



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



ISLÂNIA NUNES DO NASCIMENTO

**ASSOCIAÇÃO DE FATORES FÍSICO-QUÍMICOS ÀS CIANOBACTÉRIAS EM
LAGO RASO URBANO**

AREIA – PB

2017

ISLÂNIA NUNES DO NASCIMENTO

**ASSOCIAÇÃO DE FATORES FÍSICO-QUÍMICOS ÀS CIANOBACTÉRIAS EM
LAGO RASO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Federal da Paraíba, como
requisito parcial para obtenção
do título de Licenciada em
Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Gomes Barbosa (CCA/UFPB)

Co-Orientador: Prof^o. Dr. Kleber Renan De Souza Santos (IFSC/ GASPARG)

AREIA – PB

2017

ISLÂNIA NUNES DO NASCIMENTO

**ASSOCIAÇÃO DE FATORES FÍSICO-QUÍMICOS ÀS CIANOBACTÉRIAS EM
LAGO RASO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Federal da Paraíba, como
requisito parcial para obtenção
do título de Licenciada em
Ciências Biológicas.

Aprovada em: 08 de Fevereiro de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Luciana Gomes Barbosa
DFCA/UFPB
(Orientadora)

Msc. Maria Cristina Santos Pereira de Araújo
PPGCS/UFPB
(1º Examinador)

Msc. Rafael Machado de Araújo Alves
Laboratório de Limnologia/DFCA/UFPB
(2º Examinador)

DEDICATÓRIA

Especialmente aos meus pais (Maria e Ivaldo) e aos meus irmãos (Izabela, Izaquiel, Isnádia e Israele), pelo amor incondicional.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A *DEUS* pela dádiva da vida;

A toda minha *família* pelo amor, incentivo e apoio em todas as dificuldades enfrentadas.

Em especial a minha irmã *Izabela Nunes*, por toda paciência, conselhos e carinho;

A professora *Luciana Barbosa Gomes* pela assistência e ensinamentos;

Ao meu tutor *Jacinto de Luna* e aos demais professores pelas oportunidades e ensinamentos acadêmicos, contribuindo para minha formação profissional e pessoal;

A minha *turma 2012.1* pelos momentos de descontrações e desesperos compartilhados e que, embora não fossemos unidos para confraternizar estávamos sempre presentes nas horas difíceis.

Agradeço em especial a patotinha (*Joelson Germano, Bruna Brito, Maiara Marques e Sammara Pontes*), por todo companheirismo, risadas, conselhos e “esculhambações”, enfim...pelos momentos de alegrias e incentivo durante todos esses anos.

As muitas colegas de quarto: *Maiara Marques, Riane Alves, Jayene Brito, Luany Emanuella, Bruna Brito, Talita Stefany, Nazaré Gomes* e outras por me ensinarem a importância de aceitar as pessoas em suas especificidades, pela paciência, pelo carinho e momentos de alegria e também por compartilharem suas vidas durante os anos de convivência.

A equipe do Laboratório NULIBAC, em especial: *Danielle Oliveira, Fátima Silva, João Paulo, Jânio Félix, Joseilson Santos, Cristina Pereira, Karine Santos, Rafael Machado, Veronica Rodrigues e Sammara Pontes*;

A equipe PET AgroBio: *Emanuella Suassuna, Gisliane Osório, Francisco Jeanes, David Duarte, David Farias, Pricila Borges, Marcelino, Laerty Cabral, Izaias Soares, Uanderson Alves, Thaís Vitoriano* e a todos que fizeram parte deste grupo. “Uma vez petiano, sempre petiano”

Aos meus amigos de estudos de outros cursos, de festas, de alojamentos, aos que amavam ficar perturbando na minha janela, aos que só encontrava no RU, aos que só me procuravam para ir em Castelo, aos meus amigos- irmãos meu muito obrigado, vocês fizeram meus anos de universidade serem mais felizes.

Agradeço.

EPÍGRAFE

“A mente que se abre a uma nova ideia, jamais voltará ao seu tamanho original.”

(Albert Einstein)

SUMÁRIO

1. RESUMO- FITOPLÂNCTON DE LAGO RASO URBANO COM ÊNFASE EM CIANOACTÉRIAS, PARAÍBA, BRASIL	viii
2.ABSTRACT-ASSOCIATION OF PHYSICAL-CHEMICAL FACTORS TO CYANOBACTERIA IN LAKE RASO URBANO	ix
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4.1 Área de estudo	12
4.2 Precipitação Pluviométrica.....	12
4.3 Amostragem.....	12
4.3.1 Variáveis físicas e químicas	13
4.3.2 Variáveis biológicas.....	13
4.4 Análises Estatísticas	14
4. RESULTADOS.....	14
5.1 . Variáveis climatológicas e limnológicas	14
5.2. Comunidade Fitoplanctônica	15
5. DISCUSSÃO	16
6. AGRADECIMENTOS.....	18
7. REFERÊNCIAS	18

1. RESUMO- ASSOCIAÇÃO DE FATORES FÍSICO-QUÍMICOS ÀS CIANOBACTÉRIAS EM LAGO RASO URBANO

A caracterização dos lagos rasos é de grande importância para o levantamento da biodiversidade, em função da predominância na paisagem mundial e da geração de informações para recuperação, manejo e modelagem destes ambientes. Nesse contexto, os processos de eutrofização e conseqüentemente florações de cianobactérias potencialmente tóxicas, representam ameaça à saúde pública. O presente trabalho foi realizado com a finalidade de caracterizar a flutuação mensal de espécies de cianobactérias associadas aos fatores físico-químicos no Lago do Paó, (Bacia do Mamanguape), Município de Alagoa Grande, Paraíba. As amostragens de variáveis abióticas e bióticas foram realizadas entre os meses de agosto de 2014 até agosto de 2015. Baixa precipitação pluviométrica foi identificada para todo período, excetuando-se os meses de setembro de 2014 e junho e julho de 2015, onde média registrou valores compatíveis com período de chuvas. Baixa razão Z_{mix}/Z_{eu} , altos valores de fósforo, temperaturas elevadas, pH alcalino, indicaram um estado de águas turbidas e eutrófico favorecendo a dominância de grupos funcionais S1 e SN, representadas por cianobactérias consideradas potencialmente tóxicas (*Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktolyngbya limnetica*, *Planktotrix agardii*). Os resultados indicaram um lago raso de águas turbidas com florações de cianobactérias freqüentes ao longo de todo ano, exceto no período de maior precipitação pluviométrica que influenciou diretamente o aumento do volume do lago e o aumento da participação de outros grupos funcionais (J, P, X3).

Palavras-chave: Eutrofização; Fatores abióticos; Grupos funcionais

2. ABSTRACT-ASSOCIATION OF PHYSICAL-CHEMICAL FACTORS TO CYANOBACTERIA IN LAKE RASO URBANO

The characterization of shallow aquatic systems is of great importance for the survey of biodiversity, in order to generate information for the recovery, management and modeling of these environments, especially in relation to the flowering processes of potentially toxic cyanobacteria, representing a threat to public health, making Research of great environmental, social and economic importance. In view of the above, the present work was carried out with the purpose of characterizing the monthly fluctuation of cyanobacteria species associated to the physicochemical factors in Lago do Paó, (Mamanguape Basin), Alagoa Grande, Paraíba. Samples of abiotic and biotic variables were performed between August 2014 and August 2015. The results indicated low rainfall, except in September 2014 (101.6 mm), October 2014 (17.5 mm) and July 2015 (211.7 mm), high phosphorus values (maximum of 209.42 µg/L in December/14 and minimum of 76.62 µg/L in July/15), temperatures higher than 29 (°C) (*Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktotrix agardii*), 4, alkaline pH > 8, light limitations, indicating a state of turbid and eutrophic waters favoring the dominance of functional groups S1 and SN, represented by cyanobacteria considered to be potentially toxic (*Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktotrix agardii*). As a result, it is essential to monitor the physical, chemical and biological characteristics for the purposes of water quality conservation and public health preservation

Keywords: Eutrophication; Abiotic factors; Functional groups

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida, que por muito tempo acreditava-se ser infinita, porém com o crescimento demográfico desordenado e o desenvolvimento socioeconômico houve-se um acréscimo na demanda deste recurso, o qual se encontra cada vez mais escassos, pobres em qualidade e mal distribuídos, e em consequência causa problemas, como eutrofização, salinização e propagação de doenças veiculadas pela água (NASELLI- FLORES, 2003).

A eutrofização é um processo natural, mas pode ser acelerado artificialmente através do enriquecimento dos corpos d'água por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, provenientes de ações antropogênicas como descarga de esgotos domésticos e industriais, fertilizantes carreados de áreas de cultivo próximas aos corpos aquáticos, entre outros (BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2001; MANKIEWICZ et al., 2003; VIEIRA et al., 2005).

Esse fenômeno de eutrofização provoca modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, principalmente em reservatórios rasos, por apresentarem maior tempo de retenção de água, acumular sedimentos e substâncias químicas a ele associados (SANTOS, 2000), tornando a água imprópria ao consumo humano, aumentando a incidência de florações de cianobactérias (ESTEVES, 2011).

As florações resultam em um desequilíbrio ecológico no qual ocorre o crescimento excessivo do fitoplâncton com predominância de poucos grupos funcionais, acarretando redução da diversidade biológica fitoplanctônica (COSTA et al., 2006).

As cianobactérias são também conhecidas como cianofíceas ou algas azul esverdeadas, apresentam uma grande diversidade taxonômica, com cerca de 150 gêneros e 2000 espécies, atuando como produtores primários na teia trófica e como excelentes bioindicadores da qualidade das águas (SANT'ANNA et. al., 2006).

Elas são importantes fixadores de nitrogênio atmosférico (MADIGAN, 1999), favorecendo a eutrofização do ecossistema. A maioria das espécies podem causar problemas que variam desde conferir gosto e odor desagradáveis à água até a produção de toxinas (SANT'ANNA et al., 2006), as quais podem em função da concentração atingir tanto homens quanto animais (LAPOLLI et al., 2011).

Florações de cianobactérias tóxicas foram registradas em todo o mundo e tornaram-se numerosas nos mais diversos ambientes aquáticos (HUDNELL et al., 2008; PAERL E HUISMAN 2009; PAERL et al., 2011; O'NEIL et al., 2012). Na Paraíba, o primeiro registro de florações de cianobactérias foi descrito no reservatório de Acauã, na bacia do Médio Rio Paraíba, com florações de *Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii*, ambas produtoras de toxinas (MENDES, et al., 2003; BARBOSA & MENDES, 2005).

Em fevereiro de 1996 em Caruaru, Pernambuco, cinquenta pessoas submetidas a hemodiálises morreram por intoxicação hepática causada pela microcistina, toxina produzida por cianobactérias (CARMICHAEL et al. 2001), essa tragédia com repercussão internacional, despertou o interesse de estudiosos e agentes de saúde para a problemática das cianotoxinas.

Desde então a ocorrência de florações de cianobactérias tem sido registrada com frequência por todo país, porém os maiores riscos de tragédias por contaminação dos ecossistemas aquáticos estão na região semiárida brasileira, a qual, segundo Carmichael (2001) apresenta condições climáticas (temperatura e insolação elevadas o ano inteiro) aliadas às condições qualitativas da água como pH elevado, salinização de açudes grandes ou pequenos, que estimulam o crescimento de cianobactérias, evidenciando a susceptibilidade ao desenvolvimento de florações em seus sistemas aquáticos.

Diante do exposto, o presente trabalho foi realizado com a finalidade de caracterizar a flutuação mensal de espécies de cianobactérias associadas aos fatores físico-químicos no Lago do Paó, (Bacia do Mamanguape), Município de Alagoa Grande, Paraíba.

3. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

As coletas foram realizadas no Lago do Paó, localizada no município de Alagoa Grande, PB. (Figura 1). O lago apresenta elevada ocupação humana no entorno, causando devastação da cobertura vegetal e avanço da eutrofização no corpo aquático.

O município de Alagoa Grande, situa-se entre as coordenadas 07° 09'30" S de latitude e longitude de 35°37'48" W. Sua extensão é de 320,563 km², representando 0,568% do Estado, 0,0206% da Região e 0,0038% de todo o território Brasileiro, com população de 28.689 habitantes. Caracteriza-se pelas condições climáticas peculiares, com precipitações pluviométricas anuais de até 117mm, temperatura média mínima de 19 °C e máxima de 30°C, em que os meses mais quentes são outubro a março e os mais frios de junho a setembro.

4.2 Precipitação Pluviométrica

Os dados de precipitação pluviométrica foram fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA.

4.3 Amostragem

Coletas mensais foram realizadas entre os meses de agosto de 2014 até agosto de 2015, sendo as análises feitas em campo (Lago do Paó) e no laboratório NULIBAC (Núcleo de Estudos de Limnologia em Brejos de Altitudes e Caatinga) do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – CCA/UFPB, Areia – PB

4.3.1 Variáveis físicas e químicas

As amostras para análise química foram coletadas e armazenadas em garrafas plásticas atóxicas, preservadas em caixas isotérmicas, transportadas ao laboratório e congeladas. Já os parâmetros temperatura (°C) e pH foram medidos *in situ* através de sonda multiparamétrica Digimed®.

A transparência da água (m) foi calculada através da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi (Zds). A zona eufótica (Zeu) foi calculada empiricamente multiplicando o valor obtido pelo disco de Secchi (10% de incidência de luz) por 2,7 (COLE, 1983). A zona de mistura (Zmix) calculada a partir das diferenças na temperatura da água, sendo a razão entre Zeu/ Zmix utilizada como índice de avaliação de disponibilidade de luz na camada de mistura.

As análises de fósforo total e fósforo solúvel reativo ($\mu\text{g.L}^{-1}$) da água foram realizadas segundo a metodologia descrita por APHA (1998) também conhecida como “método do ácido ascórbico”. Baseado nos teores de fósforo total na água determinou-se o índice de estado trófico utilizando-se os critérios de acordo com (Toledo Jr. et al. 1990) (Tabela 1).

4.3.2 Variáveis biológicas

As amostragens para análise quantitativa do fitoplâncton foram coletadas diretamente da subsuperfície com o auxílio de frascos de polietileno de 500 mL e preservadas com Lugol 1%. A quantificação foi feita em microscópio invertido com aumento de 400X utilizando-se o método de Utermöhl (1958) e o tempo de sedimentação conforme Lund et al. (1958).

O procedimento de contagem foi realizada por transeções horizontais e verticais, examinando um a cada três campos até que fossem contados no mínimo 100 indivíduos da espécie mais frequente, de modo que o erro fosse inferior a 20% e o coeficiente de

confiança acima de 95%. Os resultados foram calculados segundo a equação proposta por Ross (1979), expressos em densidade (ind./mL-1).

O biovolume ($\mu\text{m}^3 \text{ mL}^{-1} \rightarrow \text{mm}^3 \text{ L}^{-1}$) de cada espécie foi estimado a partir dos valores médios das medidas de 20 a 30 indivíduos, quando possível, tomando como base o(s) sólido(s) geométrico(s) que mais se aproximasse(m) da forma celular, isolados ou combinados, segundo Sun & Liu (2003) e Hillebrand et al. (1999). As espécies que contribuíram em 5% ou mais para a biomassa total do fitoplâncton foram classificadas em grupos funcionais, utilizando os critérios de Reynolds et al. (2002) e Pádisak et al. (2009).

4.4 Análises Estatísticas

Realizou-se análise de dados por meio de estatística descritiva com o auxílio do Excel® 2013 disponível no Microsoft Office. Em seguida foi empregada uma análise descritiva de componentes principais (ACP), o programa utilizado foi o R (The R project for Statistical Computing).

4. RESULTADOS

5.1 . Variáveis climatológicas e limnológicas

Os valores de precipitação pluviométrica indicaram um padrão abaixo da média climatológica, excetuando-se nos meses de setembro de 2014 (101,6 mm), outubro de 2014 (17,5 mm) e julho de 2015 (211,7 mm). As menores precipitações pluviométricas estiveram compreendidas entre os meses de dezembro de 2014 (8,8 mm), janeiro de 2015 (10,9 mm) e agosto de 2015 (14,1 mm) (Figura 2).

Durante todo o período o lago apresentou baixa transparência da água (máximo de 0,20 m em julho/14), a razão Z_{eu}/Z_{mis} foi reduzida (< 1) em todos os meses de

coleta, indicando um estado de águas túrbidas, com limitação de luz para o fitoplâncton) (Tabela 2).

As temperaturas da água variaram entre o mínimo de 29,4 °C em setembro/ 14 até no máximo de 34,6 °C em fevereiro/15. O pH da água foi alcalino, com máximo de 9,53 em fevereiro/15 (Tabela 2).

O fósforo total e o ortofosfato solúvel apresentaram, respectivamente, máximas de 209,42 µg/L e 205,88 µg/L em dezembro/14, e, mínimas de 76,62 µg/L e 56,17 µg/L em julho/15. A análise do IET mostrou permanência de condições eutróficas durante todo o período (Tabela 2).

Através da análise de componentes principais (ACP) foi possível sintetizar os dados abióticos, explicando 72 % da variância total nos dois primeiros eixos (Figura 3). As unidades amostrais foram agrupadas aos meses de Junho, Julho e Agosto de 2015 em função de maior $Z_{eu/mis}$ e transparência. Já os meses de Dezembro de 2014, Janeiro e Fevereiro de 2015 as variáveis mais influentes foram o Pt e PO_4^{3-} , nesse período foi observada menor precipitação, favorecendo a concentração de nutrientes, indicando a influência destes sob o IET.

5.2.Comunidade Fitoplanctônica

A composição fitoplanctônica foi representada por 40 táxons, agrupados em 06 classes taxonômicas e 07 grupos funcionais: Cyanobacteria(14 táxons), Chlorophyceae (13 táxons), Euglenophyceae (6 táxons), Cryptophyceae (3 táxons), Zygnemaphyceae (3 táxons) e Coscinodiscophyceae (1 táxon) (Tabela 3).

Entre os grupos funcionais, alta representatividade para os grupos compostos por cianobactérias SN, S1, P, LO, J, e H1, sendo os grupos S1 e SN de maior

expressividade em quase totalidade das amostragens, exceto no mês de maio (grupo P) e nos meses de junho, julho e agosto de 2015 (grupo LO). (Figura 4).

No grupo S1 foram incluídas as espécies *Planktolybya limnetica*, *Planktothrix sp* e *Planktothrix agardhii*, dominantes nos meses de agosto, setembro e dezembro de 2014 e março de 2015. O grupo SN foi representado pela *Cylindrospermopsis raciborskii*, uma das espécies formadoras de florações mais comuns em ambientes de água doce, dominando nos meses de outubro de 2014, janeiro e abril de 2015. Essas espécies estão associadas a produção de cianotoxinas,

No grupo LO foi inserida a espécie *Merismopedia sp*, com dominância nos meses de junho, julho e agosto de 2015. O grupo J, foram acomodadas espécies do gênero *Scenedesmus*, e o grupo P (*Selenastrum sp*), ambas com ocorrência principalmente em maio. A espécie *Anabaena bergii*, agrupada em H1 esteve presente nos meses de agosto e dezembro de 2014 e janeiro e julho de 2015. Já a *Schroederia sp*. com pequena representatividade se acomodou ao grupo X3 no mês de julho.

5. DISCUSSÃO

O estudo das variáveis físico-químicas de um ecossistema aquático, juntamente à avaliações das condições climáticas, é fundamental para um melhor entendimento das alterações na estrutura da comunidade fitoplanctônica (PADISAK et al. 1998; CHELLAPPA & COSTA 2003).

Os resultados indicaram volume reduzido de água, altos níveis de nutrientes e diminuição da diversidade de espécies fitoplanctônicas com uma tendência para o estabelecimento de grupos funcionais dominados principalmente por cianobactérias, resultados compatíveis aos de MELO (2012).

No período que compreendeu os meses de agosto de 2014 a maio de 2015 foi observada baixa luminosidade ($< 0,08$), altos teores de fósforo ($> 100 \mu\text{g/L}$), e dominância dos grupos funcionais S1 e SN, representadas por cianobactérias consideradas potencialmente tóxicas (*Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktolytnbya limnética*, *Planktotrix agardii*) típicas de ecossistemas aquáticos eutróficos, com estratégias adaptativas que conferem resistência às condições ambientais e físicas, como baixa disponibilidade luminosa (PADISÁK e REYNOLDS 1998); elevadas temperaturas e pH elevado (SHAPIRO, 1990); concentrações elevadas de nutrientes, especialmente fósforo (WATSON et al., 1997).

Também observou-se que os baixos valores de biomassa coincidiram com o período no qual foi registrado maiores precipitações, aumento da disponibilidade de luz ($> 0,15 \text{ m}$), Zeu/mis ($< 0,34$) e redução de fósforo ($< 96 \mu\text{g/L}$), conforme indicado na ACP com agrupamento das unidades amostrais correspondentes aos meses de Junho a agosto de 2015. Tais condições influenciaram a mudança na composição de espécies da comunidade, aumentando a contribuição relativa dos grupos LO, J e P.

A abordagem de grupos funcionais constitui uma ferramenta útil para compreender a comunidade fitoplactônica em sistemas tropicais e sub-tropicais, apesar de terem sido originalmente desenvolvidas para ambientes temperados (MELO, 2012). As condições físicas e químicas presentes em um lago eutrofizado, raso e na fase de águas turbidas como indicado, favorecem a dominância de grupos funcionais associados a produção de toxinas, principalmente no período em que teve-se acentuada redução do volume de água, contribuindo com aumento da concentração dos nutrientes e redução da disponibilidade de luz.

Em função disso, torna-se indispensável o monitoramento das características físicas, químicas e biológicas para fins de conservação da qualidade da água e

preservação da saúde pública, já que o lago do Paó serve a pesca artesanal de subsistência.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório NULIBAC – UFPB/CCA, programa PROEXT “monitoramento participativo da qualidade da água utilizada para consumo humano na cidade de Areia, Paraíba” pelo suporte nas coletas e análises, e ao Ministério da Educação (MEC) pela concessão da bolsa do Programa de Educação Tutorial (PET).

7. REFERÊNCIAS

APHA-AWWA-WPCF, 1998. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20th ed, American Public Health/ American Water Works Association/ Water Pollution Control Federation, Washington DC, USA.

BARBOSA, J. E. L. & MENDES, J. S., 2005. Estrutura da comunidade fitoplanctônica e aspectos físicos e químicos das águas do reservatório Acauã, semi-árido paraibano. In: X Reunião Brasileira de Ficologia.

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.

COSTA, I. A. S., 2006. Floração de Algas Nocivas: ameaça às águas Potiguares. Revista Fundação de Apoio a Pesquisa do Rio Grande do Norte, p. 14-16.

CARMICHAEL, W. W. 2001. Health effects of toxin-producing cyanobacteria: The CyanoHABs. *Human and Ecological Risk Assessment*. 75. p. 1393-1407.

CLIMATOLOGIA. <Disponível em: <http://www.climatempo.com.br> > Acesso em: 25 de Janeiro de 2016.

- COLE, G. 1983. Textbook of limnology. London: The C.V. Mosby Co. 436 p.
- ESTEVEES, F. A. 2011. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro, Interciência/FINEP, 826 p.
- HILLEBRAND, H., D.; DÜRSEKEN, D. K., U. POLLINGHER & T. ZOHARY, 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology* 35: 403–424.
- LAPOLLI, F.R.; CORAL, L.A.; RECIO, M.A.L. 2011. Cianobactérias em mananciais de abastecimento – problemática e métodos de remoção. *Revista Dae*, São Paulo, n. 185, p.09-17.
- LUND, J.W.G.; KIPLING, C. e LE-CREN, D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and statistical basis of estimation by counting. *Hydrobiologia*, 11: 143-170.
- MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M., PARKER, J. B. 1999. *Biología de los microorganismos*. España: 8º ed. Prentice Hall, 163p.
- Melo, K. R. P. D. S. 2012. Estratégias adaptativas do fitoplâncton e aplicação do índice de grupos funcionais: ferramentas para a conservação de ecossistemas rasos do semiárido brasileiro.
- NASELLI-FLORES, L. *et al.*, 2003. Equilibrium/steady-state concept in phytoplankton ecology. *Hydrobiologia*, The Hague, v. 502, p. 395-403.
- O'NEIL JM, DAVIS TW, BURFORD MA AND GOBLER CJ. 2012. The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14: 313-334.
- PADISÁK, J; CROSSETTI, L. O; NASELLI-FLORES, L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*, v. 621, p. 1–19.

- PADISÁK, J.& REYNOLDS, C.S. 1998. Selection of phytoplankton association in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. Hydrobiologia, vol. 384, p. 41-53.
- REYNOLDS CS, HUSZAR VL, KRUK C, NASELLI-FLORES L, MELO S (2002) Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J Plankton Res* 24:417–428
- REYNOLDS, C.S. 1998. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status. Hydrobiologia, The Hague, v. 369/370, p. 11-26.
- ROSS, J. 1979. Práticas de Ecologia. Barcelona: Ediciones Omega, p. 181
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AGUJARO, L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R.; SOUZA, R. C. R. 2006. Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias plactônicas de águas continentais brasileiras. Rio de Janeiro: Editora Interciência; São Paulo: SBFic,
- SANTOS, A.C. 2000. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: 2ªed., CPRM/REFO. p.81-108.
- SHAPIRO, J. 1990. Currents beliefs regarding dominance by blue-greens: the case of the importance of CO₂ and pH. *Verhandlung des internationalen vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 24: 38-54.
- SUN, J.& LIU, D. 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 25: 1331-1346.
- TOLEDO, Jr. A. P. 1990. Informe preliminar sobre os estudos para obtenção de um índice para avaliação simplificada do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais. Relatório técnico. CETESB, São Paulo. p.12.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommenung der quantitative Phytoplankton: Methodik. Mitteilung Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 9: 1-38.

VIEIRA, J. M. S. et al. 2005. Toxic cyanobacteria and microcystin concentrations in a public water supply reservoir in the Brazilian Amazonia region. *Toxicon* 45, p.901-909.

WATSON, S.B.; MCCAULEY, E.; DOWNING, J.A. 1997. Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of differing nutrient status, *Limnol. Oceanogr.* 4: 487-495.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Critérios para classificação do índice de estado trófico (IET)..... 25
- Tabela 2.** Variáveis abióticas no Lago do Paó (Alagoa Grande, PB) no período de Agosto de 2014 a Agosto de 2015. 25
- Tabela 3.** Lista das espécies fitoplanctônicas no Lago do Paó (Alagoa Grande, PB) no período de agosto de 2014 a agosto de 2015. 26

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa de localização Geográfica do Lago do Paó (Alagoa Grande, PB) 23
- Figura 2.** Precipitação pluviométrica (mm) e climatológica (mm) no Lago do Paó (Alagoa Grande, PB) no período de agosto de 2014 a agosto de 2015 23
- Figura 3.** ACP das variáveis limnológicas do período de estudo no Lago do Paó, (Nordeste, Brasil)..... 24
- Figura 4.** Distribuição dos Grupos Funcionais no Lago do Paó (Alagoa Grande, PB) no período de agosto de 2014 a agosto de 2015. 24

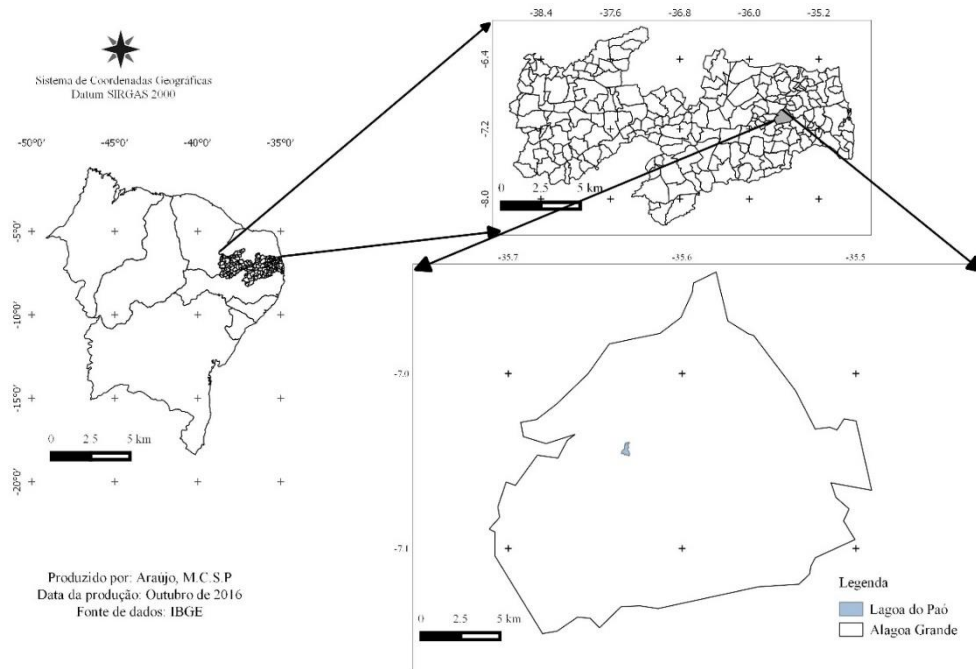


Figura 1. Mapa de localização Geográfica do Lago do Paó (Alagoa Grande, PB)

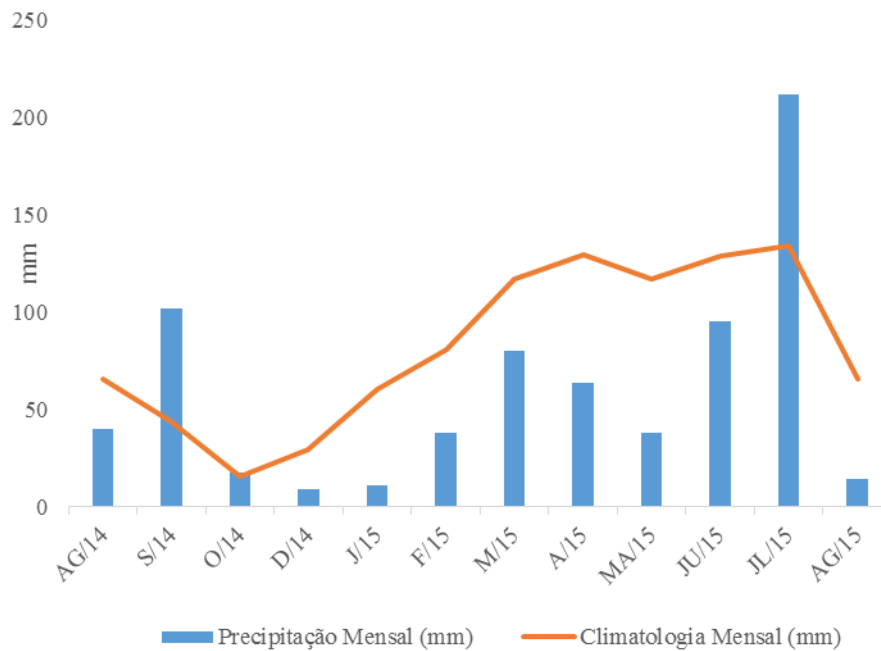


Figura 2. Precipitação pluviométrica (mm) e climatológica (mm) no Lago do Paó (Alagoa Grande, PB) no período de agosto de 2014 a agosto de 2015.

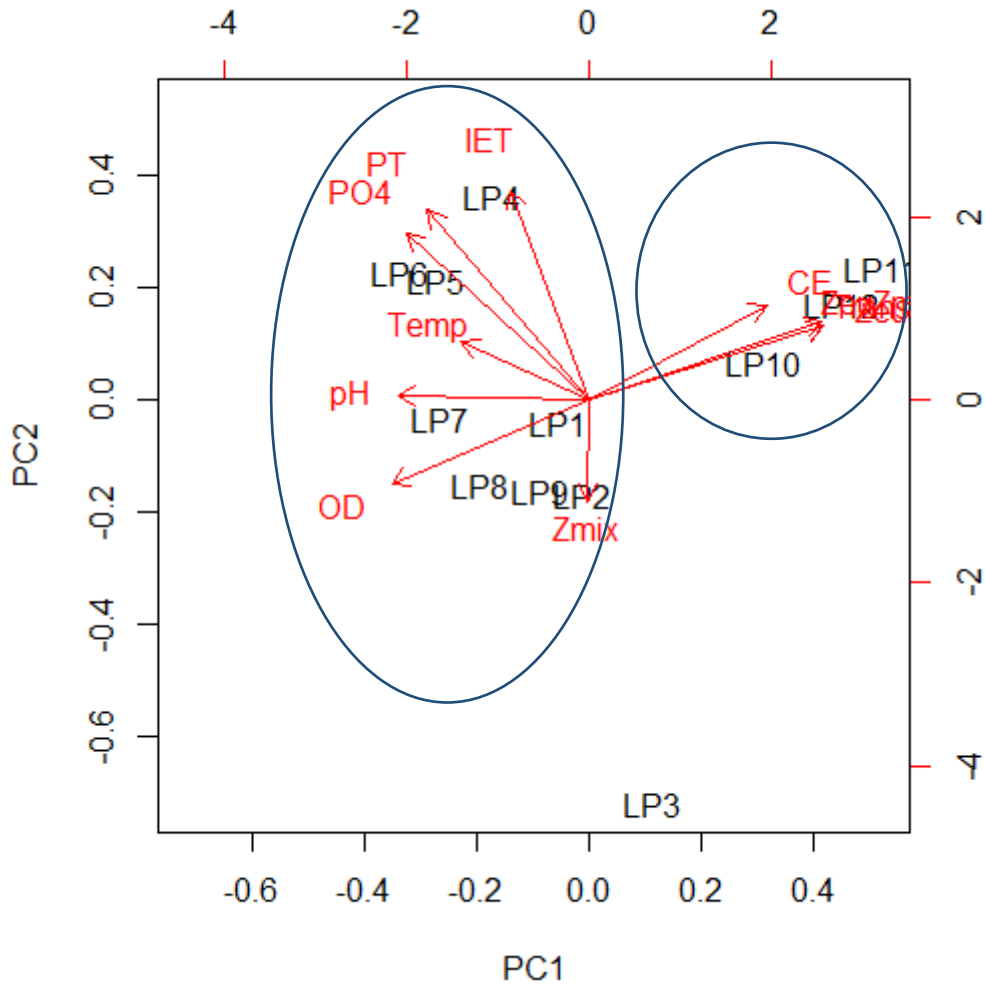


Figura 3. ACP das variáveis limnológicas do período de estudo no Lago do Paó, (Nordeste, Brasil).

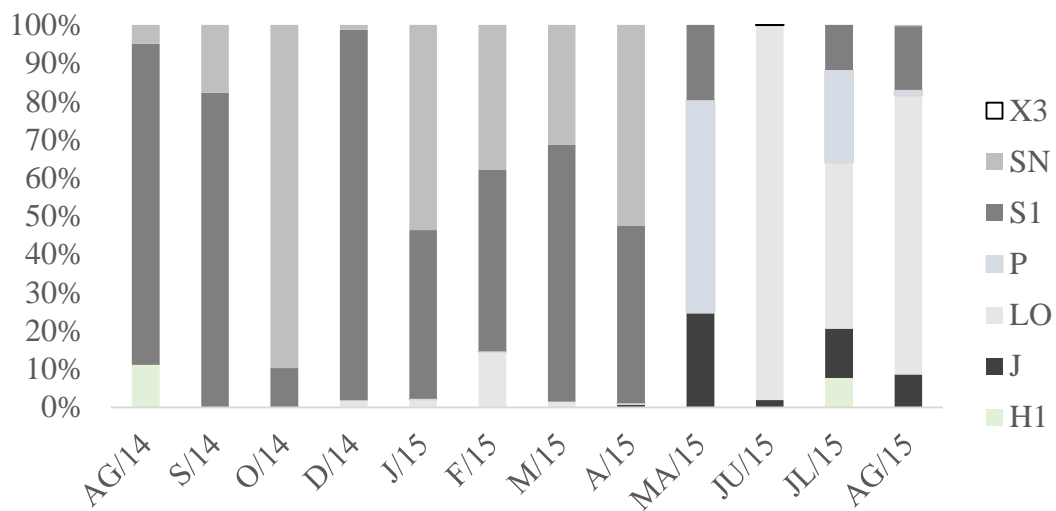


Figura 4. Distribuição dos Grupos Funcionais no Lago do Paó (Alagoa Grande, PB) no período de agosto de 2014 a agosto de 2015.

Tabela 1. Critérios para classificação do índice de estado trófico (IET).

Critério	Estado trófico
IET ≤ 24	Ultraoligotrófico
24 < IET ≤ 44	Oligotrófico
44 < IET < 54	Mesotrófico
54 < IET < 74	Eutrófico
IET > 74	Hipereutrófico

Fonte: Toledo Jr. (1990).

Tabela 2. Variáveis abióticas no Lago do Paó (Alagoa Grande, PB) no período de Agosto de 2014 a Agosto de 2015.

	Transp	Zeu/Zmis	pH	T °C	P-t	PO4	IET
AG/14	0,07	0,16	9,16	29,60	113,46	107,99	64,98
S/14	0,07	0,16	8,96	29,40	86,72	81,67	61,11
O/14	0,07	0,16	9,10	30,10	**	**	**
D/14	0,08	0,20	9,10	29,50	209,42	205,88	73,83
J/15	0,03	0,07	9,34	32,20	164,60	158,72	70,35
F/15	0,06	0,14	9,53	34,60	180,78	171,83	71,70
M/15	0,05	0,10	9,34	32,50	146,34	136,82	68,65
A/15	0,05	0,10	9,32	31,40	113,14	110,09	64,94
MA/15	0,06	0,14	9,05	29,60	96,54	89,87	62,65
JU/15	0,15	0,34	8,39	31,40	91,56	66,28	61,89
JL/15	0,20	0,45	9,00	30,10	76,62	56,17	59,32
AG/15	0,15	0,34	8,81	29,60	79,94	57,42	59,93

Legenda: Transp = transparência; Zeu/Zmis = relação zona eufótica e zona de mistura; pH = potencial hidrogeniônico; T °C = Temperatura da água; P-t = Fósforo total; P-O4 = Ortofosfato solúvel; IET = Índice do Estado Trófico.

** Ausência análises para o período.

Tabela 3. Lista das espécies fitoplanctônicas no Lago do Paó (Alagoa Grande, PB) no período de agosto de 2014 a agosto de 2015.

Chlorophyceae		
<i>Chlorella</i>	<i>Monoraphidium griffithii</i>	<i>Schroederia sp</i>
<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	<i>Selenastrum genus</i>
<i>Closteriopsis sp</i>	<i>Scenedesmus bijugus</i>	<i>Sphaerocystis sp</i>
<i>Monoraphidium sp</i>	<i>Scenedesmus ovalternus</i>	
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	<i>Scenedesmus sp</i>	
Coscinodiscophyceae		
<i>Melosira varians</i>		
Cryptophyceae		
<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg	<i>Cryptomonas rostratiformis</i>	<i>Cryptomonas sp</i>
Cyanobacteria		
<i>Anabaena bergii</i>	<i>Merismopedia sp</i>	<i>Planktothrix sp</i>
<i>Chroococcus minutus</i>	<i>Microcystis sp</i>	<i>Pseudoanabaena catenata</i>
<i>Cuspidothrix sp</i>	<i>Planktolyngbya limnética</i>	<i>Raphidiopsis curvata</i>
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Planktolyngbya sp</i>	<i>Synechococcus sp</i>
<i>Dolicospermum sp</i>	<i>Planktotrix agardii</i>	
Euglenophyceae		
<i>Phacus sp</i>	<i>Trachelomonas verrucosa</i>	<i>Trachelomonas volvocina</i>
<i>Trachelomonas sp</i>	<i>Trachelomonas ovata</i>	<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>
Zygnematophyceae		
<i>Closterium acuatum</i>	<i>Closterium sp</i>	<i>Staurastum sp</i>