

II-484 - TOXICIDADE DO MERCÚRIO EM SISTEMAS DE TRATAMENTO AERÓBIO POR LODOS ATIVADOS – USO DA RESPIROMETRIA NO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

José Gilson Santos Fernandes⁽¹⁾

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Engenharia Civil na área de Recursos Hídricos e sub-área Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Campina Grande- PB

Mariana Andrade Santos⁽²⁾

Engenheira Química pelo Instituto Federal da Bahia.

Claudia Martins Ferreira⁽³⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal da Bahia.

Endereço⁽¹⁾: Via Atlântica, km 9, Polo Industrial, Km 9, Camaçari - BA, 42810-000 – Brasil – Tel: (71) 98117-2357 e (71) 98122-8886 – e-mail: fernandes@cetrel.com

RESUMO

Diante da problemática da carência ou inferior qualidade da água, as estações de tratamento de efluentes (ETEs) surgem como alternativa para minimizar as perdas. Correntes afluentes às ETEs com elevadas concentrações de mercúrio podem trazer grandes problemas para o sistema de lodos ativados. O presente trabalho se propõe a avaliar os impactos de uma corrente afluente à estação de tratamento de efluentes industriais com diversas concentrações de mercúrio, através da análise respirométrica a partir de estudos específicos em planta piloto. Através do estudo do perfil respirométrico do licor misto, foi possível determinar que a partir da concentração de mercúrio afluente à ETE de 1,17 mg/L, há um comprometimento da saúde da biomassa dos microrganismos responsáveis pelo tratamento do efluente, com elevados valores de mercúrio obtidos no lodo.

PALAVRAS-CHAVE: Toxicidade, efluentes, respirometria, lodos ativados, Mercúrio.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à manutenção da vida na Terra, sendo a necessidade mais básica da vida, crucial à sobrevivência do homem e dos ecossistemas. Devido à escassez ou má qualidade da água é posto à prova tudo aquilo que é sustentado por ela, incluindo o desenvolvimento socioeconômico dos países.

Nas últimas décadas, devido ao desmedido crescimento populacional em conjunto com o intenso desenvolvimento industrial, problemas ambientais como a poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos por uma enorme gama de efluentes industriais e domésticos têm se tornado cada vez mais críticos e frequentes. Diante do exposto, surge a necessidade da implantação de estações de tratamento de esgotos, objetivando a remoção dos principais poluentes presentes nas águas residuárias, retornando-as ao corpo d'água sem significativa alteração de sua qualidade, possibilitando, por exemplo, própria captação de água para o abastecimento (PESTANA e GANGHIS, 1999).

Alguns poluentes presentes nestes efluentes em determinadas concentrações podem inibir ou promover toxicidade no sistema de tratamento de efluentes por lodos ativados.

A avaliação de tratabilidade surge como alternativa para conhecer os aspectos qualitativos e quantitativos da capacidade de tratamento das ETEs quando da presença do metal mercúrio, a partir de estudos específicos em planta piloto, com uso da técnica da respirometria.

Com a obtenção dos respirogramas, produto da respirometria, torna-se possível verificar eventuais reduções na taxa máxima de oxidação dos materiais orgânico e nitrogenado após efeitos de toxicidade e calcular as constantes cinéticas do processo, tendo por base a equação cinética de Monod, para a modelagem de nitrificação em lodos ativados. Essa equação empírica descreve a taxa de crescimento de microrganismos, e,

consequentemente, a cinética de crescimento biológico (LIMA et al. 2010). Para possibilitar a comparação entre os efeitos das diferentes concentrações de um dado poluente em uma corrente, uma alternativa é a determinação, em cada experimento, das constantes máximas de crescimento específico, obtidas pela cinética de nitrificação, para o caso dos organismos autótrofos (produtores do próprio alimento).

OBJETIVO

Busca-se estabelecer a concentração e/ou carga máxima de mercúrio a ser tratada na estação de tratamento de efluentes que não proporcione impactos no desempenho do processo biológico de tratamento e, consequentemente, na qualidade do efluente tratado final. Avaliar também o impacto dos valores adicionais de Mercúrio na composição do lodo biológico gerado no processo de tratamento de efluentes.

METODOLOGIA

Para realização dos testes será utilizada a técnica de determinação da Taxa de Consumo de Oxigênio - TCO para as bactérias aeróbias autotróficas.

Este método permite determinar a ocorrência de possível toxicidade aguda, que promove a redução da atividade metabólica dos microrganismos autotróficos logo após a adição de poluentes específicos.

Para avaliar a taxa de consumo de oxigênio das bactérias autotróficas foi utilizada uma solução de Cloreto de Amônia com concentração de 5,0 g/L expresso na forma de Cloreto de Amônia.

O princípio de funcionamento do respirômetro baseia-se no consumo de oxigênio dissolvido (OD), sendo o perfil ilustrado na Figura 1. São estabelecidos limites superior e inferior para a concentração de OD, composto por períodos com e sem aeração. Durante os períodos com aeração, a concentração de OD sobe até atingir seu valor máximo (OD_{sup}), quando, então, a aeração é interrompida, havendo redução na concentração de OD pelas bactérias, até chegar à concentração de OD mínima (OD_{inf}), pré-estabelecida.

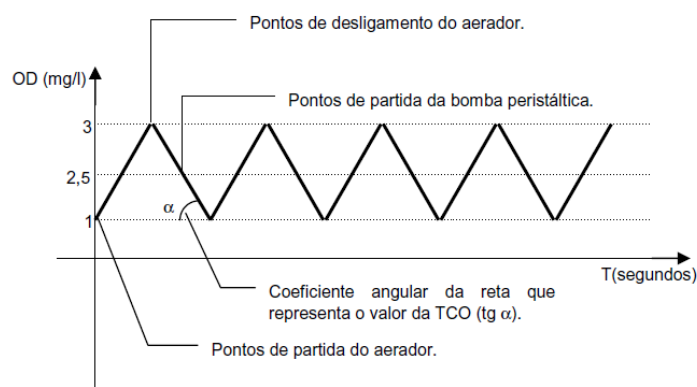


Figura 1: Perfil do oxigênio dissolvido no cálculo da TCO.

Fonte: Adaptado de Cetrel, 2008.

Para o caso da Figura 1, a TCO representará a inclinação durante o consumo de oxigênio dissolvido entre 3 e 1 mg/L, assim o comportamento do gráfico assemelha-se a um “zig-zag” entre os valores 1 e 3 (FERNANDES et al. 2001). A Equação 1 resume o cálculo da TCO.

$$TCO = (OD_{sup} - OD_{inf}) / (\Delta t) \quad (1)$$

Onde:

TCO = Taxa de Consumo de Oxigênio (mg/L/h).

OD_{sup} = Oxigênio Dissolvido superior (mg/L).

OD_{inf} = Oxigênio Dissolvido inferior (mg/L).

Δt = Variação de tempo.

A partir da TCO máxima encontrada, é possível utilizar a equação cinética de Monod para estabelecer a taxa de crescimento específico (μ). De posse de equações presentes na literatura, a cinética da nitrificação pode ser estabelecida.

A remoção do material tóxico no sistema de lodo ativado em princípio pode ocorrer por três mecanismos distintos. O primeiro é a destruição, onde ocorre a oxidação biológica da substância tóxica. O segundo é a transferência do material tóxico do licor misto para o ar, denominado de dessorção. O terceiro e último é a adsorção ou absorção que é a transferência do material tóxico da fase líquida para fase sólida, denominado lodo (CETREL, 2018).

Se nenhum dos mecanismos ocorrerem, o material será lançado no efluente tratado final. Em se tratando do metal mercúrio espera-se que ocorra aumento da concentração do metal no lodo em suspensão nos reatores biológicos e nas unidades de tratamento com pouca agitação.

Para simular o sistema de tratamento biológico por lodos ativados foram utilizadas duas plantas piloto em escala laboratorial, com dois reatores em acrílico para simular o que ocorre no tanque de aeração em escala real, sendo utilizados dois respirômetros para geração dos respectivos respirogramas. Os ensaios foram realizados sob aquecimento de modo a refletir com fidelidade a temperatura em escala real, pois “a temperatura exerce dois efeitos significantes sobre a população microbiana no lodo: (1) afeta a taxa de difusão de substratos e nutrientes na célula bacteriana e (2) afeta a taxa da atividade enzimática”, em consonância com PUC (2018). Nos reatores, foi utilizado o licor misto (poluente e/ou substrato + lodo ativado) proveniente do sistema de tratamento por lodos ativados, pois representam fielmente as condições de tratamento de uma ETE.

Inicialmente, o licor misto é adicionado aos reatores e a respiração endógena é atingida, com a TCO de menor valor, aproximadamente 10 mg/L. Em seguida, adiciona-se material biodegradável solúvel, denominado de substrato, que variará a depender do objetivo do estudo. Após a utilização do substrato e o retorno à fase endógena, adiciona-se o composto/poluente em estudo em concentração conhecida e em seguida novamente o substrato, para tornar mais evidente qualquer indício de inibição ao metabolismo da bactéria, indicando uma possível toxicidade. Isto seria observado pela queda no valor da TCO logo após uma nova adição do substrato.

RESULTADOS OBTIDOS

No primeiro experimento, foi adicionada uma concentração de 0,17 mg/L de solução de mercúrio. A Figura 2 traz o respirograma referente a esse ensaio. A primeira área (1) é referente à oxidação do cloreto de amônio e a segunda (2) é o resultado da oxidação do cloreto após adição do mercúrio.

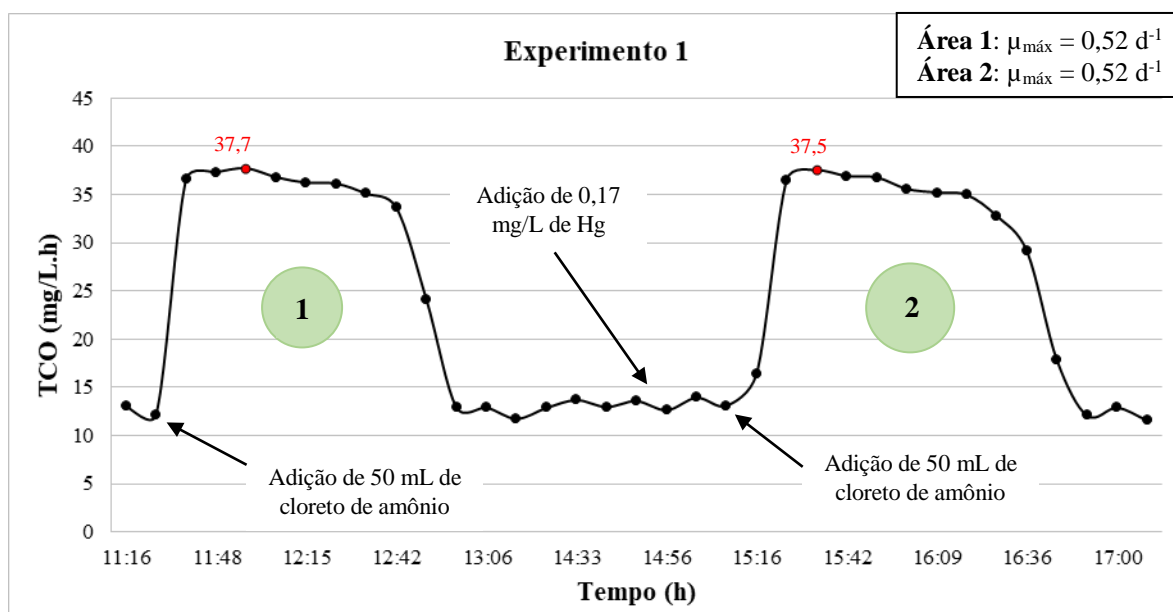


Figura 2: Respirograma correspondente ao ensaio 1.

Os valores obtidos para o $\mu_{\text{máx}}$ referentes às duas primeiras áreas foram iguais, de valor $0,52 \text{ d}^{-1}$. Como os valores obtidos após a adição de mercúrio não foram alterados, a concentração de $0,17 \text{ mg/L}$ de mercúrio adicionada ao reator não foi suficiente para promover toxicidade aguda nos organismos autotróficos.

Para o lodo, a concentração final foi quase duas vezes maior que a inicial, ratificando o encontrado na literatura no que diz respeito à obtenção de maiores concentrações de mercúrio no lodo (LACERDA e MALM, 2008). Insta salientar, que foi adotado como critério de avaliação de segurança o menor valor de mercúrio possível nos ensaios, visto que a Resolução CONAMA 375/06 não se aplica ao lodo industrial.

Destarte, para o próximo ensaio foi acrescentada concentração de $1,17 \text{ mg/L}$, com a Figura 3 ilustrando os respirogramas obtidos.

Quando comparado ao respirograma do ensaio anterior, antes de qualquer análise quantitativa, é perceptiva a alteração na curva quando sob a influência de maiores concentrações do poluente mercúrio, posto que, como já ratificado, a adição de poluentes provoca uma redução na taxa máxima de consumo de oxigênio, evidenciando efeitos de toxicidade (LIMA et al. 2010).

Entende-se, portanto, que há grande probabilidade de ocorrer alteração no ciclo do nitrogênio dos organismos autotróficos com prejuízos no processo de remoção de amônia em sistemas de tratamento aeróbio por lodos ativados quando a concentração de mercúrio for superior a $1,17 \text{ mg/L}$.

Outrossim, é notória a redução nos valores tanto de $\mu_{\text{máx}}$ quanto de $\text{TCO}_{\text{máx}}$ antes e após adição do poluente, de $0,30$ para $0,19 \text{ d}^{-1}$ e de $22,01$ para $14,26 \text{ mg/L}$, portanto essa concentração avaliada foi o bastante para promover toxicidade aguda significativa nos organismos autotróficos, posto que a redução nos valores da TCO chegou a valores maiores que 30%.

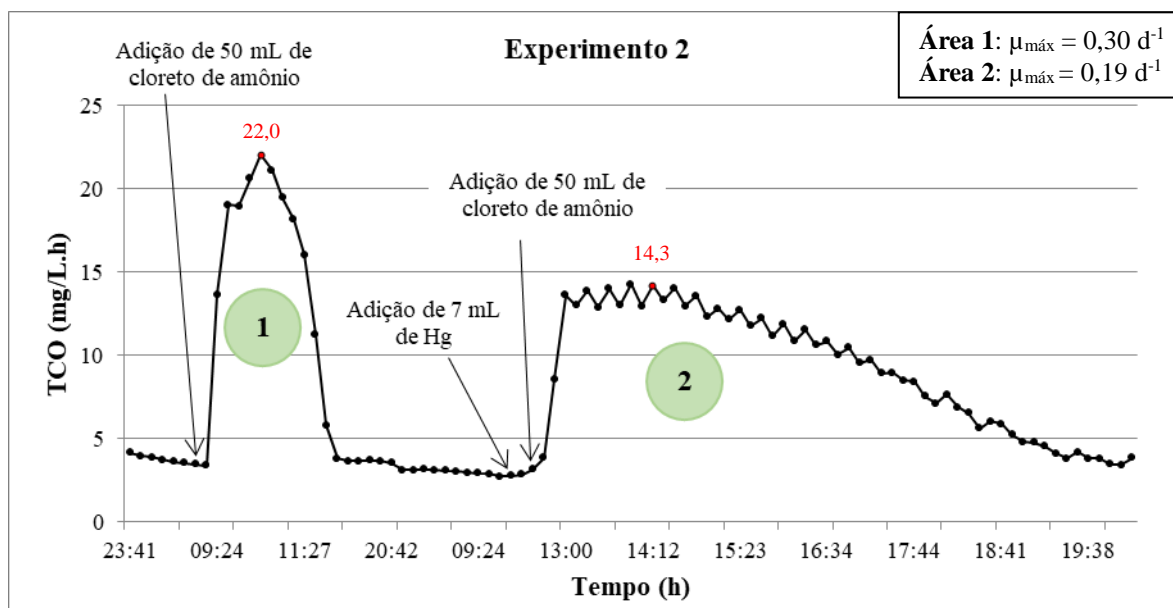


Figura 3: Respirograma correspondente ao ensaio 2.

CONCLUSÕES

Diante da problemática da escassez ou má qualidade da água, colocando à prova tudo aquilo que é sustentado por ela, incluindo a manutenção da vida, surge à necessidade da implantação de estações de tratamento de águas residuárias domésticas e industriais, objetivando a remoção dos principais poluentes presentes nos efluentes, para retornar ao corpo d'água com pouca ou até mesmo nenhuma alteração de sua qualidade, na tentativa de mitigar o desequilíbrio trazido com o uso desmedido de água.

Foi possível estabelecer que para valores de concentração de mercúrio afluente na ETE maiores de 1,17 mg/L, há toxicidade para os organismos autotróficos. No que tange o lodo, foi ratificado o encontrado na literatura no que diz respeito à concentração do mercúrio que se dará no lodo (LACERDA e MALM, 2008), evidenciando que o mercúrio é assimilado pela biomassa de microrganismos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETREL. Cetrel, Camacari, 2018. Disponível em: <<http://www.cetrel.com.br/areas-de-atuacao/efluentes/>>. Acesso em: 10 junho 2018.
2. CETREL. Manual de Programação CLP (EC-300-03 / MCP-M). Camaçari. 2008.
3. FERNANDES, J. G. S.; HAANDEL, A. V.; CAVALCANTI, P. F. F.; COURA, L. R. Utilização da Respirometria no Controle Operacional de Sistemas Aeróbios de Tratamento de Águas Residuárias - A Experiência da Cetrel. Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, out/dez 2001.
4. LACERDA, L. D.; MALM, O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200011>. Acesso em 08 ago. 2018
5. LIMA, E. P. C.; HAANDEL, A. V.; KIPERSTOK, A.; FERNANDES, J. G. S. Respirometria aplicada ao tratamento biológico de efluentes com poluentes inibidores da nitrificação. I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalho apresentado ao I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental - I COBESA. Salvador – BA. 2010.
6. PESTANA, M.; GANGHIS, D. Apostila de Tratamento de Efluentes. Centro Federal de Educação e Tecnologia - CEFET. Salvador, BA, 1999. 71p.
7. PUC. Cinética Aplicado dos Lodos Ativados. Maxwell, 18 Julho 2018. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/15510/15510_5.PDF>. Acesso em: 18 jul. 2018.