

MONITORAÇÃO DA QUALIDADE HÍDRICA DAS LAGOAS DE JACAREPAGUÁ E CAMORIM ATRAVÉS DE ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS COM *Daphnia similis*

Leonardo Cesar D'Avila Pires^{1,2}, Ana Cláudia Pimentel de Oliveira^{1,2}

¹Universidade Castelo Branco - Centro de Pesquisa em Biologia - Escola de Saúde e Meio Ambiente, Av. Santa Cruz, 1.631, Realengo, Rio de Janeiro, RJ – CEP 21.710-250.

²INEA – Instituto Estadual do Ambiente (Rio de Janeiro) – Rua Salvador Allende, n. 5.500 - Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro - RJ, CEP 22.780-160

e-mail: leonardocesar47@yahoo.com.br

RESUMO

O crescimento urbano desordenado vem deteriorando cada vez mais as águas que atravessam as grandes cidades brasileiras. Condição que favorece a perda da qualidade hídrica e as frequentes florações de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas. Os ensaios ecotoxicológicos aquáticos são os mais utilizados, pois o meio hídrico é considerado o mais importante compartimento receptor, pois substâncias químicas lançadas no ar ou no solo irão atingi-lo através das chuvas, lavagem do solo e infiltrações. O objetivo do trabalho é monitorar a qualidade da água das Lagoas de Jacarepaguá e de Camorim através de ensaios ecotoxicológicos. Os ensaios ecotoxicológicos foram realizados com o microcrustáceo *Daphnia similis*, seguindo a norma ABNT 12713:2009. Os resultados foram expressos como tóxico ou não tóxico. A concentração de microcistinas foi analisada através de kit comercial. Os ensaios ecotoxicológicos revelam que as amostras das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim não promoveram efeitos letais nem imobilidade ao microcrustáceo *Daphnia similis*. As maiores concentrações de microcistinas foram de 96,512 µg/L, na Lagoa de Jacarepaguá, e na Lagoa de Camorim 161,978 µg/L. Mesmo assim, estas não foram consideradas tóxicas a vida aquática. Entretanto, cabe ressaltar que essas Lagoas são classificadas como hipereutrófica e de péssima qualidade hídrica. As águas das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim não conferem riscos à biota aquática, mesmo sendo classificadas como de péssima qualidade hídrica. Portanto, fica evidente a necessidade da realização de ensaios crônicos.

Palavras-chave: Toxicidade, Microcrustáceo, Microcistinas.

INTRODUÇÃO

O termo ecotoxicologia foi introduzido em 1969, pelo toxicologista francês René Truhaut durante uma reunião do *Committee of the International Council of Scientific Unions (ICSU)*, em Estocolmo, definindo-a como "a ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a interação das substâncias com o meio nos quais os organismos vivem num contexto integrado" (Truhaut 1977 *apud* Ambrozevicius & Brandimarte 2009; Flynn & Pereira 2011).

Os testes ecotoxicológicos podem ser realizados com amostras do ar, água, solo e sedimentos dependendo do tipo de ensaio a ser realizado, a fim de detectar os efeitos tóxicos resultantes de interações sinérgicas, de potenciação, antagônicas, aditivos entre os diferentes contaminantes orgânicos e inorgânicos (Mozeto & Zagatto 2006; Pinheiro 2010), e compreender se são nocivos e onde manifestam efeitos para que se possa proteger o ambiente da forma mais restritiva possível (Ambrozevicius & Brandimarte 2009). Enquanto, os resultados das análises químicas que geralmente são utilizados para avaliar a qualidade da água, não são capazes de indicar o potencial tóxico causado pelos poluentes, pois não demonstram os efeitos causados sobre os ecossistemas (Silva *et al.* 2015). Ambrozevicius & Brandimarte (2009) também informam que as análises químicas possuem capacidade limitada de detecção, enquanto os biotestes representam a totalidade dos efeitos das substâncias e características da amostra, incluindo possíveis efeitos de interação entre compostos, como adição e sinergismo. Leusch & Chapman (2010) *apud* Melo (2012) consideram vantajoso este tipo de ensaio, pois detectam possíveis substâncias tóxicas com base na atividade biológica, não sendo necessário o conhecimento do composto químico.

A avaliação da toxicidade de uma amostra pode ser aguda ou crônica. O ensaio agudo consiste em expor os organismos-teste a amostra, em um curto período de tempo, geralmente em um intervalo entre 0 a 96 horas (Rand & Petrocelli 1985 *apud* Magalhães & Ferrão-Filho 2008; Silva *et al.* 2015). Neste período observam-se os efeitos severos e rápidos como a imobilidade e/ou letalidade. Enquanto, o ensaio de toxicidade crônica avalia os efeitos da amostra nos organismos-teste em concentrações sub-letais. Estes são expostos à amostra de forma prolongada, em parte ou todo o ciclo de vida, podendo ser verificado se as suas funções biológicas como reprodução, crescimento e até mesmo locomoção foram prejudicadas.

A seleção dos organismos-teste tem como característica pequeno limite de tolerância a determinadas substâncias, quando expostos a algum tipo de poluente (Costa *et al.* 2008 *apud* Kramer & Azevedo 2013). Para sua escolha estes devem ser mantidos em laboratório, sendo necessário o conhecimento prévio de sua biologia para que possam ser utilizados nos ensaios. Os procedimentos para cultivos e metodologias de ensaio devem estar definidos em normas técnicas nacionais e/ou internacionais, garantindo a reprodutibilidade dos resultados.

Os ensaios ecotoxicológicos aquáticos são os mais utilizados, pois o meio hídrico é considerado o mais importante compartimento receptor, pois substâncias químicas lançadas no ar ou no solo irão atingi-lo através das chuvas, lavagem do solo e infiltrações (Lessa 2010). Assim, promove o crescente nível de pressão que os

corpos hídricos vem sofrendo, particularmente do início do século XX até o presente, que reflete na qualidade da água e de vida dos organismos ali presentes, condição que torna-se imprescindível o monitoramento destes.

O crescimento urbano desordenado vem deteriorando cada vez mais as águas que atravessam as grandes cidades brasileiras, decorrente do déficit da coleta e tratamento do esgoto doméstico, o mesmo acaba sendo lançado "*in natura*" em nossas águas (Tucci *et al.* 2001; Barreto *et al.* 2013; Tundisi 2003 *apud* Neves *et al.* 2015). De acordo com a Agência Nacional de Águas, os ecossistemas aquáticos possuem a capacidade de decompor a matéria orgânica causada pelas atividades humanas, mas geralmente ocasiona-se um estresse no meio hídrico quando a carga de nutrientes se torna maior que o ecossistema é capaz de degradar (ANA 2017). Tal condição enriquece artificialmente esse ecossistema com o "*input*" de altas concentrações de fósforo e nitrogênio, gerando uma crescente eutrofização, favorecendo o aumento da incidência de florações de microalgas e cianobactérias (Azevedo 1998; Barreto *et al.* 2013).

O abundante crescimento de cianobactérias impacta diretamente a qualidade da água, por apresentarem florações, também conhecidas como "*blooms*", (Vasconcelos *et al.* 2011) podendo ser observado alterações na coloração da água, desde manchas de cor vermelha, marrom ou azul-esverdeada (Azevedo 1998 *apud* Brandão & Domingos 2006; Torgan 1989 *apud* Silva 2011). Estas florações de cianobactérias podem produzir compostos que conferem um desagradável odor e sabor à água. Porém a problemática mais grave é a capacidade de produção de cianotoxinas, podendo gerar casos de intoxicação hepatotóxicas, neurotóxicas ou dermatotóxicas em animais e humanos, além de tornarem os ambientes impróprios para a pesca e a recreação (Carmichael 1992; Carmichael & Falconer 1993 *apud* Vasconcelos *et al.* 2011).

As cianotoxinas são endotoxinas e a sua liberação para a fração aquosa ocorre principalmente durante o processo de senescência, morte e lise das células, e não através de uma contínua excreção de compostos (Sivonen & Jones 1999 *apud* Morais 2012). As hepatotoxinas são as cianotoxinas mais frequentes, sendo as microcistinas o tipo mais comum de intoxicação envolvendo cianobactérias. As microcistinas são heptapeptídeos monocíclico, composto de três D-aminoácidos, dois L-aminoácidos e dois aminoácidos não usuais: N-metilhidroalanina e 3-amino-9-metoxi-10-fenil-2,6,8-trimetildeca-4, 6-ácido dienóico, conhecido abreviadamente como, Adda (Harada 1996; Nascimento 2011).

As microcistinas são produzidas por diversas espécies do gênero *Microcystis*, especialmente por *M. aeruginosa*, e por espécies de *Anabaena*, *Planktothrix*, *Nostoc*, *Hepalosiphon* (Yoo *et al.* 1995; Sivonem *et al.* 1996; Dawson 1998 *apud* Carvalho *et al.* 2006), *Synechocystis* (Nascimento & Azevedo 1999 *apud* Carvalho *et al.* 2006), *Aphanocapsa* (Domingos *et al.* 1999 *apud* Carvalho *et al.* 2006) e *Oscillatoria* (Brittain *et al.* 2000 *apud* Carvalho *et al.* 2006).

Os sinais clínicos das hepatotoxicoses observados em animais incluem: fraqueza, anorexia, vômito, extremidade do corpo fria, palidez e diarreia. A morte pode ocorrer de poucas horas a poucos dias, após a exposição inicial a toxina, resultado de hemorragia intra-hepática e choque hipovolêmico, caracterizado com o aumento de 100% do peso do fígado (Carmichael 1994; Chorus & Bartram 1999).

Existem registros de morte por envenenamento de bovinos, cavalos, porcos, ovelhas, cães, peixes e invertebrados pela ingestão ou contato com as florações tóxicas (Carmichael 1994, Falconer 1999 *apud* Silva *et al.* 2014). No Brasil, já foi constatado florações tóxicas em reservatórios de água, açudes, rios, lagos e lagoas de todas as cinco regiões do país (ANA 2017), também é o local onde ocorreu o caso mais grave de intoxicação de floração tóxica, sendo o único caso comprovado envolvendo a morte de seres humanos, que ficou conhecido como a "Síndrome de Caruaru" que ocorreu na cidade de Caruaru - PE, em 1996, no nordeste do Brasil, onde mais de 70 pacientes de uma clínica de hemodiálise vieram a óbito devido à intoxicação por microcistinas (Silva *et al.* 2013).

Nos ensaios ecotoxicológicos com amostras aquosas, dentre os diversos organismos-teste, o mais utilizado nos ensaios é o microcrustáceo da espécie *Daphnia similis*, este organismo é comumente utilizado na avaliação de risco e monitoramento de poluentes em meio aquático (Jonsson & Maia 2007; Tavares 2014), sendo reconhecido como organismo de alta sensibilidade. A espécie é frequentemente utilizada nos ensaios ecotoxicológicos com amostras de água doce, porém de acordo com Loureiro *et al.* (2013), várias populações já foram encontradas em ecossistemas aquáticos de água salobra, com salinidade entre 0,1ppt e 2,3 ppt.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo monitorar a qualidade da água das Lagoas de Jacarepaguá e de Camorim que apresentam constantes florações da espécie *Microcystis aeruginosa*, produtora de microcistinas através de ensaios ecotoxicológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

As Lagoas de Jacarepaguá e Camorim fazem parte do Complexo Lagunar de Jacarepaguá (CLJ) (Figura 1), apresentam cerca de 130km² de extensão e percorrem diversos bairros do Estado do Rio de Janeiro captando em suas águas grande quantidade de sedimentos, resíduos industriais e domésticos (Semads 2001 *apud* Gomes *et al.* 2009).



Figura 1 – Complexo Lagunar de Jacarepaguá com identificação das Lagoas de Jacarepaguá, Camorim, Tijuca e Marapendi, Rio de Janeiro – RJ.

Fonte: <http://oglobo.globo.com/infograficos/lagoas-jacarepagua/> Acessado em 15/5/2015 às 13:13h.

Conforme evidencia a Figura 1, a Lagoa de Jacarepaguá é constituída de uma área de aproximadamente 3,7 km², profundidade média de 3,3 metros e é a mais continental do CLJ, com escassa troca de água com o mar e com o maior tempo de retenção da água, o que contribui para o aumento da eutrofização (Domingos 2001 *apud* Gomes *et al.* 2009). Enquanto, a Lagoa de Camorim é um trecho alongado, servindo como um canal de ligação entre as lagoas de Jacarepaguá e Tijuca, possuindo apenas 0,8 km² de extensão (Sampaio 2008).

Para a realização dos ensaios ecotoxicológicos foram realizadas quatro (04) coletas superficiais de amostras de água das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim nos meses de dezembro/2015, janeiro/2016, março/2016 e abril/2016.

Os ensaios ecotoxicológicos foram realizados com o organismo-teste, o microcrustáceo invertebrado *Daphnia similis* (Figura 2). Este foi cultivado no Laboratório de Ecotoxicologia do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), seguindo a norma ABNT 12713:2009. Todos os ensaios foram realizados em quadruplicata, onde 10 organismos jovens foram introduzidos em 40mL da amostra coletada e expostos por um período de até 48h, observando-se a imobilidade e/ou letalidade dos organismos testados. A condição controle foi realizada utilizando a água do cultivo, que é uma mistura de água natural e água reconstituída. O ensaio foi do tipo agudo, com duração de 48 horas e monitorado nos tempos 0h (início) e 48h para concentração de oxigênio dissolvido (OD) e valores de pH. A salinidade (ppt) foi verificada somente no início do ensaio (tempo 0 h).

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos foram expressos de forma qualitativa, onde é expresso como tóxico ou não tóxico.



Figura 2 – Ilustração do organismo-teste, microcrustáceo da espécie *Daphnia similis*.

Fonte: <http://petecologiaufipe.blogspot.com.br/2013/02/artigo-o-uso-do-bioindicador-daphnia.htm>. Acessado em 15/09/2015.

A quantificação de microcistinas (cianotoxina) nas amostras foi determinada através da técnica de imunoensaio do tipo “ELISA”, com uso de Kit comercial específico da marca Beacon Analytical Systems inc. A análise desse parâmetro foi realizada durante o período de maio/2015 a abril/2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os resultados de oxigênio dissolvido (mg/L) durante os ensaios ecotoxicológicos.

Tabela 1 – Concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg/L) determinadas durante o ensaio ecotoxicológico nas amostras de água das Lagoas de Jacarepaguá, Camorim e da condição controle, nos tempos amostrais de 0h e 48h.

| Concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg/L) | | | | | | |
|---|----------|------|----------------------|------|------------------|------|
| Amostras/ Meses | Controle | | Lagoa de Jacarepaguá | | Lagoa de Camorim | |
| | 0h | 48h | 0h | 48h | 0h | 48h |
| - | | | | | | |
| Dezembro/2015 | 7,95 | 8,20 | 7,01 | 7,54 | 6,06 | 7,71 |
| Janeiro/2016 | 6,98 | 8,96 | 6,30 | 6,54 | 7,77 | 6,85 |
| Março/2016 | 8,83 | 8,30 | 7,49 | 7,00 | 6,63 | 6,95 |
| Abril/2016 | 8,47 | 7,66 | 8,80 | 6,62 | 7,45 | 7,16 |

Na condição controle foi possível verificar que houve uma variação na concentração de oxigênio dissolvido (OD) entre 6,98mg/L a 8,83mg/L no tempo amostral de (0h) (Tabela 1). Enquanto, na Lagoa de Jacarepaguá a menor concentração de OD foi determinada de 6,30 mg/L de OD no mês de Janeiro/2016 e na Lagoa de Camorim foi de 6,06 mg/L de OD, na amostra do mês de Dezembro/2015. No tempo amostral de 48h, a condição controle apresentou uma variação de OD de 7,66 mg/L a 8,96 mg/L. Na Lagoa de Jacarepaguá, a menor concentração de OD foi de 6,54 mg/L e na Lagoa de Camorim foi de 6,85 mg/L. Estas concentrações de OD atendem o recomendado pela Norma ABNT NBR 12713:2009, onde a concentração mínima de OD aceitável na amostra para a realização do ensaio é de 1,0 mg/L de OD.

A tabela 2 apresenta os valores de pH. Na Lagoa de Jacarepaguá, estes variaram de pH 5,83 a pH 8,43, no tempo amostral de 0h. Enquanto, na Lagoa de Camorim, os valores variaram de pH 6,48 a pH 8,13. Para a condição controle, a variação foi de pH 5,59 a pH 7,78. No tempo amostral de 48h, os valores de pH, na condição controle, variaram de pH 7,0 a pH 7,88. Na lagoa de Jacarepaguá os valores oscilaram de pH 6,75 a pH 7,30 e na Lagoa de Camorim de pH 6,70 a pH 7,63.

Segundo a ABNT NBR 12713:2009, para a realização do ensaio, a amostra deve apresentar a faixa de pH5,0 a pH9,0. Sendo assim, as águas das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim se enquadram dentro dos critérios para a realização dos ensaios.

Tabela 2 - Valores de pH determinados durante os ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras de água das Lagoas de Jacarepaguá, Camorim e da condição controle, nos tempos amostrais de 0h e 48h.

| Valores de pH | | | | | | |
|---------------|----------|------|----------------------|------|------------------|------|
| Meses | Controle | | Lagoa de Jacarepaguá | | Lagoa de Camorim | |
| | 0h | 48h | 0h | 48h | 0h | 48h |
| - | | | | | | |
| Dezembro/2015 | 7,58 | 7,62 | 8,43 | 7,30 | 8,13 | 7,28 |
| Janeiro/2016 | 5,59 | 7,0 | 5,83 | 7,25 | 6,48 | 7,63 |
| Março/2016 | 7,53 | 7,88 | 7,18 | 6,75 | 8,06 | 6,70 |
| Abril/2016 | 7,78 | 7,79 | 7,46 | 7,04 | 6,81 | 7,00 |

A tabela 3 evidencia os valores de salinidade (ppt) determinados nas amostras das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim. Estas variaram de 0,9 ppt a 2,0 ppt, nas águas da Lagoa de Jacarepaguá. Na Lagoa de Camorim a salinidade foi de 1,3 ppt a 10,3 ppt.

Tabela 3 - Valores das concentrações de salinidade (ppt) das Lagoas de Jacarepaguá, Camorim e da condição Controle no início (0h) do ensaio ecotoxicológico.

| Salinidade (ppt) | | | |
|------------------|----------|----------------------|------------------|
| Meses | Controle | Lagoa de Jacarepaguá | Lagoa de Camorim |
| Dezembro/2015 | - | 0,9 | 1,3 |
| Janeiro/2016 | - | 2,0 | 5,0 |
| Março/2016 | - | 1,2 | 1,8 |
| Abril/2016 | - | 1,0 | 10,3 |

(-) - não realizado.

Nos ensaios ecotoxicológicos com o microcrustáceo *Daphnia similis* não foi observado imobilidade dos organismos testes nem letalidade em número de organismos suficientes para considerar as amostras das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim nocivas à biota aquática, ou seja, tóxicas. Conforme mostram as tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras da Lagoa de Jacarepaguá, evidenciando o número de organismos-teste (*Daphnia similis*) móveis ou imóveis/letais.

| Data | Lagoa de Jacarepaguá | Número de organismos | | Total de organismos | |
|---------|----------------------|----------------------|--------|---------------------|---------------|
| | | móveis | móveis | Móveis | Imóveis/letal |
| 12/2015 | Condição CONTROLE | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | AMOSTRA (n:4) | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| 01/2016 | Condição CONTROLE | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | AMOSTRA (n:4) | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| 03/2016 | Condição CONTROLE | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | AMOSTRA (n:4) | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| 04/2016 | Condição CONTROLE | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | AMOSTRA (n:4) | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 4 | 5 | 9 | 1 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |

(n:4) = ensaio realizado em quadruplicata.

Na Lagoa de Jacarepaguá foi constatada a morte de apenas 01 (um) organismo-teste na amostra do mês de abril/2016. O mesmo foi observado com a amostra da Lagoa de Camorim do mês de dezembro/2015. Entretanto, somente na amostra coletada em abril/2016 foi possível observar a mortalidade dos 40 (quarenta) organismos teste, ou seja, de 100% dos organismos expostos. Tal resultado pode ser decorrente da salinidade da amostra igual a 10,3 ppt (Tabela 3), condição considerada fator de interferência no resultado, uma vez que *Daphnia similis* é um organismo de água doce, podendo tolerar ambiente salobro de até 2,3 ppt (Loureiro *et al.* 2013). Na condição controle assim como nas demais amostras, de ambas as lagoas, não foram observadas mudanças nos comportamentos (imobilidade) ou letalidade dos organismos-teste.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras da Lagoa de Camorim evidenciando o número de organismos-teste (*Daphnia similis*) móveis ou imóveis/letais.

| Data | Lagoa de Camorim | Número de organismos | | Total de organismos | |
|---------|-------------------|----------------------|--------|---------------------|---------------|
| | | móveis | móveis | móveis | Imóveis/letal |
| 12/2015 | Condição CONTROLE | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | AMOSTRA (n:4) | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 09 | 1 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| 01/2016 | Condição CONTROLE | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | AMOSTRA (n:4) | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| 03/2016 | Condição CONTROLE | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | AMOSTRA (n:4) | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | | 5 | 5 | 10 | 0 |
| 04/2016 | Condição CONTROLE | 5 | 5 | 10 | 0 |
| | AMOSTRA (n:4) | 5 | 5 | 0 | 10 |
| | | 5 | 5 | 0 | 10 |
| | | 5 | 5 | 0 | 10 |
| | | 5 | 5 | 0 | 10 |

(n:4) = ensaio realizado em quadruplicata.

Assim, as amostras das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim não foram consideradas tóxicas à vida aquática, ou seja, nos ensaios ecotoxicológicos não foram observados imobilidade ou letalidade do organismo teste, *Daphnia similis*. Cabe ressaltar que essas lagoas são classificadas como hipereutrófica e de péssima qualidade hídrica (INEA 2016).

Os resultados apresentados concordam com os de Negreiro & Egler (2009). Estes avaliaram a qualidade hídrica do Rio Piabanha (RJ), caracterizado pelo recebimento de despejos domésticos em treze pontos amostrais e também não observaram efeitos de toxicidade nos ensaios realizados com a espécie *Daphnia similis*.

Brandolt & Lobo (2010) também realizaram ensaios ecotoxicológicos com três amostras de água da Lagoa de Patos (RS) utilizando o microcrustáceo *Daphnia magna*. Essa Lagoa é utilizada para irrigação de cultivos de arroz, atividade considerada de alto potencial poluidor, pois suas águas podem conter resíduos de fertilizantes e agroquímicos. No ensaio ecotoxicológico foi verificada ausência de toxicidade para apenas um

ponto, enquanto nos demais foram determinados uma baixa toxicidade. O mesmo foi descrito por Samy *et al.* (2010), que mencionam a não toxicidade das águas da bacia do rio do Braço (SC) ao organismo teste, *Daphnia similis*. Este corpo hídrico é receptor de efluentes domésticos e industriais, também utilizado para irrigação, agropecuária, além da existência de exploração de empresas de mineração em suas proximidades. Entretanto, as análises realizadas com o sedimento evidenciaram efeito letal para o amfípoda *Hyalella azteca*.

Os resultados das concentrações de microcistinas nas amostras de água das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim estão apresentados na Figura 3 e seus valores expressos na Tabela 6. Na Lagoa de Jacarepaguá, as concentrações de microcistinas variaram de 2,10 µg/L, em setembro de 2015, a 96,51 µg/L, em dezembro de 2015. Na Lagoa de Camorim essa variação foi de 0,14 µg/L, em outubro de 2015, a 161,97 µg/L em dezembro de 2015. Para a Lagoa de Camorim também foi possível verificar uma alta concentração dessa molécula no mês de janeiro/2016, 111,18 µg/L de microcistinas.

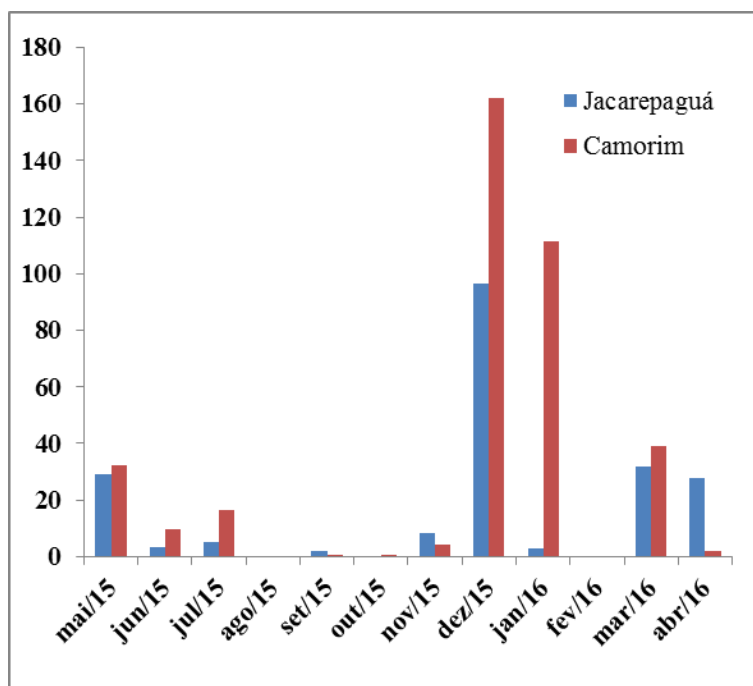


Figura 3 – Concentrações de microcistinas (µg/L) nas amostras de água das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim durante o período de maio/2015 a abril/2016.

Nos meses de agosto de 2015 e fevereiro de 2016, as análises não foram realizadas devido à impossibilidade de coleta. O mesmo ocorreu no mês de outubro de 2015 para a Lagoa de Jacarepaguá.

As elevadas concentrações de microcistinas (96,51 µg/L e 161,97 µg/L) determinadas nas amostras da Lagoa de Jacarepaguá e Lagoa de Camorim (dezembro/2015), respectivamente, não promoveram efeitos nocivos agudos a *Daphnia similis*.

Tabela 6 - Valores das concentrações de microcistinas (µg/L) determinados nas amostras de água das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim durante o período de maio de 2015 a abril de 2016.

| Ano/meses | 2015 | | | | | | | | 2016 | | | |
|-------------|-------|------|-------|------|------|------|------|--------|--------|------|-------|-------|
| | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. |
| Jacarepaguá | 29,05 | 3,37 | 5,10 | - | 2,10 | | 8,15 | 96,51 | 3,05 | - | 31,95 | 27,58 |
| Camorim | 32,17 | 9,71 | 16,58 | - | 0,66 | 0,14 | 4,33 | 161,97 | 111,18 | - | 38,83 | 1,98 |

O mesmo foi observado por Silva (2012) que expôs os resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados com amostras de água bruta da represa de Guararoba e represa do Lago do amor, localizados em Campo Grande (MS) com floração de cianobactérias do gênero *Aphanizomenon* sp, *Oscillatoria* sp, *Phormidium* sp e *Planktothrix agardhii*. Os resultados dos ensaios foram negativos em 99% das amostras testadas, o que permitiu inferir que as cianotoxinas produzidas por essas cianobactérias não provocaram efeitos tóxicos na *Daphnia similis*.

O mesmo não foi observado por Almeida *et al.* (2014). Estes autores realizaram ensaios ecotoxicológicos com *Daphnia magna* em contato com um extrato bruto contendo 89,0 µg/L de microcistinas. Nessa condição verificou-se letalidade de 92% dos organismos testes. O mesmo foi narrado por Brentano *et al.* (2014) que verificaram durante o monitoramento da qualidade da água da Lagoa de Peri – SC, que apresentava constantes florações tóxicas da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii*, efeitos agudos nos ensaios ecotoxicológicos, ou seja, a letalidade dos organismos-teste, *Daphnia magna*.

CONCLUSÃO

Os resultados permitem concluir que as águas das Lagoas de Jacarepaguá e Camorim não conferem riscos à biota aquática, mesmo sendo estas classificadas como de péssima qualidade hídrica e apresentarem elevadas concentrações de microcistinas, cianotoxinas associada a diversos casos de envenenamento animal e humano. As microcistinas não promoveram efeitos tóxicos a *Daphnia similis*, organismo reconhecido como de alta sensibilidade a poluentes orgânicos e inorgânicos. Portanto, fica evidente a necessidade da realização de ensaios crônicos a fim de verificar o efeito das águas das lagoas de Jacarepaguá e Camorim no crescimento, reprodução e locomoção de *Daphnia similis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida AR, Copelli TS, Pagioro TA (2014) Análise de fluorescência e bioensaios como método de caracterização da remoção de microcistina por adsorção pelo bagaço de cana. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ. Florianópolis – SC, 19 a 22 de Outubro.
- Ambrozevicus AP, Brandimarte AL (2009) Implicações do uso da ecotoxicologia na avaliação da qualidade de ambientes aquáticos. Safety, Health and Environmental World Congress. Pp 179-181, July 26-29, , Mongaguá, Brazil.
- Agência Nacional das águas – ANA (2017). Política Nacional de Recursos Hídricos completa 20 anos. Disponível em: http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=13154. Acesso em 12/02/2017.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 12713: (2009) Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea). Rio de Janeiro,
- Azevedo SMFO (1998) Toxinas de cianobactérias: Causas e consequências para a saúde pública. Medicina on line, V.1, N.3, p.1-16, Jul./Ago./Set.
- Barreto LV, Barros FM, Bonomo P, Rocha FA, Amorim JS (2013) Eutrofização em rios Brasileiros. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16.
- Brandão LH, Domingos P (2006) Fatores ambientais para a floração de cianobactérias tóxicas. Saúde & Ambiente em revista, Duque de Caxias, V.1, N.º2, P. 40-50.
- Brandt TD, Lobo EA (2010) Avaliação ecotoxicológica utilizando bioensaios com *Daphnia magna* em água de lavoura de arroz no município de mostardas, RS, Brasil. *TECNO-LÓGICA*, Santa Cruz do Sul, v.14, n.2, p. 47-51, jul./dez.
- Brentano DM, Cardoso GC, Souza B (2014) Cianotoxinas em um manancial dominado por *Cylindrospermopsis raciborskii* e a avaliação da toxicidade aguda deste ambiente. 4º Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC, Santa Catarina.
- Brittain S, Mohamed ZA, Wang J, Lehmann VK, Carmichael WW, Rinehart KL (2000) Isolation and characterization of microcystins from a river Nile strain of *Oscillatoria tenuis* Agardh ex Gomont. *Toxicon* 38(12):1759-1771.
- Carmichael WW (1992) Cyanobacteria secreted metabolites – the cyanotoxins. *Journal of Applied Bacter*, 72:445-459.
- Carmichael WW, Falconer IR (1993) Disease related to freshwater blue-green algal toxins, and control measures. In *algal toxins in seafood and drinking water*, ed. By I.R. Falconer, 187-209. San Diego, CA: Academic Press.
- Carmichael WW (1994) The toxins of cyanobacteria *Scientific American*, N.º 270, P. 78-86.
- Carvalho LR, Souza RCR, Aguiar LF, Azevedo MTP, Sant'anna CL (2006) Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência. P.5-8.
- Chorus I, Bartram J (1999) *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. London, New York: E&FN Spon. Pp.1-432.
- Costa CR, Olivi P, Botta CMR, Espindola ELG (2008) A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Quim. Nova*, Vol. 31, N.º 7, 1820- 1830.
- Dawson R (1998) The toxicology of microcystins. *Toxicon* 36(7): 935-962.
- Domingos P (2001) Dinâmica de cianobactérias produtoras de microcistinas na Lagoa de Jacarepaguá (RJ). Tese de Doutorado em Biotecnologia Vegetal. P.111. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Domingos P, Rubim TK, Molica RJR, Azevedo SMFO, Carmichael WW (1999) First report of microcystin production by picoplanktonic cyanobacteria isolated from a northeast Brazilian drinking water supply. *Environmental Toxicology* 14(1):31-35.
- Falconer IR (1999) An overview of problem caused by toxic blue green algae (cyanobacteria) in drinking and recreational water. *Environ, Toxicol.* 145:5-12.
- Flynn MN, Pereira WRL (2011) Abordagem Populacional na Ecotoxicologia. *RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, v. 4, n. 3, p. 79-91, out
- Gomes AMA, Sampaio PL, Ferrão-Filho AS, Magalhães VF, Marinho MM, Oliveira ACP, Santos VB, Domingos P, Azevedo SMFO (2009) Florações de cianobactérias tóxicas em uma lagoa costeira hipereutrificada do Rio de Janeiro /RJ (Brasil) e suas consequências para a saúde humana. *Oecologia Bras.*, 13 (2), p.329-345.
- Harada KI, Murata H, Qiang Z, Suzuki M, Kondo F (1996) Mass spectrometric screening method for microcystins in cyanobacteria. *Toxicon* 34 (1): 73-84.

- Instituto Estadual do Meio Ambiente do Rio de Janeiro (2016) Boletim de qualidade das águas da região hidrográfica v - Baía de Guanabara, Bacia do sistema Lagunar de Jacarepaguá. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdi2/~edisp/inea0026987.pdf>. acesso em 03/04/2016
- Jonsson CM, Maia AHN (2007) Avaliação da toxicidade do lodo de esgoto de duas estações de tratamento para o invertebrado aquático *Daphnia similis*. Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente. Curitiba, V. 17, P. 1-8 Jan./Dez.
- Kramer RD, Azevedo JCR (2013) A ecotoxicologia na gestão dos recursos hídricos. XX Simpósio Brasileiro de recursos hídricos, Bento Gonçalves / RS.
- Lessa HFD (2010) O uso do bioindicador *Daphnia similis* claus, 1876 (Crustacea, Cladocera) para avaliação da toxicidade aguda da água superficial do reservatório da Lagoa da Pampulha. Centro Universitário metodista Izabela Hendrix. Belo Horizonte – MG.
- Leusch F, Chapman H (2010) The role of toxicity testing in identifying toxic substances: A framework for identification of suspected toxic compounds in water. Griffith University. Disponível em: <http://www.dhhs.tas.gov.au>>. Acesso em: 31 ago. 2011.
- Loureiro C, Gonçalves F, Pedrosa MA, Pereira JL, Antunes SC, Castro BB (2013) Efeitos de alterações ambientais em populações de invertebrados: uma abordagem prática. CAPTAR. 4(1); 57-71.
- Magalhães DP, Ferrão-Filho AS (2008) A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. Oecol. Bras., 12 (3): 355-381.
- Melo ED (2012) Avaliação e identificação da toxicidade de efluentes líquidos de uma indústria de cosméticos. 2012. 115f. Dissertação (Pós-graduação em engenharia civil). Universidade Federal de Viçosa – MG.
- Morais AA (2012) Avaliação de técnicas convencionais de tratamento de água para consumo humano na remoção de cianobactérias e cianotoxinas e processos oxidativos para remoção de microcistinas. 2012. 159f. Dissertação (pós-graduação em engenharia civil). Universidade Federal de Viçosa – MG.
- Mozeto AA, Zagatto PA (2006) Introdução de agentes químicos no ambiente. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (eds.). Ecotoxicologia aquática – Princípios e aplicações. 1 ed. Editora Rima. P. 15-38. São Paulo, SP, Brasil.
- Nascimento MM (2011) Remoção de microcistinas por meio de oxidação química com hipoclorito de sódio e validação do método de análise por cromatografia líquida com detector de massas. 2011. 126f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia ambiental e recursos hídricos. Universidade de Brasília - DF.
- Nascimento SM, Azevedo SMFO (1999) Changes in cellular components in a cyanobacterium (*Synechocystis aquatilis* f. *salina*) subjected to diferente N/P ratios - Na ecophysiological study. Toxicology 14(1): 37-44.
- Negreiro BTB, Eglar S (2009) Avaliação ecotoxicológica da qualidade das águas do rio Piabanha [RJ]. XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM.
- Neves MA, Macedo LCB, Fonseca LC, Alves JPH (2015) Qualidade da água do reservatório Jaime Umbelino – Barragem do Poxim/Sergipe. 2º Congresso Internacional Gestão da água e monitoramento ambiental. RESAG.
- Pinheiro MG (2010) Padrões químicos para a emissão de efluentes são concentrações seguras para a biota aquática?. 2010. 21f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre.
- Rand GM, Petrocelli SR (1985) Fundamentals of aquatic toxicology. Washington. P. 665.
- Sampaio GF (2008) Cianobactérias como parâmetro de qualidade ambiental: Um estudo do complexo lagunar de Jacarepaguá. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental) Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Samy CH, Torrens BMO, Medeiros SHW (2010) Estudo do impacto ambiental na bacia do rio do Braço através de análises ecotoxicológicas. Revista de Ciências Ambientais. Canoas, V.4, N°2, P.45 a 55.
- Semads (Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável) (2001). Ambiente das águas do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Sholna Reproduções gráficas. 203p.
- Silva AC, Souza AM, Dutra IS (2014) Ocorrência de algas cianofíticas em água de dessedentação de bovinos criados extensivamente. Pesq. Vet. Bras. 34(5): 415-420.
- Silva AC (2011) Verificação da ocorrência de algas cianofíticas em água de dessedentação de bovinos criados extensivamente. 2011. Dissertação (Título de mestre em Ciência Animal) Universidade Estadual Paulista – UNESP. Aracatuba – SP.
- Silva DCVR, Pompeo M, PAIVA TCB (2015) A ecotoxicologia no contexto atual no Brasil. Capítulo 22. Ecologia de reservatórios e interfaces São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
- Silva EM, Gomes CTS, Ramos CPS, Bricio SML (2013) Ocorrência de Cianobactérias no Reservatório de Mundaú, no Estado de Pernambuco no Período de Janeiro de 2010 a Novembro de 2011. Vigilância sanitária em Debate 1(3): 35-42.
- Silva SV (2012) Identificação e avaliação da toxicidade de cianobactérias do lago do amor e da represa de abastecimento Guariroba (Campo Grande, MS) 69f.
- Sivonen K, Jones GJ (1999) Cyanobacterial toxins. In: CHORUS, I; BARTRAM, J. (editors). Toxic Cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. Cap. 3. London: E & FN Spon.
- Sivonen K, Pelander A, Ojanperä I, Himberg K, Waris M, Niinivaara K, VUORI E (1996) Screening for cyanobacterial toxins in bloom and strain samples by thin-layer chromatography. Water Research 30:1464-1470.
- Tavares RD (2014) Avaliação Físico-química e ecotoxicológica de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgoto. Revista Ibero-Americana de Ciências ambientais, Aquidabã, V.5, n.1, Dez 2013, Jan, Fev,Mar, Abr, Mai 2014.
- Torgan LC (1989) Floração de algas: Composição, causas e consequências. Florianópolis, Ínsula, n.19, p.15-34.
- Truhaut R (1977) "Eco-Toxicology – Objectives, principles and perspectives". Ecotoxicology and Environmental Safety, Vol. 1, N° 2.
- Tucci CEM, Hespagnol I, Netto OMC (2001) Gestão da água no Brasil. [S.I. : s.n.], p.47.
- Tundisi JG (2003) "Água no século 21: enfrentando a escassez". RIMA/IEE, 1-247.
- Vasconcelos JF, Barbosa JEL, Diniz CR, Ceballos BSO (2011) Cianobactérias em reservatórios do Estado da Paraíba: ocorrência, toxicidade e fatores reguladores. Boletim da sociedade, [s.i.], P. 1-20.
- Yoo RS, Carmichael WW, Hoehn RC, Hrudey SE (1995) Cyanobacterial (blue-green algal) toxins: a resource guide. American Water Works Association Research Foundation, Denver, Colorado.