

QUALIDADE DA ÁGUA EM RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO HUMANO NA BACIA APODI-MOSSORÓ/RN

(1) Alana Jade de Lima Bezerra; (2) Carlos Alberto Nascimento da Rocha Junior; (3) Fabiana Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, alanajade15@gmail.com¹

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, rochajunior.can@gmail.com@gmail.com²

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, fabianabio@gmail.com³

Resumo: A qualidade da água em reservatórios de abastecimento humano é imprescindível para a manutenção da saúde da população contemplada com as águas provenientes desses açudes. O objetivo desse estudo foi analisar a qualidade da água por meio de dados de nitrogênio total (NT); fósforo (PT), Sólidos Suspensos Totais (ST), transparência de Secchi (SECCHI), clorofila-*a* (CHLA) e densidade de cianobactérias (CIANO). O estudo reuniu as informações referentes a reservatórios de elevada importância para o abastecimento humano na bacia Apodi-Mossoró: Santa Cruz do Apodi, Pau dos Ferros, Umari e Bonito II, sendo todos com capacidade máxima superior a 10 milhões de m³. Os dados semestrais foram obtidos a partir do *Programa Água Azul*, um Programa Estadual de Monitoramento do IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente). Em geral, os reservatório de Pau dos Ferros (PFE) e de Bonito II (BON) apresentaram dados de qualidade piores que os demais, embora todos eles apresentem elevadas concentrações de fósforo total (PT). PFE e BON apresentaram elevada densidade de cianobactérias, o que é potencialmente danoso para a saúde. Santa Cruz do Apodi (SCA) e Umari (UMA) apresentam o melhor IQA. Portanto, as elevadas concentrações de fósforo podem desencadear florações nos reservatórios, dificultando o tratamento de água por estações de tratamento convencionais e potencializando os riscos sanitários pois cianobactérias podem produzir toxinas danosas à saúde humana e dos animais que utilizam essas águas. Esses resultados são importantes para elaboração de estratégias de manejo e gestão da qualidade dos mananciais inseridos na bacia Apodi-Mossoró, uma vez que além de ser utilizada para o abastecimento humano, a água acumulada nesses mananciais proporciona o desenvolvimento de atividades econômicas na região.

Palavras-chave: Qualidade da água, abastecimento humano, bacia Apodi-Mossoró.

Introdução

A bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formadas nas regiões mais altas do relevo por divisores de água (BARRELLA, 2001) e pode ser considerada como unidade fundamental para o planejamento do uso e para a conservação de recursos naturais (LIMA & ZAKIA, 1998; PISSARRA 1998). As bacias são sistemas geomorfológicos abertos em contínua flutuação e em estado de equilíbrio dinâmico (LIMA, 1989) que recebe matéria e energia através de agentes climáticos (LIMA & ZAKIA, 2000).

No monitoramento dos recursos hídricos dessas unidades, devem-se acompanhar as alterações de qualidade da água por meio de avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos e que tenham precisão suficiente na indicação das condições e das tendências de mudanças que ocorrem. Devido ao papel fundamental ao abastecimento dos ecossistemas naturais e artificiais, o monitoramento e a manutenção da qualidade dos corpos hídricos são de vital

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

importância para a gestão das águas (ALLEN *et al.*, 1974).

Uma das principais causas da deterioração da qualidade da água é o processo da eutrofização. A eutrofização consiste no enriquecimento de ecossistemas aquáticos por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, e tem como principal consequência o crescimento excessivo de algas (DODSON *et al.*, 2000; PAERL *et al.*, 2016). Ambientes eutróficos são susceptíveis para ocorrer florações de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas o que pode afetar diretamente na saúde humana e animal, além de interferir nos usos múltiplos dos reservatórios (BOUVY *et al.* 1999). Como consequência do crescimento fitoplanctônico causado pelo excesso de nutrientes, há também a intensificação dos processos de degradação da matéria orgânica, ocorrendo depleção significativa do oxigênio dissolvido, podendo causar a mortandade de comunidades aquáticas aeróbias, gerando perda da qualidade visual do ambiente e o aumento da incidência de cianobactérias (CARPENTER *et al.*, 1998; BOUVY *et al.*, 1999; DOKULIL & TEUBNER, 2000; GEMELGO *et al.*, 2009; BONILLA *et al.*, 2012; SUKENIK *et al.*, 2012; BRASIL *et al.*, 2016).

Com a aceleração do processo da eutrofização, mudanças significativas deverão ocorrer no ciclo de nutrientes, comprometendo a qualidade da água dos ecossistemas aquáticos. No semiárido brasileiro existem mais de 70.000 açudes com mais de 1.000 m² construídos para acumular água para abastecimento humano e usos múltiplos. Estes reservatórios de água apresentam vulnerabilidade à eutrofização devido às características intrínsecas da região: elevado tempo de retenção de água devido às vazões reduzidas, e um balanço hídrico negativo durante a maior parte do ano devido às altas taxas de evapotranspiração, o que contribui para o acúmulo de sais e nutrientes (BARBOSA *et al.*, 2012). Além disso, esses reservatórios sofrem com a entrada excessiva de nutrientes resultante da falta de saneamento básico na região e do uso e ocupação do solo de forma inadequada. A ocorrência da eutrofização e as consequentes florações de cianobactérias potencialmente tóxicas é frequente na região semiárida brasileira (BRAGA *et al.*, 2015; PANOSSO *et al.*, 2007; Brasil *et al.*, 2016).

Atualmente a região sofre com a maior seca dos últimos 60 anos (ANA, 2016) e os reservatórios se encontram em conflito com o atendimento integral de suas demandas. E ainda, as previsões climáticas predizem um aumento da intensidade e duração das secas para os próximos anos (IPCC, 2014). Diante da baixa disponibilidade de água no mundo, da má distribuição no espaço e no tempo e da crescente demanda por este recurso frente ao crescimento populacional, se faz necessário um

melhor manejo desse recurso, para que se possa assegurar quantidade, qualidade e acesso a toda a população.

A bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, com 618 açudes cadastrados, é a maior do estado do Rio Grande do Norte, totalizando um potencial de volume acumulado de 469.714.600 m³ de água (IDEMA, 2014). Diante da importância da bacia para o estado, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água de quatro reservatórios inseridos na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró.

Metodologia

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica Apodi-Mossoró é a segunda maior do estado do Rio Grande do Norte, ocupando uma área de 14.276 km², o que representa 26,8% do território do estado. A bacia possui 21 reservatórios com capacidade superior a 5.000.000 m³, responsáveis pelo abastecimento das populações da região (IDEMA, 2014). O clima predominante da região é do tipo BSh (semiárido quente), com precipitação anual variando de 700 a 1000mm (ALVARES *et al.*, 2014).

Dentre os reservatórios inseridos na bacia, temos os reservatórios de Santa Cruz do Apodi, Pau dos Ferros, Umari e Bonito II, sendo todos com capacidade máxima superior a 10 milhões de m³, representando assim uma importante fonte de abastecimento de água para a região.

QUALIDADE DA ÁGUA

Os dados de qualidade dos reservatórios foram obtidos a partir do *Programa Água Azul*, um Programa Estadual de Monitoramento do IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente). Os dados compreendem amostragens semestrais no período de janeiro de 2008 a novembro de 2012 das seguintes variáveis: nitrogênio total (NT); fósforo (PT), Sólidos Suspensos Totais (ST), transparência de Secchi (SECCHI), clorofila-*a* (CHLA) e densidade de cianobactérias (CIANO).

A qualidade da água foi avaliada de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357, 2005, do CONAMA. Além disso, a qualidade da água também foi classificada de acordo com o Índice de Qualidade da Água (IQA) disponibilizado pelo *Programa Água Azul*. Para o cálculo do IQA o programa utiliza 9 (nove) parâmetros físicos, químicos e biológicos considerados importantes na qualificação da água: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de

oxigênio, nitrato, ortofosfato, turbidez, sólidos totais e temperatura. O IQA classifica a qualidade da água em Excelente ($90 < IQA \leq 100$), Bom ($70 < IQA \leq 90$), Médio ($50 < IQA \leq 70$), Ruim ($25 < IQA \leq 50$) e Muito Ruim ($00 < IQA \leq 25$).

Resultados e discussão

A caracterização com os principais dados morfométricos dos reservatórios utilizados nesse estudo estão previamente listados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização física dos reservatórios e profundidade (média \pm desvio padrão) do ponto de amostragem.

Reservatório	Município	Capacidade máxima (m ³)	Área bacia hidráulica (ha)	Profundidade média (m)
Santa Cruz do Apodi	Apodi	599.712.000	3.413	22 (± 9)
Pau dos Ferros	Pau dos ferros	54.846.000	1.165	8 (± 2)
Umari	Upanema	292.813.650	2.922	16 (± 6)
Bonito II	São Miguel	10.865.000	216	9 (± 3)

As concentrações de nitrogênio e fósforo, macronutrientes necessários para o desenvolvimento e crescimento de produtores primários, se mostraram altas para todos os reservatórios em estudo (Figura 1a,b) sendo o reservatório de Pau dos Ferros (PFE) o que possui a maior concentração de PT. Além das altas concentrações de nutrientes, PFE apresenta baixa transparência e alta concentração de clorofila-*a* associada a altas densidades de cianobactérias (Figura 1), caracterizando o reservatório com maior deterioração da água. O reservatório de Bonito II apresentou qualidade de água similar ao de Pau dos Ferros, enquanto que os reservatórios de Santa Cruz do Apodi e Umari apresentaram menores concentrações de nutrientes, de clorofila-*a* e densidades de cianobactérias.

Embora os reservatórios de Santa Cruz do Apodi e Umari apresentem dados de qualidade da água melhores que os de Bonito II e Pau dos Ferros, esses valores são indicativos de princípio da degradação da qualidade da água. De acordo com a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA, os reservatórios de Pau dos Ferros e Bonito II se encontram fora do padrão de qualidade de água para a classe II no que diz respeito à concentração de clorofila-*a* e densidade de cianobactérias (Figura 1e, f). Quanto à concentração de fósforo, todos os reservatórios encontram-se fora do padrão estabelecido pela resolução (Figura 1b).

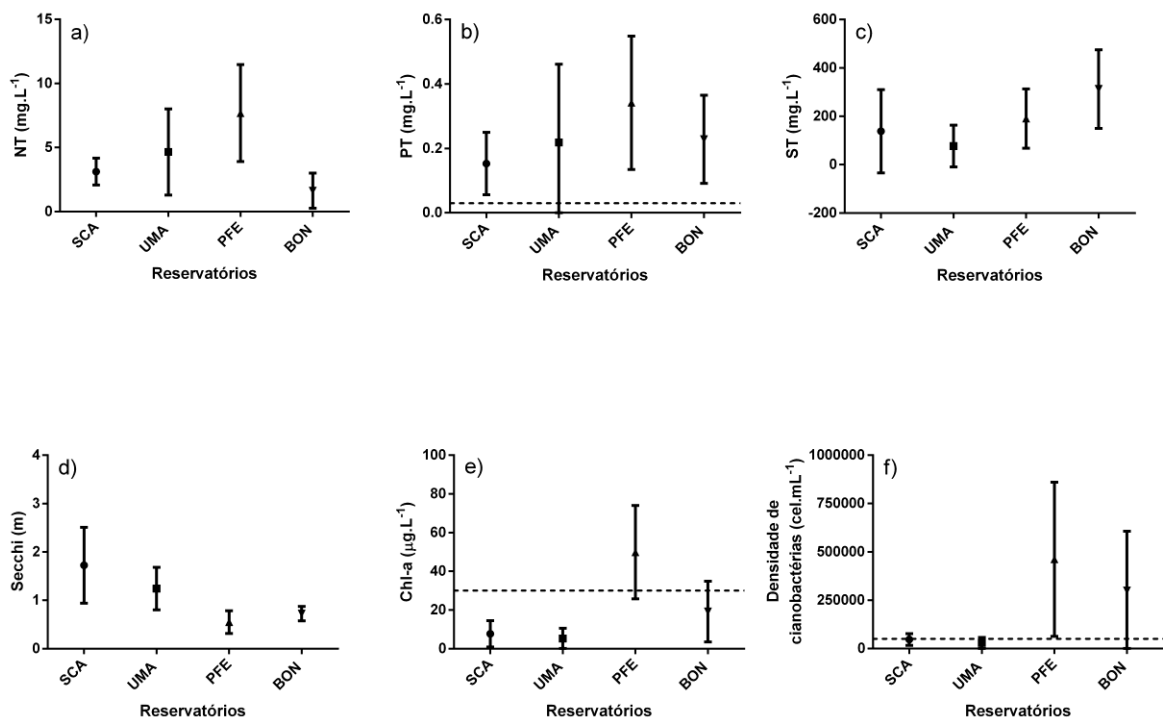


Figura 1. Média e desvio padrão das concentrações de nitrogênio total (a); fósforo (b), Sólidos Suspensos Totais (c), transparência de Secchi (d), concentração de clorofila-a (e) e densidade de cianobactérias (f) dos reservatórios Santa Cruz do Apodi (SCA), Umari (UMA), Pau dos Ferros (PFE) e Bonito II (BON). As linhas tracejadas representam o padrão para classificação das águas classe II (Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA).

De acordo com o IQA, as águas dos reservatórios foram classificadas como médio a bom, na maioria do período de estudo. O reservatório de Pau dos Ferros apresentou os menores valores de IQA (Tabela 2), estando, porém de acordo com a classificação feita pela Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA.

Tabela 2. Índice de Qualidade da Água (IQA) para os reservatórios Santa Cruz do Apodi (SCA), Umari (UMA), Pau dos Ferros (PFE) e Bonito II (BON) nos períodos de amostragem semestral de set/08 a set/12. * dados inexistentes.

Reservatórios	set/08	jul/09	nov/09	ago/10	jun/11	nov/11	mai/12	set/12
SCA	68,3	72,9	72,2	73,4	*	83,9	82,3	*
UMA	82,0	72,3	82,8	75,5	77,8	75,8	87,6	*
PFE	82,3	78,7	61,9	66,5	79,5	*	*	68,3
BON	76,0	76,0	68,7	68,2	81,3	84,0	70,2	*

Estudos recentes indicaram que a diminuição do volume armazenado pode acarretar no aumento das concentrações de nutrientes e biomassa algal tanto em reservatórios rasos quanto profundos (Bouvy *et al.*, 1999; Jeppensen *et al.*, 2015; Brasil *et al.*, 2016). Na região semiárida, esse processo é intensificado devido ao balanço hídrico negativo (altas taxas de evaporação em detrimento da baixa precipitação) durante quase todo o ano, geralmente reduzindo o nível de água dos lagos, concentrando nutrientes (Costa *et al.*, 2016). Diante do exposto, também devido a redução do volume hídrico causado pelas secas, pode-se verificar que as elevadas concentrações de fósforo em todos os reservatórios estudados podem indicar um potencial de aumento de florações, como já ocorre em PFE dados os resultados de CHLA apresentados.

Os valores de CIANO acima dos padrões estabelecidos pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA mostram que pode haver um potencial de liberação de toxinas (Carpenter *et al.*, 1998, Bouvy *et al.*, 1999; Dokulil & Teubner, 2000), afetando a saúde da população dificultando o tratamento dessas águas por Estações de tratamento de águas (ETAs) do tipo convencionais, as quais não removem microalgas com eficiência (RICHTER, 2009). Além disso, estudos realizados no semiárido tropical (Bouvy *et al.*, 1999; Brasil *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2016) mostraram que a falta de renovação de água ligada a um evento de seca foi o principal determinante da dominância das cianobactérias nos reservatórios estudados. Sendo assim, as atividades do entorno dos reservatórios atrelados à falta de renovação da água podem ser as principais causas da deterioração da qualidade da água (Barbosa *et al.*, 2012; Brasil *et al.*, 2015).

Diante dos dados apresentados, verifica-se que o PFE apresenta a água com menor qualidade dentre os reservatórios estudados e, mediante às mesmas condições de clima e estarem situados na mesma bacia hidrográfica, as condições da água do PFE representam o que pode ocorrer com os outros reservatórios também estudados caso medidas mitigadoras não sejam efetuadas.

Conclusões

Os resultados do presente estudo mostraram uma degradação de qualidade da água nesses reservatórios e uma preocupação com a saúde pública devido à presença de alta densidade de cianobactérias. Esses resultados são importantes para elaboração de estratégias de manejo e gestão da qualidade dos mananciais inseridos na bacia Apodi-Mossoró, uma vez que além de ser utilizada para o abastecimento

humano, a água acumulada nesses mananciais proporciona o desenvolvimento de atividades econômicas na região.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/12/comeca-a-construcao-do-plano-de-seguranca-hidrica>>. Acesso em: 19 dez. 2016.

ALLEN, S. E.; GRIMSHAW, H. M.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C. Chemical analysis of ecological materials. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1974. 565 p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.; Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, LOCAL, v. 22, n. 6, jan. 2014. Disponível em: <<http://www.schweizerbart.de/papers/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

BARBOSA, J. E. L.; MEDEIROS, E. S. L.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. S.; CRISPIM, M. C. B.; SILVA, G. H. G. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio Claro, v. 24, n. 1, jan. /mar. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

BARRELLA, W. *et al.* As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BONILLA, S.; AUBRIOT, L.; SOARES, M.C.; GONZÁLEZ-PIANA, M.; FABRE, A.; HUSZA, V. L.; LURLING, M.; ANTONIADES, D.; PADISÁK, J.; KRUK, C. What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*? *Microbiology Ecology*, v. 79, n. 3, p. 594-607, mar 2012.

BOUVY, M.; MOLICA, R.; OLIVEIRA, S.; MARINHO, M.; BEKER, B. Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology*, v. 20, p. 285-297, 1999.

BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P.; MENDONÇA JUNIOR, J. R.; BEZERRA, A.F.M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, A. M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. *Acta Limnologica*

Brasiliensia, Rio Claro, v. 27, n. 1, jan. /mar. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>.

Acesso em: 15 out. 2017.

BRASIL, J.; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D. F.; HUSZAR, V. L. M. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. *Hydrobiologia*, v. 770, n. 1, p. 145-164, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA. Resolução CONAMA n. 357 de 17 de março de 2005 – In: Resoluções, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acessado em: 15 out. 2017.

CARPENTER, S. R.; CARACO, D. L.; CORREL, R. W.; HOWARTH, R. W.; SHARPLEY, A. N. AND SMITH, V. H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, v. 8, n. 3, p. 559-568, 1998.

COSTA, M. R. A., ATTAYDE, J. L. and BECKER, V. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. *Hydrobiologia*, v. 778, n. 1, p. 75-89, 2016.

DODSON, S. L.; ARNOTT, S. E.; COTTINGHAM, K. L. The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology*, v. 81, n. 10, p. 2662 – 2679, 2000.

DOKULIL, M. T.; TEUBNER, K. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia*, v. 438, p. 1-12, 2000.

GEMELGO, M. C. P.; MUCCI, J. L. N.; NAVAS-PEREIRA, D. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs. Billings and Guarapiranga. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 4, p. 1001-1013, 2009.

Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Synthesis Report. 2014.

JEPPESEN, E.; BRUCET, S.; NASELLI-FLORES, L.; PAPASTERGIADOU, E.; STEFANIDIS, K.; NÖGES, T.; NÖGES, P.; ATTAYDE, J. L.; ZOHARY, T.; COPPENS, J.; BUCAK, T.; MENEZES, R. F.; FREITAS, F.R. S.; KERNAN, M.; SØNDERGAARD, M.; BEKLIOĞLU, M. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

due to changes in water level and related changes in salinity. *Hydrobiologia*, v. 750, p.201–227, 2015.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: Rodrigues, R.R. & Leitão Filho, H.F. (Eds.) Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: Edusp/FAPESP. p. 33-44, 2000.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. Série técnica IPEF, v. 12, n. 31, p. 53-64, 1998.

MIRANDA, K.; MATTOS, A.; BECKER, V. 2014. Influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de um reservatório mesotrófico na região semiárida tropical. Projeto Mevemuc (monitoramento da Evaporação e As Mudanças Climáticas): Contribuição para a hidrologia do semiárido, João Pessoa, v. 1, n. 14, p.319-340.

PAERL, H. W.; GARDNER, W. S.; HAVENS, K. E.; JOYNER, A. R.; MCCARTHY, M. J.; NEWELL, S. E.; QIN, B.; SCOTT, J. T. Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. *Harmful Algae*, v. 54, p. 213-222, 2016.

PANOSSO, R.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; ATTAYDE, J. L.; CUNHA, S. R. S.; GOMES, F. C. F. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecologia Brasiliensis*, v. 11, n. 3, 2007. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

PISSARRA, T.C.T. 1998. Avaliação quantitativa das características geomórficas de microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem. 124 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

RICHTER, C. A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. 1ª edição. Editora Blucher, 2009. 352 p.

SUKENIK, A., HADAS, O., KAPLAN, A., QUESADA, A. Invasion of Nostocales (cyanobacteria) to subtropical and temperate freshwater lakes—physiological, regional, and global driving forces. *Frontiers in microbiology*, v. 3, 2012.