



II-112 – AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE CIANOBACTÉRIAS PROVENIENTES DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE MATOZINHOS, MG

Bárbara Cury Tupinambá⁽¹⁾

Bióloga pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Responsável pela implantação do Laboratório de Cianobactéria no CETEC- SENAI de Minas Gerais.

Fernando Antônio Jardim

Biólogo pela Faculdades Metodistas Integradas Izabela Hendrix. Mestre em Saneamento pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, Doutorado em Biologia Vegetal, com ênfase em fitofisiologia pelo curso de biologia vegetal do Departamento de Botânica da UFMG. Supervisor do setor de Hidrobiologia da Divisão de Serviços de Apoio da COPASA-MG.

Endereço⁽¹⁾: Rua: Professor Antônio Aleixo, 300/1202 - Lourdes – Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP: 30180150 - Brasil - Tel: +55 (31) 3225-2116 - Fax: +55 (31)3489-2231 - e-mail: babicury@hotmail.com

RESUMO

A degradação dos mananciais de abastecimento de água constitui-se em um dos principais problemas associados à poluição hídrica, por comprometer a disponibilidade e a qualidade da água potável para a população. O aumento nas ocorrências de florações de cianobactérias resulta em diferentes impactos ambientais, além de ser um grave problema de saúde pública, uma vez que sua expressiva presença induz problemas operacionais nos sistemas de tratamento de água, reduzindo a eficiência do sistema. Além disso, algumas podem produzir metabólitos secundários que alteram as características organolépticas da água. Nas últimas décadas, as preocupações sobre a toxicidade das cianobactérias se voltaram também para efluentes tratados de estações de tratamento de esgoto, quando se utiliza lagoas de estabilização. Isso ocorre porque as cianobactérias, muitas vezes, formam verdadeiras florações nesses sistemas de tratamento, devido às próprias condições, tais como: elevada carga de nutrientes e, caso a lagoa se encontre em uma fase inicial de operação (superdimensionamento), tempo de detenção elevado. O presente estudo teve como objetivo analisar qualitativamente as cianobactérias, avaliar a presença de cianotoxinas e a capacidade de depuração das microcistinas no corpo receptor. Para as análises qualitativas utilizou-se a microscopia ótica com epifluorescência e sistema de medição calibrado. Para a análise de microcistina foram utilizados os métodos imunoenzimático do tipo *enzyme-linked immunoabsorbent assay* (ELISA) e cromatografia líquida de alta eficiência, no período de outubro de 2009 na estação de tratamento de esgoto (ETE) de Matozinhos-MG e no corpo receptor ribeirão da Mata. Foram identificadas duas espécies de cianobactérias: *Microcystis botrys* e *Sphaerotilus brasiliensis*. O ribeirão da Mata apresentou uma elevada capacidade de auto-depuração da microcistina após o laçamento de esgotos tratados da ETE Matozinhos.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoas de estabilização, Cianobactérias, Microcistinas, Matozinhos-MG.

INTRODUÇÃO

A degradação de mananciais de abastecimento de água se constitui em um dos principais problemas associadas à poluição hídrica, uma vez que compromete a disponibilidade de água potável para a população, assim como sua qualidade. A contaminação dos corpos d'água por elementos tóxicos é resultante, em grande parte, da poluição gerada pelos despejos domésticos e industriais e da aplicação de defensivos agrícolas, afetando tanto os organismos presentes nesses ambientes, como atividades humanas que dependem desse recurso (SPERLING, 1996).

Entre os efeitos resultantes da poluição das águas, pode-se destacar a redução na capacidade de depuração dos corpos d'água, a presença de organismos infecciosos e agentes etiológicos (bactérias, vírus e protozoários) na água, aumentando a ocorrência de doenças de veiculação hídrica e de eutrofização. Este fenômeno, em particular, é resultante da elevação das concentrações de nutrientes na água, principalmente compostos de

nitrogênio e fósforo, o que contribui para um desequilíbrio no processo natural de produção biológica dos corpos d'água. Neste contexto, observa-se o crescimento desordenado da comunidade fitoplânctonica nos mananciais de tratamento, em especial de cianobactérias, resultando na deterioração da qualidade da água e mais dificuldades para o tratamento (AGUJARO; ISAAC, 2003).

As cianobactérias são micro-organismos procariontes, sendo bioquímica e estruturalmente semelhantes às bactérias. Entretanto, como as algas, possuem pigmentos que as tornam capazes de realizar fotossíntese, principal fonte de energia para seu metabolismo. O nome popular desses organismos, “algas azuis”, vem da coloração verde-azulada das células quando vistas ao microscópio. Isso ocorre devido à presença de diferentes pigmentos fotossintéticos, tais como: clorofila *a*; que dá coloração esverdeada; fíocianina, que é azul; e algumas espécies possuem também um pigmento vermelho, a ficoeritrina. Elas vivem nos mais diversos tipos de ambientes, podendo ser terrestres, de água doce, salobra ou marinha, além de fontes termais, neve e deserto (SANT'ANNA; AZEVEDO, 2006). Ao contrário da maioria das algas, muitas espécies de cianobactérias podem se acumular na superfície da água, formando escumas, frequentemente denominadas florações, apresentando densidade de células extremamente elevada (WHO, 1998). De acordo com Rosset *et al.* (*apud* OLIVEIRA *et al.*, 2005), as cianobactérias ocorrem tanto no meio aquático como no solo, preferencialmente nos ambientes dulcíclicos de águas alcalinas ou neutras, com potencial de hidrogênio (pH) entre seis e nove, com valores ótimos para a taxa de crescimento de pH acima de 7,5 e temperaturas entre 15 e 30°C.

O aumento nas ocorrências de florações resulta em diferentes impactos ambientais, sociais e econômicos, além de ser um grave problema de saúde pública, uma vez que a expressiva presença de cianobactérias induz problemas operacionais nos sistemas de tratamento de água devido à sua flutuabilidade, sendo as células carreadas para os filtros, obstruindo-os e reduzindo a eficiência do sistema (CENTURION FILHO; DI BERNARDO, 2009). Também, alguns grupos de cianobactérias podem produzir toxinas altamente potentes, conhecidas como cianotoxinas, além de metabólitos que causam sabor e odor, alterando as características organolépticas da água (BRANDÃO; DOMINGUES, 2006).

Segundo Carmichael (1992), as cianotoxinas são compostos secundários que produzem efeitos nocivos em outros tecidos, células ou organismos. Os alcaloides organofosforados neurotóxicos (neurotoxinas) são caracterizados por sua rápida ação, causando a morte de mamíferos por parada respiratória após poucos minutos de exposição. De atuação mais lenta no organismo, mas não menos letal, há os heptapeptídeos cílicos (hepatotoxinas), com mais de 70 variações estruturais já identificadas. Dentre essas, a microcistina-LR (MC-LR), microcistina-RR e a microcistina-YR. Essas toxinas são caracterizadas de acordo com o arranjo dos aminoácidos na molécula. Produzem também um pentapeptídeo cílico que é a nodularina, com mecanismo de ação semelhante as microcistinas.

Casos de intoxicações em seres humanos por meio do consumo de água contaminada por cianotoxinas já foram descritos em países como Austrália, Inglaterra, China e África do Sul (FALCONER *et al.*, 1994).

O primeiro caso confirmado de morte de seres humanos por cianotoxinas no Brasil foi em 1996, na cidade de Caruaru, Pernambuco, onde 64 pacientes renais crônicos faleceram após terem sido submetidos a sessões de hemodiálise, devido à contaminação da água (AZEVEDO *et al.*, 2002). Após esse acidente – a síndrome de Caruaru -, houve um crescente aumento de estudos, com a finalidade de detecção dessas cianotoxinas. Com a publicação da Portaria nº 518/GM, de 25 de março de 2004, pelo Ministério da Saúde, ficou estabelecida a obrigatoriedade do monitoramento, pelos órgãos produtores de água potável no Brasil, de microcistinas e ficou recomendada a análise de cilindrospermopsina e saxitoxinas na água potável. Foi então estabelecido o limite máximo aceitável de 1 µg/L de microcistinas e recomendados os limites de 15 µg/L de cilindrospermopsina e 3 µg/L de saxitoxinas, visando, assim, minimizar os riscos associados às cianotoxinas em casos de intoxicações em humanos no Brasil. Com a revisão da portaria 518, a ser ainda editada pelo Ministério da Saúde, permaneceu o limite para as microcistinas e as saxitoxinas passaram a fazer parte da obrigatoriedade com o mesmo limite. A cilindrospermopsina continuou a ser recomendada, no entanto, o seu limite reduziu para 1 µg/L. (Jardim, em comunicação pessoal, 20/10/2011).

Nas últimas décadas, com a ocorrência de cianobactérias tóxicas no país, institutos de pesquisa e companhias de saneamento começaram a adotar medidas profiláticas quanto à presença desses micro-organismos na água bruta das estações de tratamento de água e nos efluentes das estações de tratamento de esgoto em lagoas de



estabilização (JARDIM *et al.*, 2004). A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Matozinhos-MG, atende a 40.705 habitantes, com capacidade de 111,8 L/s e faz parte da bacia hidrográfica do rio das Velhas, cujo corpo receptor é o ribeirão da Mata (Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA). Esse corpo receptor nasce no município de Matozinhos e, depois de percorrer cerca de 80 quilômetros, deságua no rio das Velhas, no município de Santa Luzia (BRASIL, 2011). A estação de tratamento é composta dos tratamentos primário e secundário, onde se verifica, principalmente, a remoção de sólidos grosseiros e de matéria orgânica, respectivamente. Por não possuir tratamento terciário, no qual há remoção de agentes contaminantes, a COPASA monitora a toxicidade destes a partir de testes ecotoxicológicos da água, atendendo à resolução 357/2005 do CONAMA.

A unidade operacional possui duas lagoas anaeróbicas que, devido às suas menores dimensões e à maior profundidade, a fotossíntese praticamente não acontece. Predominam, portanto, as condições anaeróbias, consumindo mais oxigênio do que produzindo. As bactérias anaeróbias têm taxa metabólica e de reprodução mais lenta do que as bactérias aeróbicas.

Essas lagoas, geralmente, têm tempo de permanência de dois a cinco dias e a decomposição da matéria orgânica é parcial. No sistema de tratamento, o esgoto afluente entra continuamente em uma extremidade das lagoas e sai também continuamente na extremidade oposta. Nas lagoas anaeróbicas e nas facultativas, uma série de eventos contribui para a purificação dos esgotos.

Nessas últimas, parte da matéria orgânica em suspensão tende a sedimentar, vindo a constituir o lodo de fundo. Esse lodo sofre decomposição por micro-organismos anaeróbios. A matéria orgânica dissolvida conjuntamente com a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões não se sedimenta, permanecendo dispersa na massa líquida. O oxigênio produzido pelas algas e cianobactérias oxida essa matéria orgânica e compostos oxidados sedimentam-se no fundo e fecham o ciclo do tratamento, voltando à forma reduzida (VARON, 2004). Por exemplo, o nitrogênio amoniacial é oxidado a nitrito e depois à nitrato. Esse nitrato, no fundo com pouco oxigênio pode sofrer o processo inverso até a sua forma gasosa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido na estação de tratamento de esgoto pertencente ao município de Matozinhos, figura 1, com uma população de 40.705 habitantes, pertencente à região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. O clima da região é tropical, dividido em duas estações, uma fria e seca no período do inverno (abril a setembro) e outra quente e chuvosa no período do verão (outubro a março) (IBGE, 2010).



Figura 1 - Imagem de satélite de um trecho do município de Matozinhos, MG, mostrando a estação de tratamento de esgoto (área circulada em vermelho). Consultado em 10/10/2009. Fonte: Google Earth

Coleta de dados

Foi realizada uma coleta no dia 07/10/2009, no ponto onde havia uma maior concentração de seston (Figura 2). As coordenadas geográficas do ponto de coleta foram mensuradas com um aparelho *global position system* (GPS) da marca Garmim, modelo 38. A coleta foi realizada no período da manhã, com boas condições de tempo, temperatura ambiente em 25°C e a temperatura da água oscilando entre 27 e 28°C. Foi realizada uma tomada direta na superfície do corpo lacustre, por meio da passagem de uma bombona de cinco litros, de acordo com a Norma Técnica T.126 (COPASA, 1992).

<p>Imagen de satélite do ponto de coleta da estação de tratamento de esgoto, marcado em vermelho. Fonte: Google Earth.</p>	<p>Floração no local da coleta na ETE. Fonte: Banco de dados da COPASA (2011).</p>

Figura 2 - Localização do ponto de coleta (19°34'45.14"S/ 44°04'17.78"0), elevação: 745 m, na lagoa facultativa da ETE de Matozinhos.

Análise qualitativa

No laboratório, reduzidas alíquotas da amostra da floração foram depositadas em lâminas de vidro e cobertas com lamínula para o exame qualitativo, observadas nos aumentos de 100, 200, 400 e 1000 vezes, utilizando-se, neste último, óleo de imersão. As análises foram realizadas no microscópio binocular da marca LEITZ, modelo Laborlux, ocular calibrada com régua micrométrica e um sistema de vídeo *printer* acoplado ao mesmo, permitindo o registro fotográfico com medição das colônias e células das cianobactérias da amostra.

As espécies foram identificadas sob a epifluorescência, para facilitar a identificação de cianobactérias pois incide na cor vermelha a ficocianina. Foram avaliadas as características morfológicas das colônias, presença de bainhas mucilagionsas, dimensões das células e a distância entre as mesmas, presença de aerótopos, etc. A classificação taxonómica até espécie foi baseada principalmente em Sant'Anna & Azevedo & (2000) e Azevedo & Sant'Anna (2003).

De acordo com Jardim & Azevedo (2006), no Brasil, a microcistina pode ser produzida por espécies do gênero *Microcystis* spp. e por *Radiocystis fernandoi*, por isso, as análises imunoenzimáticas e químicas foram direcionadas para a pesquisa dessa cianotoxina.

Concentração das amostras

Alíquotas de cerca de 80 mL do seston foram transferidas para duas placas de Petri previamente pesadas. As placas contendo as amostras foram congeladas no *freezer* por mais de 12 horas, à temperatura aproximada de -20°C. As placas foram então transferidas do *freezer* para o liofilizador e liofilizadas por 48 horas. As placas foram pesadas novamente sendo anotado o peso seco. Logo após foi a adicionado 5 mL de metanol 75% em cada placa e deixado em repouso por cinco minutos. O conteúdo da placa foi removido com um bastão de vidro e o extrato recolhido em um bêquer de 250 mL, preenchendo-o até 50 mL. Lavou-se novamente a placa com 1 mL de metanol 75% para retirar todo o liófilo das placas e despejou-se o conteúdo em um *Erlenmeyer* com tampa. Essa mistura foi então agitada para a extração das microcistinas, utilizando-se um agitador magnético por aproximadamente três horas, até a completa homogeneização. O conteúdo foi vertido para tubos centrífuga até preencher 12 mL. A centrifugação foi feita em uma centrífuga refrigerada da marca Nova técnica a aproximadamente 3600 rotações por minuto (rpm) por 10 minutos a 4°C.

O sobrenadante foi então recolhido e reservado. O sedimentado foi lavado novamente com metanol 75%, seguindo o mesmo procedimento anterior. Todo o extrato foi evaporado em capela com exaustão, até se obter aproximadamente 2 mL, que foram armazenados em tubos Ependorf no *freezer* para serem analisados pelo imunoensaio ELISA e por cromatografia líquida de alta eficiência. (KRISHNAMURTHY; CARMICHAEL; SARVER, 1986). Após os cálculos foram obtidos 2.051 mg/L de seston concentrado.

Análise de microcistinas

Visando avaliar a permanência das microcistinas na água do ribeirão da Mata, após receber o efluente tratado da estação de tratamento de esgoto, foram coletadas amostras de água logo após o lançamento em pontos de 100 até 500 metros, com intervalos de 100 metros nos primeiros cinco pontos e 50 metros no último, medindo as concentrações de microcistinas pelo método de imunoensaio do tipo ELISA.

Para a análise por CLAE, baseou-se em Krishnamurthy, Carmichael e Sarver (1986), segundo os quais 1 g do material celular liofilizado foi imerso numa solução de metanol: butanol: água (5:20:75, v/v/v). Após a extração de aproximadamente uma hora, esse material foi centrifugado duas vezes por 30 minutos a 3.000 rpm e o sobrenadante passou por processo de evaporação a 30°C, durante a noite.

O extrato concentrado foi parcialmente purificado em cartucho de octadecilsilano (ODS-C18), ativado previamente com 20 mL de metanol 100%, seguido de 20 mL de água deionizada. O material retido foi eluído sucessivamente com 20 mL de água deionizada, 20 mL de metanol a 20% e a 100% (fração que contém a toxina). A fração metanólica foi seca e o resíduo ressuspensão em 1 mL de água deionizada, filtrado em filtro de *nylon* e analisado por HPLC, equipado com detetor de UV (ultravioleta - HP 1100) operando a 238 nm. A detecção foi feita em condições isocráticas sem coluna de fase reversa C-18 *Macherey-Nagel* (mn), com 4,6 mm x 25 cm e porosidade de 5 µm. A fase móvel consistiu de acetonitrila e acetato de amônio 20 mM, pH de

5,0, na proporção de 28:72 v/v, com o fluxo de 1 mL por minuto. O espectro de absorção de cada pico foi analisado na faixa de 195 a 300 nm, utilizando-se um fotodetector de diodo e comparado ao padrão de MC-LR.

RESULTADO

Caracterização das espécies de cianobactérias catalogadas

A partir da análise qualitativa da amostra de água coletada, verificaram-se as seguintes espécies de cianobactérias: *Sphaerocavum brasiliense*, que de acordo com Azevedo & Sant'anna (2003) é caracterizada por possuir colônias ovais, esféricas quando novas e se tornam mais tarde alongadas ou irregulares, com mucilagem hialina indistinguível, células redondas, 2.4-3.6 μm de diâmetro, com disposição na superfície da colônia, com célula azul-verde e aerótopos; e *Microcystis botrys*, caracterizada por possuir colônias microscópicas, arredondadas ou alongadas, frequentemente formando pacotes, não clatrada mucilagem hialina, formando protuberâncias orientadas radialmente em torno de grupos de células Sant'anna & Azevedo (2006).

Conseguiu-se isolar na lâmina as espécies mencionadas, cujo registro fotográfico, com epiflorescência, encontra-se na Figura 3.

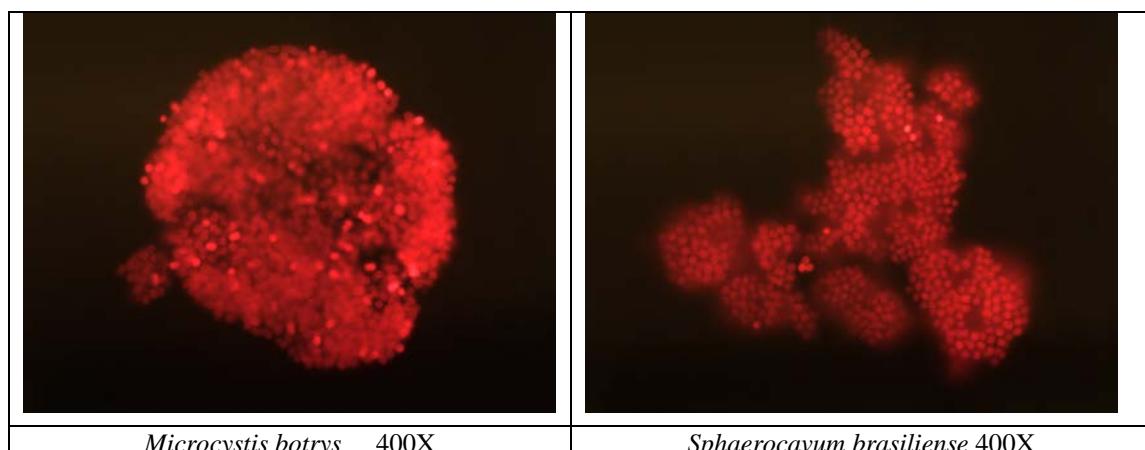


Figura 3 – Colônias de cianobactérias isoladas em amostras do efluente tratado da ETE - Matozinhos, coletadas em 07/10/2009.

De acordo com Via-Ordorika *et al* (2004) e Chorus & Bartram (1999) *Microcystis botrys* produz vários tipos de microcistinas em águas continentais. Já para a espécie *Sphaerocavum brasiliense* foram encontradas descrições de produção de cianotoxinas. Em Minas Gerais, Jardim & Azevedo (2006) verificaram que essa espécie não apresentava toxicidade.

Análise de microcistinas

Com base no método de imunoensaio do tipo ELISA foi verificada a produção de microcistina, provavelmente produzida pela cianobactéria da espécie *Microcystis botrys* onde diversos trabalhos demonstraram que esta espécie produz essa cianotoxina. Diferentemente da espécie *Sphaerocavum brasiliense* onde, até o presente momento, não há trabalhos que comprovem a produção de microcistina pela mesma.

No efluente tratado da ETE, a concentração de microcistinas foi de 18 $\mu\text{g/L}$. Nos primeiros 100 metros, à jusante do lançamento no ribeirão da Mata, a concentração de microcistinas reduziu para 12,0 $\mu\text{g/L}$. A medida em que o ponto para a coleta foi-se distanciando do ponto de lançamento do efluente tratado, a concentração reduziu para 8,0 $\mu\text{g/L}$ aos 200 m, 5,0 $\mu\text{g/L}$ aos 300 m, 4,1 $\mu\text{g/L}$ aos 400 m, 3,1 $\mu\text{g/L}$ e chegando à limites aceitáveis até para uma água tratada (Portaria 518 do Ministério da Saúde) de 0,8 $\mu\text{g/L}$ aos 500 metros, como demonstrado no Quadro 1.

Resultado da análise de microcistina do efluente tratado da ETE - Matozinhos por ELISA

Local da Coleta - ribeirão da Mata	Microcistinas
Saída do efluente	18,0 µg/L
100 m/jusante	12,0 µg/L
200 m/jusante	8,0 µg/L
300 m/jusante	5,0 µg/L
400 m/jusante	4,1 µg/L
450 m/jusante	3,1 µg/L
500 m/jusante	0,8 µg/L

Quadro 1- Concentração de microcistinas em relação à distância do recebimento do esgoto tratado

A partir da análise por cromatografia líquida de alta resolução, ficou confirmada a presença da microcistina de acordo com os gráficos 1 e 2.

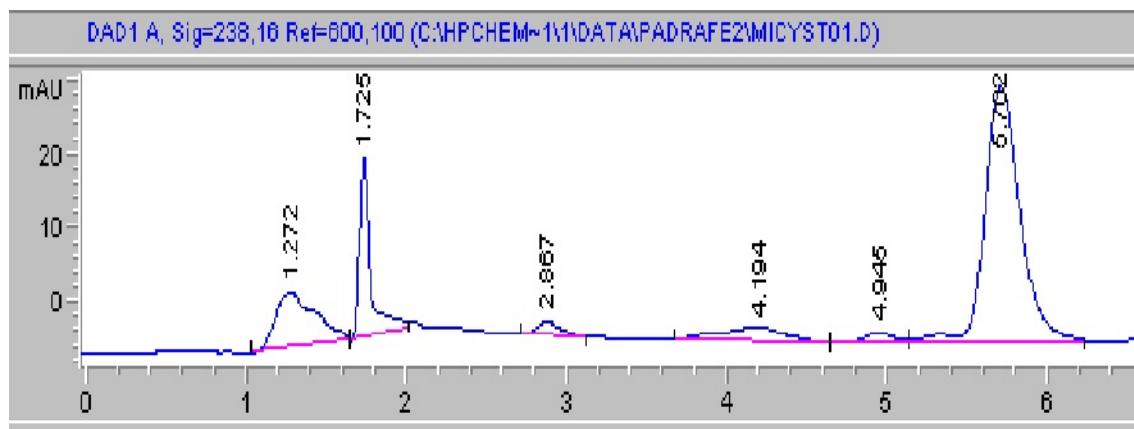


Gráfico 1 - Cromatograma (em azul) da amostra do efluente tratado da ETE - Matozinhos e o pico de microcistina, no intervalo de 5-6 minutos, coletado em 07/10/2009.

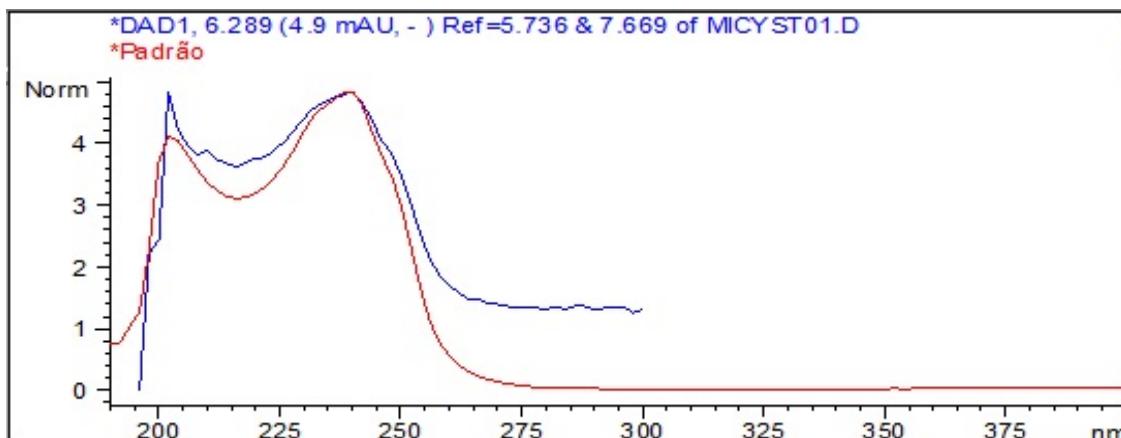


Gráfico 2 – Espectros de absorção do padrão de microcistina-LR (em vermelho) e da amostra do efluente da ETE Matozinhos coletado em 07/10/2009 (em azul)



O limite de detecção do método foi determinado de acordo com A.P.H.A (1998), onde foram realizadas sete injeções do padrão de microcistina-LR e o resultado foi de 1,0 µg/L equivalente de MC-LR.

DISCUSSÃO

De acordo com Chorus e Bartram (1999), fatores como temperatura, concentração de fósforo, nitrogênio, micronutrientes, salinidade, gás carbônico e pH podem regular a produção de toxinas proveniente das cianobactérias.

Em estações de tratamento de esgoto primário e secundário, compostos tóxicos podem não ser totalmente eliminados, como se constata no tratamento terciário, onde há remoção de poluentes específicos ou, ainda, remoção complementar de agentes contaminantes não suficientemente removidos nos tratamentos primário e secundário (FURTADO *et al.*, 2007). Por isso, foi necessário implantar esse monitoramento das cianotoxinas nos efluentes de lagoas de estabilização de esgotos.

Ao avaliar a permanência da microcistina produzida, provavelmente pela espécie *Microcystis botrys* na água do ribeirão da Mata, observou-se diminuição proporcional da concentração de cianotoxinas ao longo do corpo d'água. Quando analisada a presença de microcistinas a 100 metros á jusante do lançamento de esgoto tratado no ribeirão, verificou-se concentração de 12,0 µg/L, bem acima do valor permitido por lei, de 1,0 µg/L. Ao realizar a análise a 500 metros da jusante, as cianotoxinas produzidas pelas cianobactérias presentes na ETE apresentaram concentração de 0,8 µg/L.

De acordo com Tsuji *et al.* (2006) a biorremediação da contaminação por microcistinas em corpos d'água envolve a utilização de microrganismos já presentes no ambiente. Esse processo apresenta eficiente custo-benefício, removendo as toxinas e preservando a natureza. O ideal é utilizar bactérias nativas para evitar a invasão de espécies exóticas. Até o momento presente, poucas bactérias com capacidade de degradar microcistinas foram isoladas.

Um dos fatores que podem contribuir para essa degradação pode estar ligado ao fato de que efluentes de esgotos tratados pelos tratamentos primário e secundários ainda possuem uma elevada densidade de bactérias do próprio ambiente. Trabalhos realizados por Chen *et al.* (2010) comprovaram que uma espécie de *Stenotrophomonas* sp. do lago eutrofizado Taihu, na China, onde havia florações de cianobactéria com produção de MC-LR e MC-RR, foi capaz de degradar essas microcistinas. Essa bactéria foi isolada e comprovou-se a capacidade de degradação em um ambiente mais alcalino. Em lagoas de estabilização, principalmente durante o dia, devido a ação da fotossíntese, há um aumento considerável do pH.

Este trabalho averiguou que, apesar de não haver tratamento terciário do esgoto na ETE Matozinhos, o lançamento do efluente tratado contendo microcistinas no próprio corpo receptor, sofreu uma degradação gradativa e 500 metros após o lançamento a sua concentração já era inferior a 1,0 µg/L.

CONCLUSÕES

Foi possível, por meio desse estudo, identificar duas espécies de cianobactérias (*M. botrys* e *S. brasiliense*) na amostra de efluente tratado da ETE Matozinhos. Verificou-se, também, a produção da cianotoxina microcistina. Recomenda-se aqui a continuidade do estudo com o isolamento e o cultivo dessas espécies e uma análise separadamente para determinar e comparar a toxicidade das mesmas.

Tanto o imunoensaio ELISA, quanto a cromatografia líquida de alta eficiência, foram capazes de identificar e quantificar a concentração de microcistina no efluente tratado da estação de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização da cidade de Matozinhos.

Por meio deste trabalho, observou-se a capacidade de depuração de microcistinas ao longo do corpo receptor ribeirão da Mata. Recomenda-se fazer novos estudos afim de verificar como ocorre a degradação das microcistinas, se isso ocorre com o auxílio de bactérias presentes no ambiente ou se elas bioacumulam em outros organismos, principalmente em peixes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUJARO, L.F.; ISAAC, R.L. Ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – estado de São Paulo, Brasil – e avaliação de seus corpos d’água em relação à eutrofização. CETESB. In: 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 14 a 19 de setembro 2003, Joinville - Santa Catarina, *Anais...*, 2003.
2. APHA. AWWA. WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20. edição, Estados Unidos, 1998.
3. AZEVEDO, S.M.F.O.; SANT’ANNA, C.L. *Sphaerocavum*, a new genus of planktic Cyanobacteria from continental water bodies in Brasil. *Algological Studies* 109. **Cyabobacterial Res**, Stuttgart, v. 4, p. 79-92, 2003. AZEVEDO, S.M.F.O.; SANT’ANNA, C.L. *Sphaerocavum*, a new genus of planktic Cyanobacteria from continental water bodies in Brasil. *Algological Studies* 109. **Cyabobacterial Res**, Stuttgart, v. 4, p. 79-92, 2003.
4. BRANDÃO, L.H.; DOMINGOS, P. Fatores ambientais para a floração de cianobactérias tóxicas. **Saúde & Ambiente em Revista**, v. 1, n. 2, p. 40-50, 2006.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº. 518, de 23 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/siteweb/legis/pdfs/portarias_m/pm1518_2004.pdf>. Acesso em: 15 out. 2011.
6. BRASIL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **SEMAD**. Disponível em: <http://www.semad.mg.gov.br/noticias/1/909-outorga-para-lancamento-de-efluentes-e-exigida-na-bacia-do-ribeirao-da-mata>. (Ribeirão da Mata). Acesso em: 29 de setembro de 2011.
7. CARMICHAEL, W.W. Cyanobacteira secondary metabolites: The Cyanotoxins. **J Appl Bacteriol**, v. 72, p. 445-59, 1992.
8. CHEN, J. et al. Degradation of Microcystin-LR and RR by a *Stenotrophomonas* sp. Strain EMS Isolated from Lake Taihu, China. **Int J Mol Sci**, v. 11, p.896-911, 2010.
9. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. COPASA. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=34>. Acesso: 20 de Agosto de 2011.
10. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. COPASA-MG. Norma Técnica nº. T. 126. **Coleta de amostra de águas para análise hidrobiológica**. COPASA, 1992.
11. CHORUS, I.; BARTRAM, J. Toxic Cyanobacteria in water: a guide to public health consequences, monitoring and management. **WHO**, London and New York, 1999, 416 p.
12. CENTURIONI FILHO, P.L.; DI BERNARDO, L. Coagulação, floculação e flotação para remoção de algas. In: **SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. SILUBESA**, Porto Seguro, Brasil, p. 247-246, 2000.
13. FALCONER, I.; BURCH, M.D.; STEFFENSEN, D.A.; CHOICE, M.; COVERDALE, R.O. Toxicity of the blue-green alga (*Cyanobacterium*) *microcystis aeruginosa* in drinking water to growing pigs, as an animal model for human injury and risk assessment. **Environmental Toxicology**, v. 9, p. 131-139, 1994.
14. FURTADO, A.L.F.F. Isolamento, morfologia, análises moleculares e testes toxicológicos de cianobactérias em lagoa facultativa de sistema de estabilização (Cajati- SP) Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Sanitária e hidráulica- Escola de Engenharia de São Carlos - **Universidade de São Paulo**, 2007.
15. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidade de Matozinhos, MG, Brasil**. 2010. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=314110>> Acesso em: 10 de outubro de 2011.
16. JARDIM, F.A.; GOMES, L.N.L.; MOREIRA, A.A.; GALLINARI, P.C.; GIANI, A. Ocorrência de cianobactérias tóxicas em lagoas facultativas: estudo de casos. In: **SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, v. 11, Natal-RN (Brasil). *Anais eletrônico.... ABES*, 2004. 1 CD-ROM.
17. JARDIM, F. A.; AZEVEDO, S. M. F. O. Cianobactérias em Águas para abastecimento público e o cumprimento da legislação brasileira. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia**, 35(3):86-91. ISSN: 1980-8976.2006
18. JARDIM, F. A., MOREIRA, A. A.; SANTOS, D. M., PIMENTA, A., M. C., GIANI, A. Avaliação química das florações de cianobactérias – Uma ferramenta útil para o monitoramento In: CONGRESSO



BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007, Belo Horizonte - MG (Brasil). **Anais eletrônico...** ABES, 2007. 1 CD-ROM.

19. KRISHNAMURTHY, T.; CARMICHAEL, W.; SARVER, E. Toxic peptides from freshwater cyanobacteria (blue-green algae). Isolation, purification and characterization of peptides from *microcystis aeruginosa* and *anabaena flos-aquae*. **Toxicon**, v. 24, n. 9, p. 865-873, 1986.
20. OLIVEIRA, M.C.Q.M. *et al.* O papel das cianobactérias e cianotoxinas na qualidade de águas de abastecimento público no Vale do Paraíba. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, Caxambu, **Anais...** VII, 2005.
21. SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P. Contribution to knowledge of potentially toxic cyanobacteria from Brazil. **Nova Hedwigia**, v. 71, p. 359-385, 2000.
22. SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Sociedade Brasileira de Ficologia. Rio de Janeiro: Interciência, p 58,2006.
23. SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 1996. 243 p.
24. TSUJI, K. *et al.* Degradation of microcystins using immobilized microorganism isolated in an eutrophic lake. **Chemosphere**, v. 65, p. 117-124, 2006.
25. VARON, M.P. **Waste stabilization ponds**. Universidad del Valle, Instituto Cinara. Cali, Colombia and Duncan Mara School of Civil Engineering, University of Leeds. Leeds, UK. IRC ,International Water and Sanitation Centre, p. 1-7, July 2004.
26. VIA-ORDORIKA,L.; FASTNER,J.; KURMAYER, R.; HISBERGUES, M.; Elke DITTMANN, E.; KOMAREK, J.; ERHARD, M.; CHORUS, I. Distribution of Microcystin-Producing and Non-Microcystin-Producing *Microcystis* sp. in European Freshwater Bodies: Detection of Microcystins and Microcystin Genes in Individual Colonies. **Systematic and applied microbiology**. 27, 592-602, 2004.
27. WHO. **Guidelines for safe recreational-water environments**: coastal and fresh-waters. Geneva: WHO, 1998. 209 p.