

**I-067 – A INFLUÊNCIA DAS BAIXAS PRECIPITAÇÕES E DAS ELEVADAS
INSOLAÇÕES SOBRE AS FLORAÇÕES DE *DOLICHOSPERMUM*
PLANCTONICUM NA ÁGUA DO RIO DOCE – MINAS GERAIS – BRASIL**

Fernando Antônio Jardim⁽¹⁾

Biólogo pelo Centro Universitário Metodista Isabela Hendrix – Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Escola de Engenharia da UFMG – Doutor em Biologia Vegetal pelo Instituto de Ciências Biológicas da UFMG. Responsável pelo setor de Hidrobiologia do laboratório central da COPASA.

Patrícia Castanheira Galinari

Bióloga pela pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Analista de Controle da Qualidade da água e efluentes do setor de Hidrobiologia do laboratório central da COPASA.

Wanderson Renato Silva de Jesus

Biólogo pela Universidade Federal de Minas Gerais - Especialista em Ensino de Ciências pela Faculdade de Educação da UFMG – Especialista em Educação Ambiental pela UEMG. Responsável pelo setor de Hidrobiologia do Laboratório Regional Leste da COPASA.

Priscila Otávia Tito Jardim

Bióloga pela Universidade Federal de Minas Gerais - Especialista em Microbiologia Ambiental e Industrial pelo Instituto de Ciências Biológicas da UFMG - Analista de Controle da Qualidade da água e efluentes da e responsável pelo setor de Hidrobiologia do Laboratório Regional Sudeste da COPASA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Mamede, 85 – Bairro Minas Brasil – Belo Horizonte - MG - CEP: 30730-270 - Brasil - Tel: (31) 3250-2340 - e-mail: fernando.jardim@copasa.com.br

RESUMO

A partir de 2005 ocorreram sucessivas florações de cianobactérias tóxicas e não tóxicas na água do Rio Doce. Naquela época, foram identificadas as possíveis causas dessas florações e dentre elas se destacou principalmente o extenso período estival na região da bacia hidrográfica. O principal objetivo desse trabalho foi o de associar duas importantes variáveis ao estudo realizado pelos autores, a precipitação ou pluviosidade e a insolação, avaliados em dois pontos localizados nas nascentes dos dois principais rios que formam do rio Doce, o rio do Carmo e o rio Piranga. A correlação desses dados ambientais foi realizada com os dados de clorofila *a*, densidade de cianobactérias, fósforo total, coliformes termotolerantes, nitrogênio total e a relação estequiométrica nitrogênio total/fósforo total. Com o presente estudo ficou comprovado a influência alóctone do fósforo total no desenvolvimento das cianobactérias na água, principalmente no ano de 2013. Essa constatação foi corroborada pela redução simultânea da densidade de bactérias coliformes termotolerantes, no mesmo período. Ficou constatada também que a redução das concentrações de fósforo total na água foi devido à falta de chuvas nas regiões das nascentes e que esse foi o principal fator para a não ocorrência de florações de *Dolichospermum planctonicum*, mesmo em elevados períodos de insolação.

PALAVRAS-CHAVE: Florações de cianobactérias, fatores climáticos, Rio Doce.

INTRODUÇÃO

Apesar da escassez de trabalhos relativos às florações de cianobactérias nas águas de ambientes lóticos no Brasil, há evidências de que essas florações estejam associadas a extensos períodos estivais, nos quais a ausência de chuvas provoca uma baixa taxa de escoamento da água. Esse fenômeno natural, associado a um balanço ideal de nutrientes e à elevação da temperatura, pode propiciar condições favoráveis à ocorrência de florações de algas e de cianobactérias na água de rios. A bacia do rio Doce situa-se no sudeste brasileiro, compreendendo uma área de 83.400 km². A região abrange cerca de 220 municípios e o rio de 853 km é formado pela junção do rio do Carmo com o rio Piranga e o seu aproveitamento energético teve início em setembro de 2004 com o enchimento da Usina Hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves, que se localiza no alto Rio Doce. Dois anos depois, em maio de 2006, entrou em operação a UHE Aimorés, que se localiza na cidade de Aimorés. Já em setembro de 2009, iniciou-se o funcionamento da UHE Baguari, que se localiza no médio rio Doce, próxima à cidade de Governador Valadares. De acordo com trabalhos anteriores realizados em

ecossistemas aquáticos lóticos brasileiros, sobre a ocorrência de florações de cianobactérias, foi principalmente relacionado o longo período de estiagem a um aumento na concentração de nutrientes (SOARES *et al.*, 2007; JARDIM *et al.*, 2008, Von SPERLING e JARDIM, 2009; JARDIM, 2011 e FERRAZ, 2012). Já em um trabalho mais recente Jardim *et al* (2014), concluíram que alguns fatores foram estatisticamente significativos associados à ocorrência de florações de *Dolichospermum planctonicum* na água do rio Doce que teve início no período estival de 2010 e se manteve no mesmo período em 2011 e 2012. Dentre esses parâmetros correlacionados destacaram-se uma relação estequiométrica nitrogênio/fósforo em torno de 10, elevadas concentrações de clorofila *a*, oxigênio dissolvido e nitrogênio total. Em contrapartida, esses autores demonstram uma correlação negativa entre florações de *D. planctonicum* com a concentração de fósforo total, a turbidez da água e a densidade de coliformes termotolerantes. O trabalho objetivou associar duas importantes variáveis aos estudos realizados, a precipitação ou pluviosidade e a insolação, avaliados em dois pontos localizados nas nascentes dos dois principais rios que formam do rio Doce, o rio do Carmo e o rio Piranga.

METODOLOGIA

Foram coletados e tabelados os dados mensais de precipitação e de insolação de duas estações meteorológicas monitoradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014). Essas estações estão localizadas nas cidades de Viçosa e Barbacena, respectivamente nas nascentes do rio Piranga e do rio do Carmo, no período de 01/2007 a 03/2015. O período selecionado para o estudo foi àquele coincidente com os dados de clorofila *a* que indiretamente mede a biomassa algal produzida, incluindo a densidade de cianobactérias, ou seja, de 01/2007 a 06/2014. Para a comparação com os parâmetros físico-químicos e biológicos foram selecionados os dados do IGAM no período de 2007 a 2014, com análises trimestrais. Para o tratamento estatístico da distribuição foi selecionado o teste de Shapiro-Wilk. Para a distribuição normal foi escolhido o teste t com a comparação entre as medias. Para os dados com uma distribuição não paramétrica foi selecionado o teste de Kruskal-Wallis ANOVA com o teste das medianas (Statistica 6.1, 2003). Foram selecionados para o presente estudo os seguintes parâmetros: clorofila *a*, densidade de cianobactérias, fósforo total, coliformes termotolerantes, nitrogênio total e a relação estequiométrica nitrogênio total/fósforo total.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das densidades de cianobactérias estão representados na Figura 1.

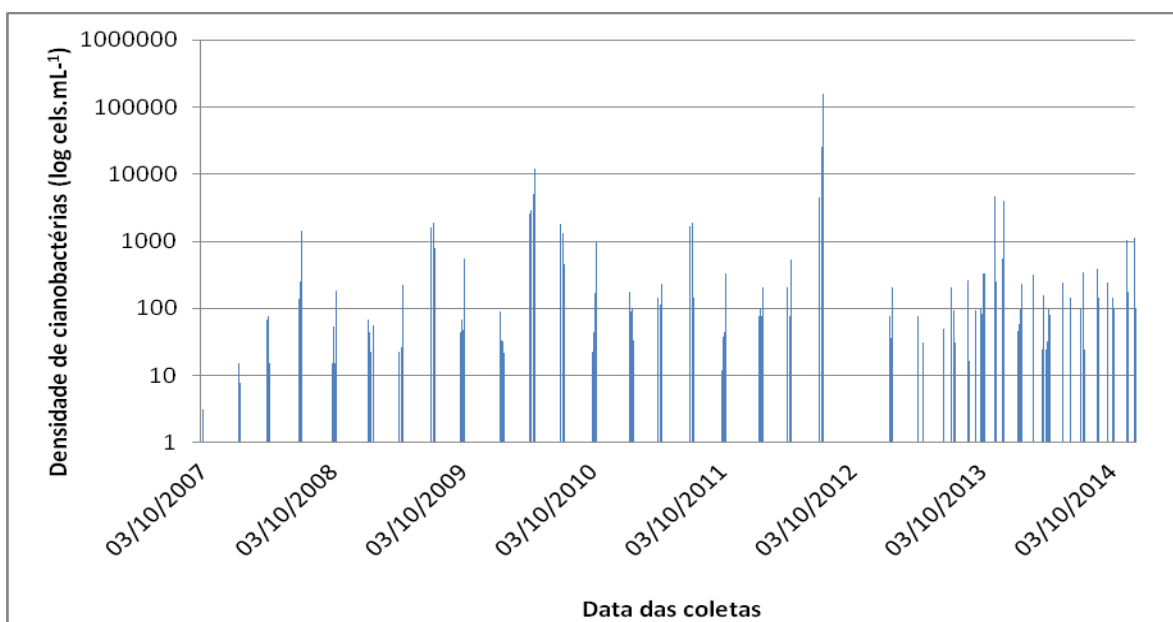


Figura 1: Variações das densidades de cianobactérias nos pontos avaliados no rio Doce, no período de 2007 a 2014.

Verificou-se que o aumento na densidade de *D. planctonicum* ocorreu nos períodos estivais dos anos de 2010, 2011 e 2012, com uma queda no ano de 2013. Já na Figura 2, foi verificada uma sazonalidade na distribuição das densidades de cianobactérias sendo que as maiores densidades 10 pontos monitorados pelo IGAM, representam o período estival. Outra importante observação se refere ao aumento gradativo da densidade de cianobactérias nos pontos de monitoramento do rio Doce, de montante à jusante. De acordo com esse monitoramento a densidade de células com o predomínio de *D. planctonicum* chegou a 150.000.mL⁻¹ no RD58, que se localiza próximo à cidade de Conselheiro Pena em outubro de 2012. Uma densidade aproximada de 50.000 cels.mL⁻¹ da mesma espécie foi identificada no mesmo período, no RD59, próximo à cidade de Resplendor.

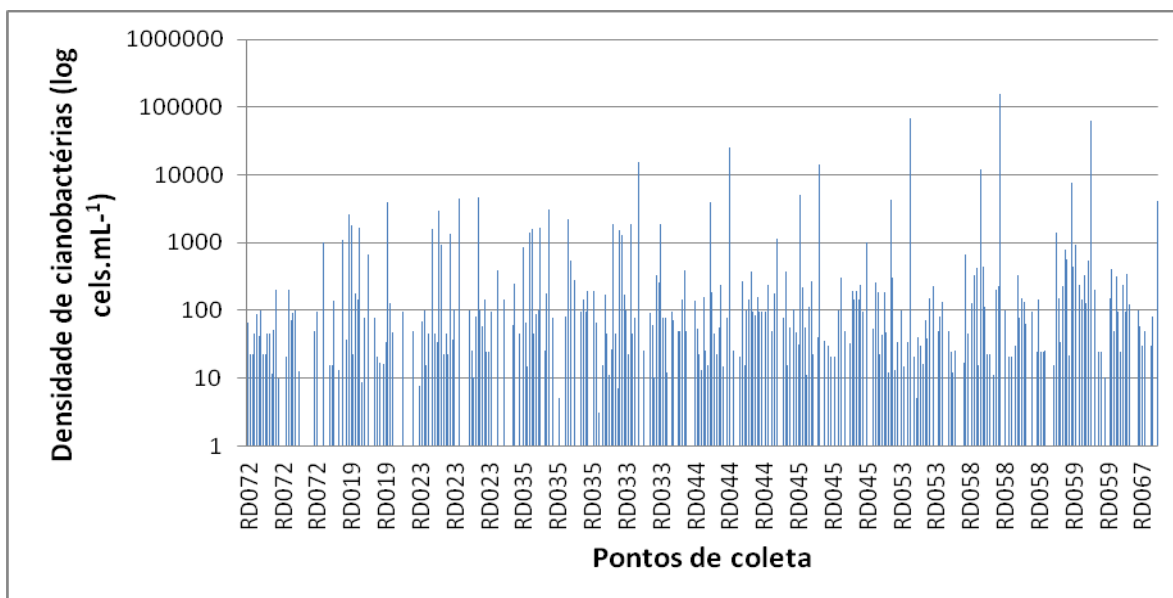


Figura 2: Variações das densidades de cianobactérias nos pontos avaliados no rio Doce, no período de 2007 a 2014.

O mesmo padrão de distribuição foi também observado quando se avaliar a clorofila *a*, parâmetro biológico que, nesse caso, representou também o aumento da densidade de células de cianobactérias, no período estudado. Conforme pode ser verificado por meio da Figura 3.

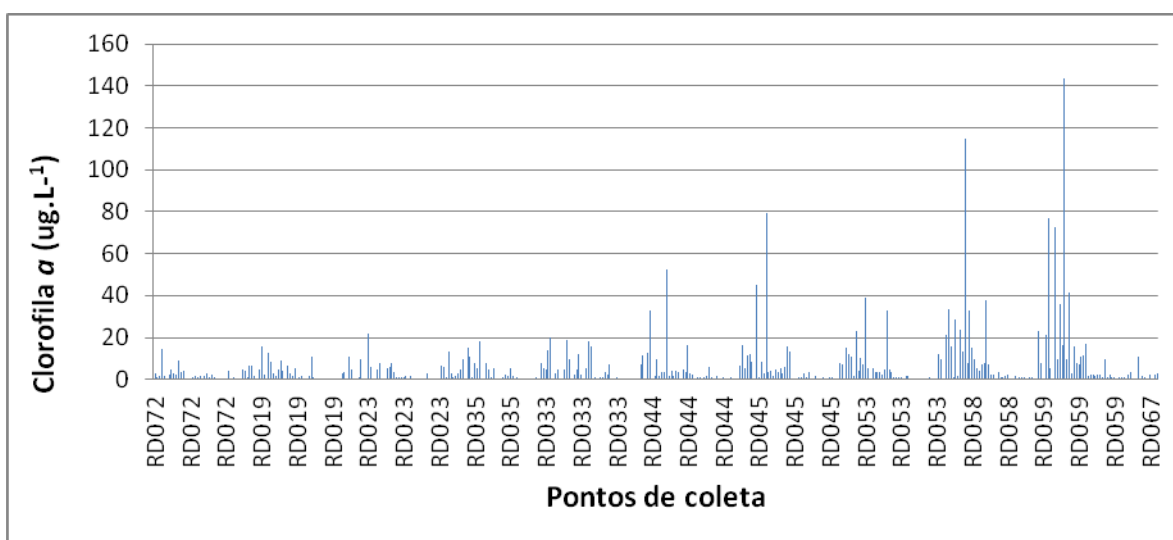


Figura 3: Variações da clorofila *a* nos pontos avaliados no rio Doce, no período de 2007 a 2014.

Quando se avaliou os dados referentes à precipitação e à insolação, respectivamente, nos locais onde nascem os dois rios formadores do rio Doce, foram obtidos os seguintes resultados constantes da Figura 4 para a estação meteorológica de Viçosa (rio Piranga) e para a estação meteorológica de Barbacena (rio do Carmo).

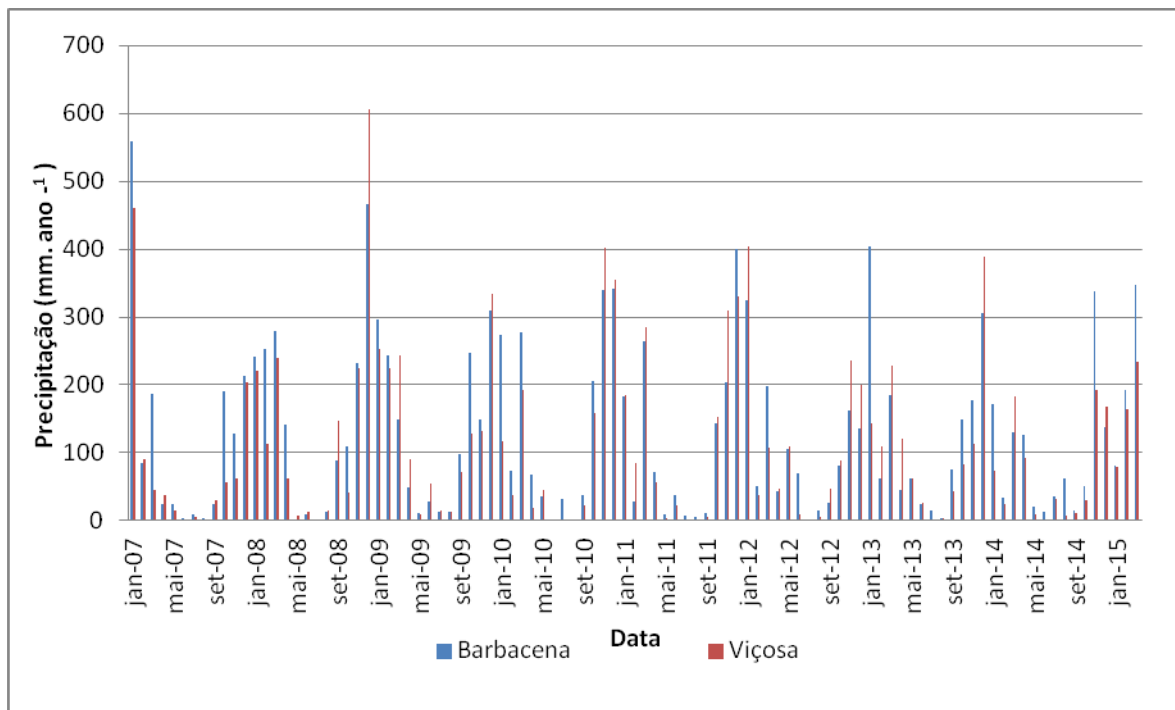
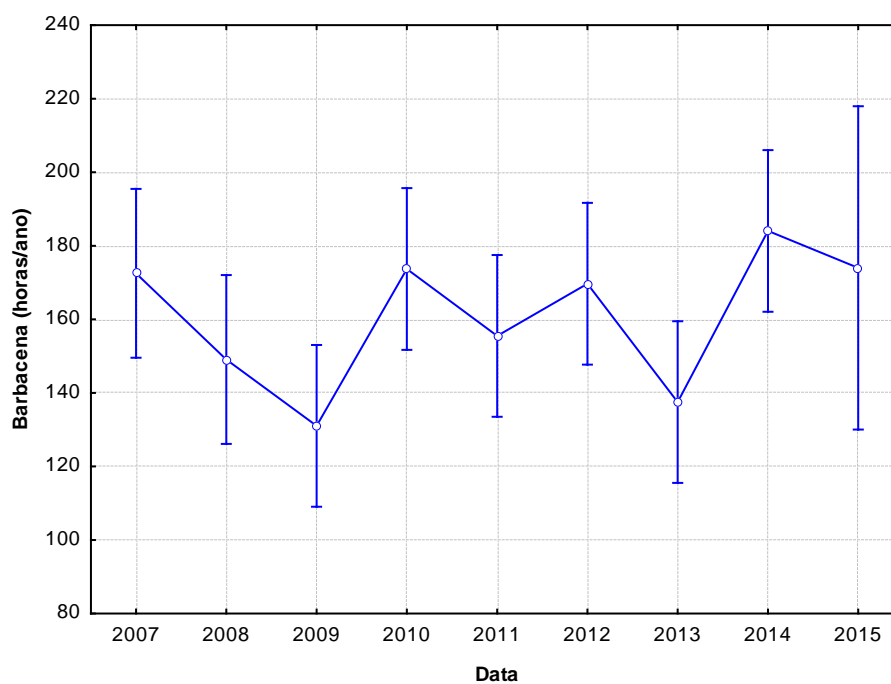
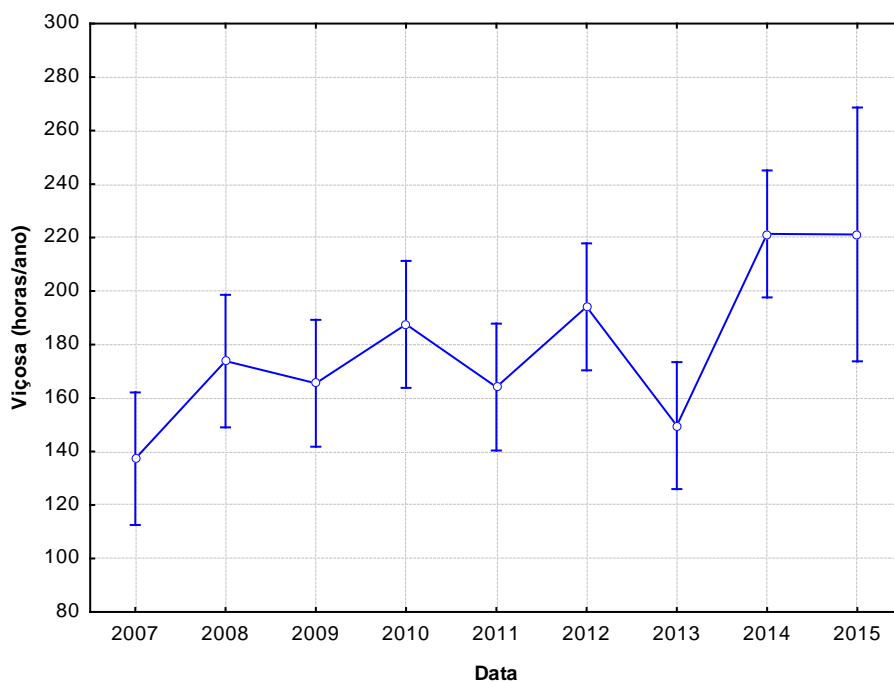


Figura 4: Variações da precipitação e da insolação na estação meteorológica de Viçosa entre 2007 e 2015.

Já a Figura 5 apresenta as variações das insolações medidas nas duas estações meteorológicas.



W = 0,9918

p = 0,8201

p = 0,000

W = 0,9912

p = 0,7800

p = 0,01406

Figura 5: Variações da precipitação e da insolação na estação meteorológica de Barbacena entre 2007 e 2015.

Para a região da nascente do rio Piranga (Viçosa) verificou-se que os anos de 2007, 2010 e 2014 apresentaram um dos menores volumes de precipitação e os maiores tempos de insolação (2010 e 2014). Já na região da nascente do rio do Carmo (Barbacena) os menores volumes de precipitação foram registrados nos anos de 2007, 2011 e 2014 e os maiores tempos de insolação nos anos de 2007, 2010, 2012 e 2014. Salienta-se que em 2014, em ambas as estações meteorológicas, foi registrado o maior tempo de insolação desde 2007. Alguns parâmetros que foram também relatados por Jardim *et al* (2014), como fundamentais para a ocorrência dessas florações, mantiveram o mesmo padrão até o ano 2012. Já em 2013, ano este em que não ocorreram as florações, alguns desses como a relação estequiométrica entre as concentrações de nitrogênio e fósforo totais, reduziu significativamente. De acordo com SCHREURS (1982), quando essa relação permanece em torno de 10, favorecem às florações de cianobactérias. E no intervalo de 16 a 23 favorece a predominância de algas eucariotas. Isso foi bem constatado por meio da Figura 6.

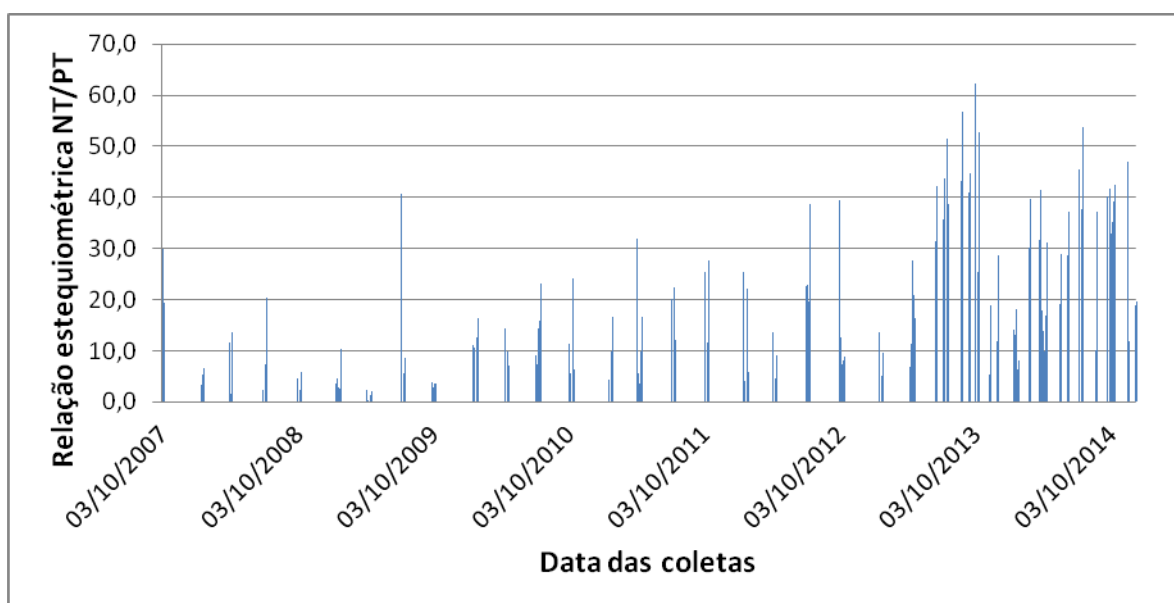


Figura 6: Variações na relação estequiométrica nitrogênio / fósforo na água do rio Doce no período de 2007 a 2014

Observou-se que no ano de 2013 a relação ficou acima de 20, no período estival, não caracterizando um balanço ideal de nutrientes para a manutenção das florações de cianobactérias. Esse aumento da relação estequiométrica N/P foi causado por uma queda na concentração de fósforo total, principalmente naqueles pontos de coleta onde as florações eram mais frequentes. A Figura 7 representa essa redução nas concentrações de fósforo total ao longo dos pontos amostrais do rio Doce.

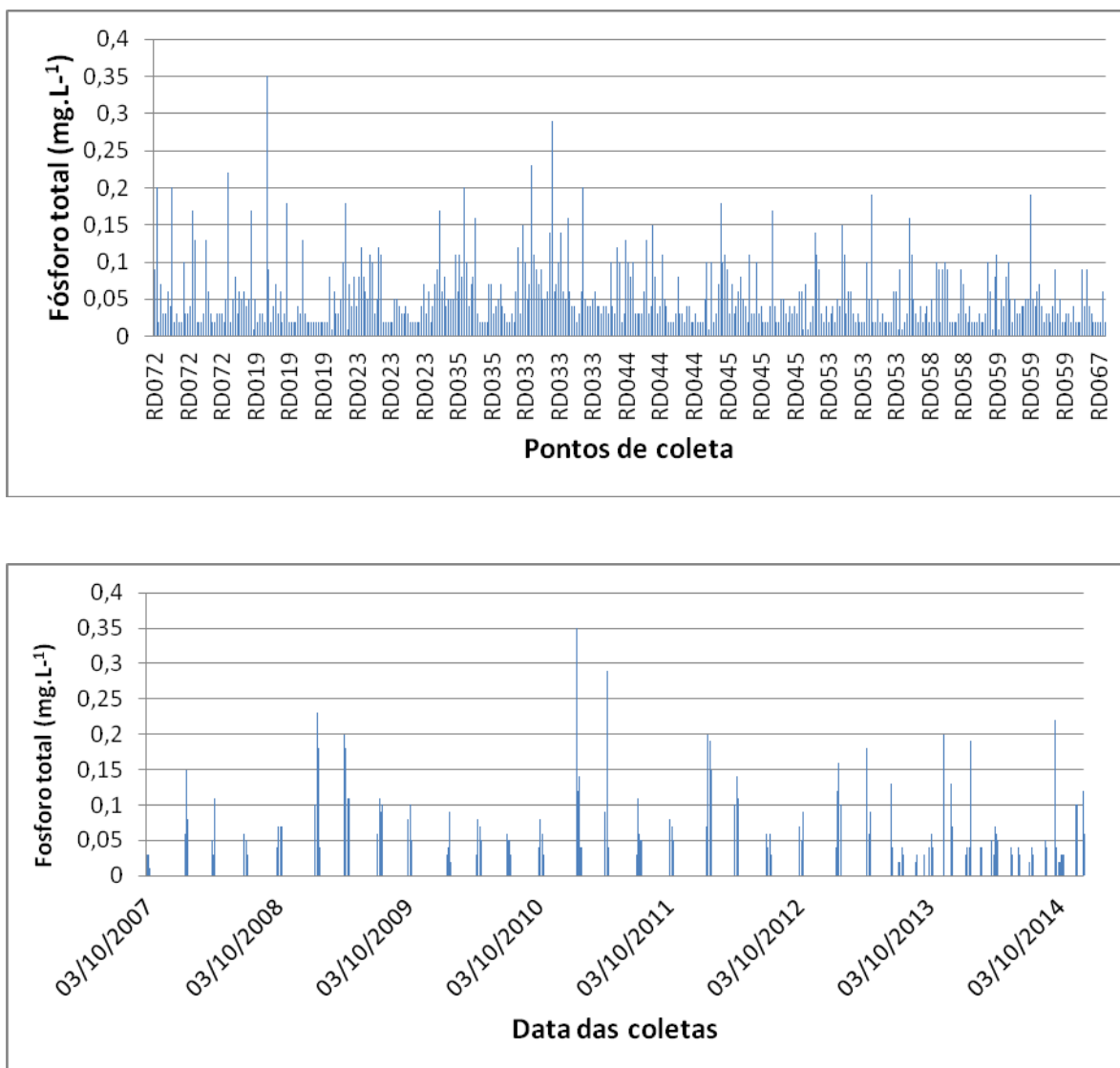


Figura 7: Variações da concentração de fósforo total nos pontos de coleta avaliados na água do rio Doce, no período de 2007 a 2014.

Por meio da Figura 7 é possível verificar que as maiores concentrações de fósforo foram registradas sempre nos períodos chuvosos, com um destaque para o ano de 2011, nos pontos de coleta situados no RD19, à jusante da foz do rio Casca e o no RD33, à jusante da Cachoeira Escura, pontos caracterizados de acordo com relatórios do IGAM (2014), como contribuidores de matéria orgânica para a água do rio Doce. Um panorama contrário foi identificado para a concentração de nitrogênio total, que aumentou gradativamente ao longo do período estudado, conforme a Figura 8.

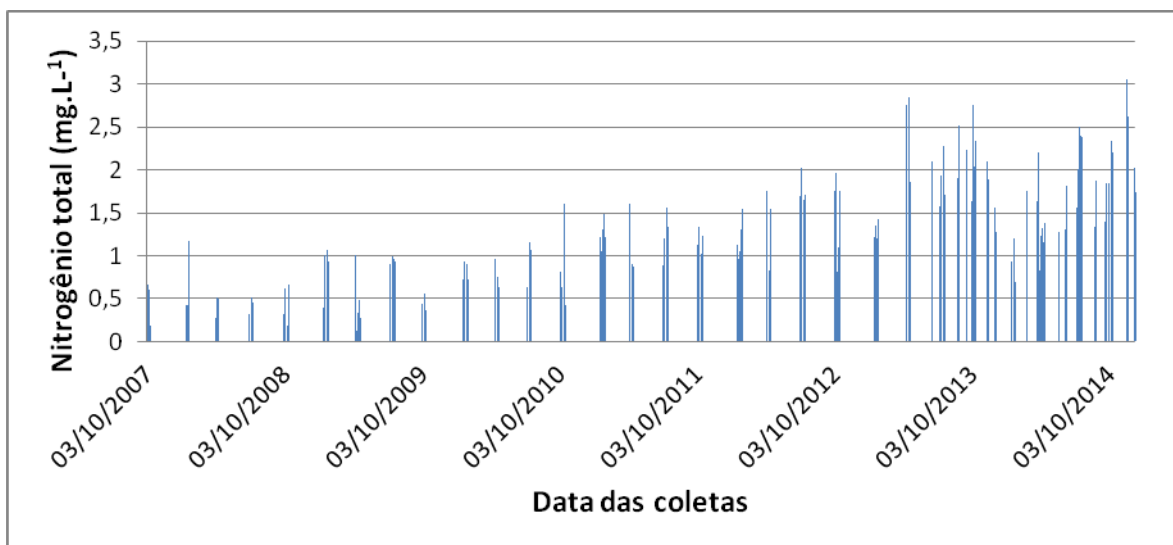


Figura 8: Variações da concentração de nitrogênio total nos pontos avaliados no rio Doce, no período de 2007 a 2014.

Embora tenha ocorrido esse aumento gradativo da concentração de nitrogênio total na água do rio Doce, não foi verificado um aumento na densidade de *D. planctonicum*. Essa cianobactéria possui células diferenciadas capazes de fixar nitrogênio atmosférico, portanto, não dependem somente desse elemento solúvel na água. Esse aumento na concentração de nitrogênio total está diretamente relacionado com a falta de chuvas nas nascentes, pois dessa forma, ocorreu uma menor diluição das contribuições alóctones de nitrato, nitritos e nitrogênio amoniacal na água do rio Doce. Quanto à densidade de coliformes termotolerantes verificou-se uma elevação da mesma durante o período chuvoso que precedeu as florações, seguida de uma redução coincidente com a falta de chuvas, nas duas principais nascentes do rio, a partir de 2012. Fato esse que pode ser visualizado por meio da Figura 9.

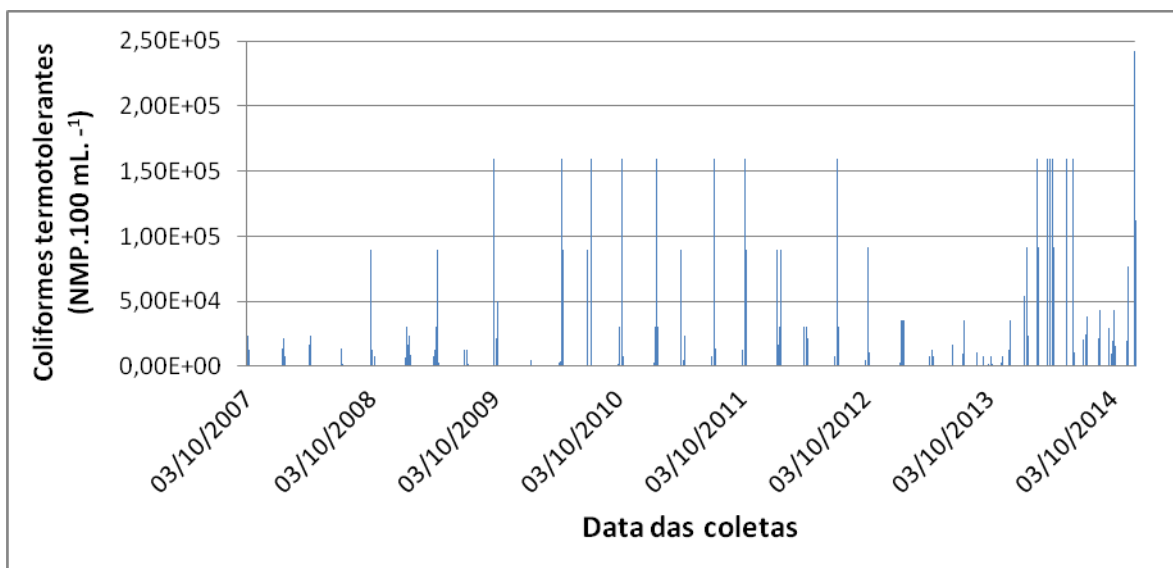


Figura 9: Variações da densidade de coliformes termotolerantes nos pontos avaliados no rio Doce, no período de 2007 a 2014.

CONCLUSÕES

Verificou-se que *D. planctonicum* floresceu na água do rio Doce, nos finais dos períodos estivais de 2010, 2011 e 2012, principalmente nos pontos de coleta situados à jusante da cidade de Governador Valadares (RD44). No entanto, a presença dessa cianobactéria foi observada na água ao longo de todos os pontos avaliados e teve como origem florações que ocorreram na represa Rizoleta Neves (RD72). O aumento na densidade das células, caracterizando florações, ocorreu logo após o barramento do rio na região de Baguari em outubro de 2009. Ano este também onde se registrou no mês de janeiro as maiores densidades pluviométricas no período avaliado, principalmente na região da bacia do rio Piranga. O barramento do rio aliado a um maior aporte de nutrientes, devido às intensas chuvas, além de permitir um maior contato da água com os sedimentos das margens ricos em nutrientes, permitiu maior acúmulo de fósforo na água na região à montante (RD33), favorecendo as florações que ocorreram até o ano de 2012. A partir de 2013, ano em que as mesmas não ocorreram, verificou-se um aumento gradativo da relação estequiométrica entre as concentrações de nitrogênio total e de fósforo total. Esse aumento na relação N/P se deveu principalmente à elevação das concentrações de nitrogênio total na água do rio, devido a uma maior concentração natural das diversas formas desse elemento causada pela escassez de chuvas nas regiões das nascentes. Com isso, ocorreu concomitantemente uma queda nas concentrações de fósforo total na água. Esse fato comprova a influência alóctone desse importante elemento limitante ao desenvolvimento das cianobactérias, principalmente observada no ano de 2013. Essa constatação foi corroborada pela redução simultânea da densidade de bactérias coliformes termotolerantes, no mesmo período. Com os resultados do presente estudo ficou constatada também que a carência de chuvas pode também reduzir as contribuições de fósforo alóctone na água do rio Doce, impedindo subsequentemente a ocorrência de florações de *D. planctonicum*, mesmo com elevados períodos de insolação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FERRAZ, H.D.A. (2012) *Associação da Ocorrência de Cianobactérias às Variações de Parâmetros de Qualidade da Água em Quatro Bacias Hidrográficas de Minas Gerais*. 133 f. Dissertação (Mestrado em saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
2. IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Doce*. Belo Horizonte: IGAM, 2014. Acessível em <<http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/downloads.htm>>.
3. INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. BDMEP. Belo Horizonte: INMET, 2014. Acessível em <<http://www.inmet.gov.br/portal>>.
4. JARDIM, F.A.; RESENDE, R.M.S.; LADEIA, M.M.; GIANI, A.; CERQUEIRA, D.A.; JARDIM, B.F.M. (2008) Cyanobacteria blooms in waters of river intake areas in Minas Gerais – Brazil, during the dry season of 2007 - Contingency Plants. In: *Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9, 2008. Florença (Itália): ANDIS, CD-ROM.
5. JARDIM, B.F.M. (2011) *Variação dos Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Superficiais da Bacia do Rio das Velhas-MG e sua Associação com as Florações de Cianobactérias*. 113 f. Dissertação (Mestrado em saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, MG.
6. JARDIM, F. A.; von SPERLING, E.; de MELO JARDIM, B. F.; de BRITO ALMEIDA, K. C. Fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. V. 19, n.3, JUL/SET 2014.
7. SCHREURS, H. 1992 Cyanobacterial dominance, relation to eutrophication and lake morphology. Thesis, University of Amsterdam.
8. SOARES, M.C.S.; HUSZAR, V.L.M.; ROLAND, F. (2007) Phytoplankton dynamics in two tropical rivers with different degrees of human impact (Southeast Brazil). *River Research and Applications*, v. 23, p. 698-714.
9. STATISTICA 6,1 STATSOFT, Inc., Tulsa, USA, 2003.
10. VON SPERLING, E.; JARDIM, F.A. Influence of climatic conditions on cyanobacteria blooms in a tropical water supply river. In: *34WEDC Conferences*, 2009, Addis Abeba. 34 WEDC Conferences. Loughborough: Loughborough University, 2009. v. 1, p. 832-836.