competidores e produzem uma variedade de toxinas que tem efeitos negativos sobre a saúde humana e para a vida aquática (SILVA, 2013; CHORUS & BARTRAM, 1999).

É nesta conjuntura que se evidencia a grande importância de avaliar a distribuição espacial de cianobactérias em reservatórios no semiárido, a fim de adotar medidas preventivas e corretivas para melhoria da qualidade desses mananciais, buscando ampliar os usos da água, minimizar os custos





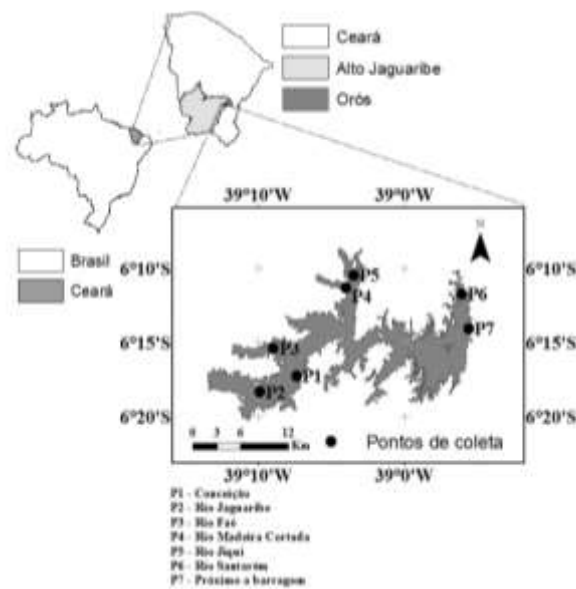
SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

com tratamento de água, melhorar a qualidade de vida da população que usa água desse manancial e, por fim, evitar a degradação desses ecossistemas. Portanto, objetivou-se avaliar o comportamento espacial de gêneros de cianobactérias em um reservatório da região semiárida.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no reservatório Orós, que fica localizado na bacia do Alto Jaguaribe na região centro-sul do estado do Ceará, Brasil, especificamente nas coordenadas $6^{\circ}08'03''$ S – $6^{\circ}20'26''$ S e $38^{\circ}54'56''$ W – $39^{\circ}13'28''$ W. O reservatório Orós possui uma capacidade total de armazenamento de aproximadamente 1,94 bilhão de metros cúbicos de água e ocupando uma área total de 25000 km². Na Figura 1 pode-se observar a localização do reservatório Orós e dos pontos onde foram realizadas as coletas da amostra de água.

Figura 1. Localização do reservatório Orós e dos pontos de coleta de água



O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é BSw'h', semiárido muito quente com chuvas máximas de outono e temperatura média mensal sempre superior a 18 °C. O solo da bacia hidrográfica da área de estudo são predominantemente Neossolos e Argissolos cerca de 61% e os 39% restantes estão distribuídos entre Latossolos, Luvisolos, Vertissolos e Planossolos. Os usos aplicados a esses solos estão relacionados as atividades agrícolas com o cultivo de algodão, feijão, mandioca, milho, banana e arroz, têm-se também a pecuária bovina, avicultura, e a piscicultura desenvolvido no reservatório como outras atividades importantes na região (IPECE, 2014).





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

A amostragem da coleta de água foi distribuída da seguinte forma: Os pontos localizavam-se nas entradas de seis de seus tributários, estando P1, P2, P3 (localizados no terço superior do açude), P4, P5 (localizados no terço médio do açude), P6, P7 (localizado no terço inferior), sendo que o ponto P7 localiza-se próximo a barragem. As coletas foram realizadas bimestralmente, de abril de 2008 até fevereiro de 2010.

A coleta e análise das cianobactérias foram realizadas a partir de dois métodos distintos, identificação e quantificação. Para a análise qualitativa, as coletas foram realizadas com rede de arraste de 20 µm, e para a quantificação, as amostras foram coletadas em garrafas de vidro cor âmbar de 1000 mL contendo 20 mL de formalina tamponada, a 30 cm de profundidade da superfície da água. Em seguida, as amostras foram conduzidas ao Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias do Instituto Federal do Ceará (LIAMAR/IFCE) e ao Laboratório de Planctologia, da UFC - Campus do Pici, onde foi realizada a identificação das cianobactérias através de chaves dicotômicas por microscopia de campo luminoso de lâminas preparadas a partir do sedimento obtido por centrifugação a 1500 rpm por 5 a 10 minutos, e com o material sedimentado também foi realizada a análise de quantificação das cianobactérias a partir da análise do sedimento com a câmara de Sedgewick-Rafter pelo método de Utermöhl, permitindo contagem de organismos presentes em um volume conhecido (APHA *et al.*, 2005).

O método estatístico empregado foi a análise multivariada, utilizando a Análise de Conglomerados ou Agrupamento (Cluster Analysis) com a finalidade de classificar os grupos similares de cianobactérias. A similaridade foi estimada usando a distância Euclidiana ao quadrado e o algoritmo utilizado para a definição dos agregados foi o método de Ward, e os dados foram padronizados utilizando o z-score, na definição do número de grupos, empregou-se o coeficiente de agrupamento, Equação 1.

$$CA = \sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}^2 - \frac{1}{n_j} \left(\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij} \right)^2 \right] \quad (1)$$

Onde: CA – Coeficiente de agrupamento; X_{ij} – Valores da amostra individual i em cada grupo j ; K – Número total de amostras em cada etapa; n_j – Número de amostra no grupo.

Os dados de cianobactérias ainda foram submetidos a uma análise descritiva dos dados. Para tal aplicações foi utilizado o software SPSS 16.0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram formados 4 grupos distintos de cianobactérias com base na sua distribuição espacial no reservatório Orós, apresentados no dendrograma, Figura 2. O ponto de corte que definiu o número de grupos foi calculado com base no primeiro grande salto entre as diferenças de coeficiente de agrupamentos consecutivos, e a distância-valor do ponto de corte foi de aproximadamente 4,804.

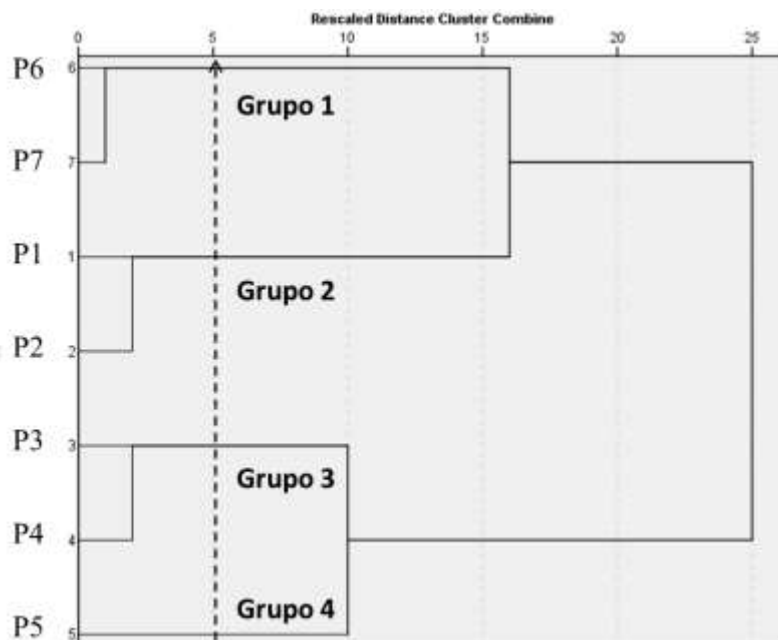
Figura 2. Dendrograma de grupos de cianobactérias formados por ponto de distribuição no





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

reservatório Orós



O grupo 1 foi formado pelos pontos P6 e P7 localizados na entrada do Rio Santarém e próximo a barragem, respectivamente, o grupo 2 agrupou os pontos P1 e P2 localizados na enseada da Conceição e na entrada do Rio Jaguaribe, respectivamente, o grupo 3 foi formado pelos pontos P3 e P4 que ficam na entrada do Rio Faé e Rio Madeira Cortada, respectivamente, e por fim o grupo 4 foi formado exclusivamente pelo ponto P5 localizado na entrada do Rio Giqui, respectivamente. Com base na distribuição dos pontos é possível inferir que os grupos de cianobactérias se agruparam de acordo com as características físicas e químicas da água, ou seja, ambientes com condições essenciais ao aparecimento e permanência destes gêneros, podendo levar a dominância do meio que vivem. Reynolds et al. (2002) definem os grupos similares de cianobactérias que possuem as mesmas características de adaptação para determinadas condições ambientais de grupos funcionais. Na Tabela 1 é possível perceber os grupos formados pelos gêneros e espécie de cianobactérias no reservatório Orós.

Tabela 1. Análise descritiva dos grupos de cianobactérias formadas na análise de agrupamento

Variável	Estatística	Grupos			
		1	2	3	4
Aphanizomenon spp	Média	6,73 ± 14,32	71,0 ± 235,48	43,73 ± 92,74	205,73 ± 637,27
	Range	0 - 44	0 - 781	0 - 250	0 - 2123
	C.V	212,84	331,66	212,09	309,77
Aphanocapsa spp	Média	2888,45 ± 1808,23	4260,82 ± 3150,48	9300,64 ± 8834,65	4368,27 ± 4579,9





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

	Range	1002 - 6821	1467 - 12028	0 - 30581	0 - 13040
	C.V	62,6	73,94	94,99	104,84
	Média	14,09 ± 19,52	13,0 ± 31,09	58,0 ± 123,79	1,18 ± 3,92
Coelomonon spp	Range	0 - 52	0 - 97	0 - 420	0 - 13
	C.V	138,5	239,16	213,43	331,66
	Média	426,09 ± 581,50	51,55 ± 110,74	438,09 ± 1270,04	1004,36 ± 2436,63
Cylindrospermopsis spp	Range	0 - 1821	0 - 304	0 - 4259	0 - 7985
	C.V	136,47	214,84	289,90	243
	Média	202,82 ± 254,27	56,91 ± 112,45	1507,91 ± 2298,04	790,36 ± 1032,33
Geitlerinema spp	Range	0 - 690	0 - 350	0 - 6656	0 - 3146
	C.V	125,37	197,59	152,40	130,61
	Média	6,82 ± 12,53	2,09 ± 6,93	7,27 ± 12,78	12,09 ± 30,48
Gloeothece spp	Range	0 - 42	0 - 23	0 - 34	0 - 102
	C.V	183,75	331,66	175,77	252,07
	Média	48,09 ± 125,24	20,91 ± 38,88	77,27 ± 82,99	27,91 ± 53,63
Microcystis sp	Range	0 - 424	0 - 127	0 - 262	0 - 161
	C.V	260,43	185,94	107,40	192,14
	Média	8,27 ± 12,26	18,82 ± 29,98	9,73 ± 15,22	8,64 ± 19,37
Microcystis aeruginosa	Range	0 - 41	0 - 88	0 - 41	0 - 53
	C.V	148,25	159,31	156,46	224,30
	Média	1,45 ± 3,36	10,64 ± 29,27	1,45 ± 4,82	0
Phormidium sp	Range	0 - 10	0 - 97	0 - 16	0
	C.V	230,83	275,14	331,66	0
	Média	26,0 ± 69,88	13,73 ± 32,76	6,64 ± 22,01	0
Planktothrix sp	Range	0 - 234	0 - 102	0 - 73	0
	C.V	268,77	238,65	331,66	0

Em um estudo da qualidade das águas realizado por Lopes *et al.*(2013) e Batista *et al.* (2013) os pontos P6 e P7 permaneceram juntos como observado no grupo 1, caracterizando-se por águas com altos valores de transparência, baixos valores de turbidez e cor aparente, e baixos valores fósforo, a partir destas condições os gêneros *Aphanizomenon spp* e *Aphanocapsa spp* e a espécie *Microcystis aeruginosa*, responderam negativamente apresentando os menores densidades médias de indivíduos/ml, a características de ambientes profundos e os baixos teores de fósforo foram os fatores determinantes desse grupo. O comportamento das cianobactérias observado correspondeu ao mencionado por Reynolds (2006).

Ainda no estudo realizado por Batista *et al.* (2013), os pontos P1 e P2 ficaram juntos como ocorrido no grupo 2, ao qual atribuíram aos baixos níveis de transparência devido ao grande aporte de sedimento transportado pelo Rio Jaguaribe, influenciando negativamente os gêneros *Cylindrospermopsis spp*, *Geitlerinema spp*, *Gloeothece spp*, *Microcystis sp*, de acordo com Reynolds (2006), tais gêneros são sensíveis a ambientes turbulentos e alguns ainda são sensíveis a baixa luminosidade.

O grupo 3 está relacionado com ambientes com disponibilidade de nutrientes, altas temperaturas e pouca turbulência, podendo ser observado pelas altas densidades de *Aphanocapsa*





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

spp. Já o grupo 4 a ausência dos gêneros *Phormidium* sp e *Planktothrix* sp estão relacionados a ambientes instáveis, e uma maior densidade de *Aphanizomenon* spp está ligada a ambientes mesotróficos (REYNOLDS, 2006).

CONCLUSÕES

A sensibilidade das cianobactérias às características ambientais (físicas e químicas) são responsáveis pela formação de diferentes grupo dentro de um mesmo manancial, e que tais grupos podem ser utilizado para inferir sobre as condições dos ambientes aquáticos e ser utilizado na tomada de decisão quanto a gestão e o manejo destes ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. M.; PALÁCIO, H. A. P. O semi-árido cearense e suas águas, Imprensa universitária. In: **Semiárido e o manejo de recursos naturais, uma proposta do uso adequado do capital natural**, 2010. 57-408p.
- APHA et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, USA: American Public Health Association, 2005.
- BATISTA, A. A.; MEIRELLES, A. C. M.; ARAÚJO NETO, J. R.; ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q. Parâmetros interferentes na eutrofização das águas superficiais do açude orós, ceará. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 2, p. 1-8, 2013.
- CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring, and management**. Taylor & Francis, London. E&FN Spon. 1999 416p.
- CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos Avançados**, São Paulo: v.22, n.63, p.61-82, 2008.
- DANTAS, S. P.; BRANCO, K. G. K.; BARRETO, L. L.; COSTA, L. R. L.; DAMANSCENO, M. F. B.; SALES, M. C. L. Análise da distribuição dos recursos hídricos do açude orós: bacia hidrográfica do Jaguaribe/ce - Brasil. **Revista Geográfica da América Central**, p. 1-11, 2011. Volume especial.
- DATSENKO, I. S.; SANTAELLA, S. T.; ARAÚJO, J. C. de. Peculiaridades do processo de eutrofização dos açudes da região semi-árida. In: Congresso Brasileiro de Saneamento e Engenharia Ambiental, 20, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999. CD Rom
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Anuário Estatístico do Ceará 2014**. <<http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2014/index.htm>>. 14 Out. 2015.
- LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES A. C. M.; BECKER, H.; BATISTA, A. A. Assessment of the water quality in a large reservoir in semiarid region of Brazil. **Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental**. v.18, n.4, p.437-445, 2014.
- REYNOLDS, C. S. **Ecology of Phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 535p.
- REYNOLDS, C. S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v.24,





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

p.417-428, 2002.

SILVA, M. D. **Diagnóstico da comunidade fitoplanctônica de um reservatório no semiárido nordestino.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2013. 113f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais).

