



AVALIAÇÃO DA MINIMIZAÇÃO DE FORMAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) POR MEIO DA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA NATURAL (MON) POR PROCESSOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO SEGUIDO DE ADSORÇÃO

Tássia Rhuna Tonial dos Santos¹; Milene Carvalho Bongiovani¹; Flavia Sayuri Arakawa¹; Quelen Leticia Shimabuku¹; Rosângela Bergamasco²; Marcelo Fernandes Vieira³

RESUMO: A desinfecção é a etapa responsável pela segurança do ponto de vista microbiológico no tratamento de água potável. No entanto o cloro utilizado nessa etapa devido suas reações com a matéria orgânica natural (MON) formam os trihalometanos (THM). Assim, este estudo propõe avaliar a eficiência dos coagulantes policloreto de alumínio (PAC) e *Moringa oleifera Lam* sem óleo extraído por hexano (MO+NaCl (hex)) no processo de coagulação/floculação seguido por um processo de adsorção utilizando uma coluna com o adsorvente carvão ativado de coco de dendê, visando a remoção de cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm} assim como a minimização da formação de THM. Para os ensaios realizados em Jar Test, foi utilizada água proveniente da bacia do rio Pirapó, Maringá, PR, com dosagens de 9,5 mg.L⁻¹ e 30mg.L⁻¹ para o PAC e *Moringa oleifera Lam* sem óleo, respectivamente, seguido por uma coluna de adsorção contendo 150 g de carvão ativado de casca de coco de dendê. Após a adsorção, amostras foram coletadas para avaliar a eficiência de remoção. Foi possível verificar que, o tratamento de coagulação/floculação seguido por adsorção foi capaz de remover 100% dos parâmetros cor, UV_{254nm} e COD e o parâmetro turbidez foi reduzido significativamente mantendo-se dentro da Portaria nº 2914/2011 <5 NTU. Obtivemos também uma diminuição significativa dos compostos THM formados quando utilizou-se o coagulante MO+NaCl (hex).

PALAVRAS-CHAVE: coagulação/floculação, adsorção, trihalometanos

1. INTRODUÇÃO

O projeto de Estações de Tratamento de Água (ETA's) convencionais para águas de abastecimento tem considerado como principais objetivos a otimização dos processos de remoção da turbidez e cor aparente, bem como na produção de uma água segura do ponto de vista microbiológico e químico.

O cloro é o agente mais usado na maioria das ETAs no Brasil, pois qualquer dos seus diversos compostos, destrói ou inativa parcela significativa dos organismos causadores de enfermidades, sendo que esta ação se dá à temperatura ambiente e em tempo relativamente curto (MEYER, 1994).

¹ Acadêmico do programa de Pós Graduação do curso de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. tassia_tonial@hotmail.com; milene.bongiovani@gmail.com; flaviasayuri@gmail.com; le.shimabuku@gmail.com

² Co-orientadora Professora Doutora do Curso de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. ro.bergamasco@hotmail.com

³ Orientador Professor Doutor do Curso de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. marcelofvieira@hotmail.com

Apesar dos benefícios oriundos na desinfecção, a utilização de cloro e outros compostos têm merecido atenção da comunidade científica, devido suas reações com a matéria orgânica natural (MON) proveniente dos mananciais superficiais, as quais podem formar subprodutos de desinfecção indesejáveis a saúde humana como os trihalometanos (THM), ácidos haloacéticos (HAA) e haloacetoneitrilas (HAN), entre outros (HONG, 2007; NIKOLAOU et. al., 2002 e ZHAO et. al., 2004).

Devido à alta toxicidade desses compostos e por possuírem alto potencial carcinogênico e mutagênico, os Estados Unidos da América (EUA) em 1984 estabeleceram o valor máximo permitido dos trihalometanos totais (THMT) em água de abastecimento público em $100 \mu\text{g.L}^{-1}$, porém, atualmente esse valor foi reduzido para $80 \mu\text{g.L}^{-1}$ (USEPA, 1999; GOPAL et al., 2007 e LEE et al., 2004).

Em função da literatura científica a respeito destes subprodutos da desinfecção, torna-se extremamente importante o desenvolvimento de estudos visando identificar, qualificar e quantificar subprodutos resultantes da oxidação de substâncias húmicas, especialmente quando se usa o cloro, haja visto que este é utilizado prioritariamente nas estações de tratamento de água como oxidante/desinfetante. Seu uso na pré, inter e pós cloração indica que, sob determinadas condições, o potencial para formação de subprodutos da desinfecção é preocupante, estando constantemente acima dos limites estabelecidos pelas normas internacionais (MARMO, 2005).

De modo geral, este estudo tem por finalidade verificar a eficiência do processo combinado coagulação/floculação + adsorção + pós-cloração utilizando o coagulante natural *Moringa oleífera lam* como alternativa ao coagulante químico policloreto de alumínio (PAC), avaliando a remoção da MON, bem como a minimização da formação de THM.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram utilizadas amostras de água superficial bruta proveniente do rio Pirapó, captada pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) de Maringá-PR.

Esta água foi submetida ao processo de coagulação/floculação, com o coagulante natural: sementes de *Moringa oleífera lam* (MO). Foram utilizadas sementes maduras de MO, provenientes da Universidade Federal de Sergipe (UFS), manualmente removidas da vagem, descascadas e posteriormente removido o óleo da mesma utilizando o solvente hexano pelo método de soxhlet.

Foram pesadas 1 grama de sementes de (MO) sem óleo as quais foram trituradas juntamente a 100 mL de solução salina (NaCl 1M) em um liquidificador. Posteriormente a solução foi agitada durante 30 minutos e filtrada à vácuo, obtendo uma solução 1% de sementes de moringa (concentração de moringa na solução = 10.000 mg/L) (MO (hex)) (MADRONA et al., 2010). Esses ensaios foram realizados em jar test com dosagens de $9,5 \text{ mg.L}^{-1}$ e 30 mg.L^{-1} para o PAC e MO (hex), respectivamente) e em condições de operação (tempo de coagulação, gradiente de velocidade rápida, tempo de floculação e gradiente de velocidade lenta) otimizadas por KALIBBALA et al, (2009). Posteriormente a água passou por um processo de adsorção, utilizando uma coluna com o adsorvente carvão ativado de coco de dendê. Por fim, foi realizado o processo de desinfecção com cloro na concentração de $1,5 \text{ mg/L}$ que é a utilizada pela estação de saneamento local (SANEPAR). E assim foi avaliada a formação de trihalometanos nesta água.

Em todas as etapas foram avaliados os seguintes parâmetros: cor, turbidez, $\text{UV}_{254\text{nm}}$, carbono orgânico dissolvido (COD), trihalometanos totais (THMT) e cloro livre residual (somente na etapa de desinfecção).

Para a determinação de trihalometanos totais (THMT) as amostras foram analisadas antes e após o tratamento. Foram realizadas coletas das amostras em frascos de vidro de 40 mL com tampa rosqueável e septo de silicone, contendo sequestrante de cloro residual livre (tiosulfato de sódio p.a. ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)) a fim de cessar a reação de cloro residual com a matéria orgânica, após a amostra ser coletada. Após a coleta os frascos foram armazenados em caixas térmicas.

As análises de THMT foram realizadas por meio de cromatografia gasosa em coluna capilar (CG), com sistema de separação por purge and trap, e detecção e quantificação por espectrometria de massa (EM), de acordo com o Método 6200-B, STANDARD METHODS (CLESCERI et al, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela a seguir mostra a caracterização da água bruta como sendo de baixa cor/turbidez.

Tabela 1: Caracterização da água bruta

Parâmetros	Valores
Turbidez (NTU)	49
Cor aparente (uH^1)	241
UV-254nm	0,186
COD (mg/L)	4,455
THMT ($\mu\text{g/L}$)	4,45

(1) unidade Hazen = (mg Pt-Co/L)

A seguir são apresentados os resultados dos parâmetros cor aparente, turbidez e compostos com absorção em $\text{UV}_{254\text{nm}}$ analisados quando utilizado o coagulante MO (hex) e (PAC), após o processo de coagulação/floculação e adsorção.

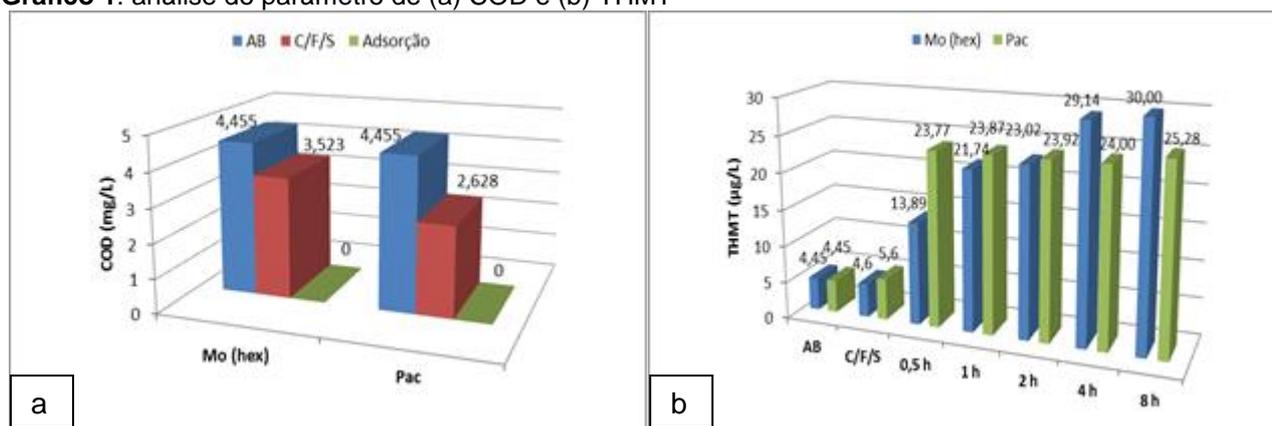
Tabela 2: Análise dos Parâmetros Turbidez, Cor aparente e $\text{UV}_{254\text{nm}}$

Coagulantes	Turbidez (NTU)	Cor aparente (uH^1)	UV-254nm
MO (hex)	0,5	0	0
PAC	0,15	0	0

(1) unidade Hazen = (mg Pt-Co/L)

Com os resultados podemos observar que utilizando o coagulante natural MO (hex) foi tão eficiente quando o coagulante químico (PAC) quando comparado os parâmetros Cor aparente e $\text{UV}_{254\text{nm}}$.

Em relação ao parâmetro turbidez é importante ressaltar que a turbidez inicial da água é um fator importante no desempenho do coagulante MO. Em águas com alta turbidez, melhores eficiências de remoção são observadas em comparação com águas de baixa turbidez. Isto se deve a presença de um grande número de partículas na água, a qual aumenta a probabilidade de colisão e formação de flocos densos e, conseqüentemente, melhor sedimentação. No entanto, neste trabalho, as remoções dos parâmetros estudados para água com baixa cor/turbidez foram tão eficientes quanto águas de alta cor/turbidez apresentando valores que se mantiveram dentro da Portaria nº 2914/2011 < 5 NTU.

Gráfico 1: análise do parâmetro de (a) COD e (b) THMT

Em relação aos resultados de (COD), podemos observar que apenas com pré-tratamento como coagulação/floculação, o PAC foi mais eficiente, no entanto, após a adsorção foi possível remover 100% da matéria orgânica utilizando ambos os coagulantes.

Com o processo de desinfecção e um tempo de contato de 8 horas, o coagulante PAC teve uma menor formação de THM, mas quando comparado com a MO (hex) não teve diferença significativa, estando ambos dentro da Portaria nº 2914/2011 (100 µg/L) e também dentro de legislações internacionais mais rígidas como a da Itália (30 µg/L).

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o processo de coagulação/floculação utilizando MO (hex) com posterior adsorção reduziu 100% os parâmetros cor, UV e COD e o parâmetro turbidez foi reduzido significativamente mantendo-se dentro da Portaria nº 2914/2011 <5 NTU. Foi possível também obter uma diminuição significativa dos compostos THM formados quando utilizou-se o coagulante MO (hex).

E também a extração do óleo é de grande vantagem aqui, para reduzir a carga orgânica a partir das sementes com a finalidade de usar o extrato como coagulante, e para a produção de óleo comestível como um subproduto.

5. REFERÊNCIAS

CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E.; EATON, A.D. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. United States: American Public Health Association, 20th ed., 1998.

KALIBBALA, H. M.; WAHLBERG, O.; HAWUMBA, T. J., 2009, —The impact of *Moringa oleifera* as a coagulant aid on the removal of trihalomethane (THM) precursors and iron from drinking water, *Water Science and Technology*, v.9, n.6, pp. 707-714.

MADRONA, G. S.; BRANCO, I. G.; SEOLIN, V. J.; ALVES F. B. de A.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; BERGAMASCO, R. (2012). Evaluation of extracts of *Moringa oleifera* Lam seeds obtained with NaCl and their effects on water treatment. *Acta Scientiarum Technology*, v. 34, n. 3, pp. 289-293. doi:10.4025/actascitechnol.v34i3.9605

MARMO, R. M., 2005, Formação e remoção de trihalometanos em águas de abastecimento tratadas, na pré-oxidação, com cloro livre. Dissertação (M.Sc.), Faculdade de Engenharia Civil (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

MEYER, S. T., 1994, O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. Caderno Saúde Pública, pp. 99-105.

HONG, H. C., LIANG, Y., HAN, B. P., MAZUMDER, A., WONG, M. H., 2007, "Modeling of trihalomethane (THM) formation via chlorination of the water from Dongjiang River (source water for Hong Kong's drinking water)", Science of the Total Environment, v. 385, pp. 48 - 54.

USEPA – United States Environmental Protection Agency, 1999, Alternative Disinfectants and Oxidants. Guidance Manual.