

## I-265 – AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE MANGANÊS EM ÁGUAS NATURAIS COM ELEVADA TURBIDEZ EMPREGANDO TRATAMENTO DE CLARIFICAÇÃO EM ESCOLA DE BANCADA

**Tamile Dafne Marinho**<sup>(1)</sup>

Graduanda em Engenharia Ambiental.

**Viviane das Graças Rodrigues**<sup>(2)</sup>

Bacharel em Química Industrial pela Universidade Federal de Ouro Preto.

**Diego Roberto de Souza Lima**<sup>(3)</sup>

Bacharel em Química Industrial e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto

**Marcelo Libânio**<sup>(4)</sup>

Professor titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG

**Sérgio Francisco de Aquino**<sup>(5)</sup>

Químico, Doutor em Engenharia Química pela Universidade de Londres – Inglaterra. Prof. Adjunto do Departamento de Química da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua João Fernandes Vieira, 2666 - Bauxita – Ouro Preto - MG - CEP: 35400-000 - Brasil - Tel: (31) 93152775 - e-mail: tamilemarinho@hotmail.com

### RESUMO

Devido à grande importância dos recursos hídricos naturais, estudos são realizados para melhoria da qualidade da água por processos de tratamento visando adequá-las ao consumo humano. Os metais são contaminantes comuns em águas naturais. O manganês é um metal que pode ser encontrado no solo, lodo de lagos e rios e em grandes concentrações pode causar efeitos nocivos à saúde, além de conferir gosto e cor em águas tratadas. Sendo assim, o presente trabalho consiste em avaliar a utilização de dois coagulantes (sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio) em tratamento por clarificação (coagulação, floculação e sedimentação) em escala de bancada. Objetivou-se otimizar a eficiência de remoção do manganês de águas naturais com elevada turbidez, visando atingir elevadas eficiências de remoção que atendam o padrão de potabilidade vigente estabelecido pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clarificação, manganês, coagulação.

### INTRODUÇÃO

Os metais são contaminantes comuns em águas naturais. Todas as formas de vida, desde as bactérias até mesmo os seres humanos, são afetadas pela presença de metais. Em baixas concentrações (traços), muitos metais são essenciais para o crescimento e desenvolvimento de diversos micro-organismos, porém em concentrações elevadas podem ser prejudiciais à saúde humana e ao ecossistema onde são encontrados.

Sabe-se que o manganês (Mn) é um metal que pode estar presente nos solos, adsorvido em lodos de lagos e dissolvido em diversos recursos hídricos. Se a concentração de oxigênio da água for suficiente, o Mn permanecerá na forma tetravalente ( $Mn^{4+}$ ) como dióxido de manganês ( $MnO_2$ ) e insolúvel. Em situações de baixa ou ausência de oxigênio o manganês é reduzido formando a forma metálica bivalente ( $Mn^{2+}$ ) e solúvel.

Como o Mn bivalente é solúvel, ele frequentemente está presente tanto em águas subterrâneas, quanto em águas superficiais, as quais têm potenciais de serem utilizadas como mananciais de abastecimento. Se o Mn tiver de ser removido da água bruta, esse precisa ser oxidado a dióxido de manganês e, para tanto, deve ser adsorvido ou coagulado.

Em relação ao manganês, os efeitos tóxicos só são observados em elevadas concentrações e têm sido relacionados a impactos no sistema nervoso central e respiratório (Ex. bronquite aguda, asma brônquica e pneumonia). Contudo, o principal impacto da presença de Mn na água tratada relaciona-se ao gosto e cor conferidos à água, o que pode levar os consumidores a rejeitar a água fornecida e procurar alternativas de abastecimento não seguras do ponto de vista químico ou microbiológico (MADEIRA, 2003).

Em função disso, o padrão de potabilidade estabelecido para o Mn pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde é de 0,1 mg/L. Todavia, são tolerados valores superiores ao máximo permitido desde que o elemento Mn esteja complexado com produtos químicos comprovadamente de baixo risco à saúde ou sua concentração complexada não ultrapasse 0,4 mg/L.

Tendo em vista a problemática de Mn para o tratamento de águas naturais de abastecimento, o presente trabalho teve como objetivo otimizar a técnica de clarificação (coagulação, floculação e sedimentação) muito empregada nas estações de tratamento de águas (ETA), utilizando dois tipos de coagulantes para atingir eficiências de remoção satisfatória para esse metal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo proposto foram realizados testes de tratabilidade de águas naturais com valores de turbidez aproximadamente de 215 uT, proveniente de fontes de águas naturais localizadas em Cachoeira do Campo (distrito de Ouro Preto). Essas águas possuem, naturalmente, concentração de manganês na ordem de microgramas por litro (~ 20 µg/L), entretanto a mesma foi fortificada com sais de manganês ( $\text{Mn Cl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) afim de obter uma maior concentração de manganês.

Todos os ensaios foram realizados no equipamento *Jar Test* da marca Nova Ética o qual, possui a capacidade de simular, com os mesmos parâmetros, o tratamento de clarificação utilizado em diversas ETA no Brasil. Antes de se avaliar a eficiência de remoção do Mn nesse tratamento, definiu-se a melhor condição de coagulação (dose de coagulante e respectivo pH de coagulação), utilizando-se os gradientes de velocidade e tempos de contato pré-determinados para as etapas de coagulação, floculação e sedimentação.

Ao final de cada ensaio coletavam-se as amostras para a determinação dos valores de pH e turbidez remanescentes, no qual, o melhor cenário foi considerado aquele em que era obtido a menor turbidez remanescente, desejando-se que dessa forma seja obtido, concomitantemente, a menor concentração remanescente de manganês na água decantada.

Na realização dos testes de coagulação e floculação foram utilizados como coagulantes primários o sulfato de Alumínio (SA) e o cloreto de polialumínio (PAC). Já para a correção dos valores de pH, de acordo com a necessidade dos ensaios, foi utilizado o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Foi utilizado na mistura rápida (coagulação) o gradiente médio de velocidade de  $600 \text{ s}^{-1}$  em um tempo de 15 segundos. Após a mistura rápida, o gradiente médio de velocidade é reduzido para  $35 \text{ s}^{-1}$  durante a floculação. Para a análise do melhor tempo de floculação, para cada coagulante, foram realizados ensaios com variação dos tempos (5 a 30 min), mantendo-se todos os outros parâmetros fixos. Novamente, nesses ensaios também foi considerado o melhor cenário aquele que atingia o menor valor de turbidez remanescente.

Em seguida variaram-se os tempos de sedimentação (de 1,0 a 7,0 min) para se determinar a velocidade sedimentação para a melhor eficiência de remoção de turbidez. Definidos os parâmetros ótimos experimentais e os melhores cenários de eficiência de remoção de turbidez, foram realizados novos ensaios, com a fortificação da água natural com Mn. Nesses novos ensaios o objetivo era avaliar a eficiência de remoção do metal no tratamento de clarificação previamente otimizado. O manganês remanescente à melhor condição do tratamento de clarificação foi quantificado no equipamento de absorção atômica da marca *Varian*.

## RESULTADOS

As características da água bruta utilizada nos ensaios empregando o tratamento de clarificação, realizados no *Jartest*, podem ser observadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Características da água natural utilizada nos ensaios de *Jar Test* para o PAC e SA.**

Turbidez (uT)	Condutividade (µS/cm)	Temperatura (°C)	pH	Alcalinidade Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Cor Verdadeira (uH)	Cor Aparente (uH)
215,4 ± 10,6	98,6 ± 0,4	22 ± 0,1	6,71 ± 0,01	20,2 ± 3,5	10,1 ± 0,4	821,8 ± 24,0

Os parâmetros experimentais utilizados no *Jar Test* nos melhores cenários para o SA e para o PAC podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 2: Parâmetros experimentais utilizados nos ensaios de *Jar Test* no melhor cenário do PAC e do SA.**

Mistura Rápida			Floculação	Velocidade de Sedimentação
T <sub>mr</sub> = 15 s	G <sub>mr</sub> = 600 ± 20 s <sup>-1</sup>	T <sub>f</sub> = 5 min (PAC) T <sub>f</sub> = 20 min (SA)	G <sub>f</sub> = 35 ± 5 s <sup>-1</sup>	2 (cm/min)

O melhor cenário do tratamento de clarificação foi alcançado quando se utilizou 35 mg/L de PAC e pH de coagulação, aproximadamente, de 7,6; no qual foi alcançado 99% de eficiência de remoção de turbidez, acarretando em uma turbidez remanescente média de 1,4 uT. Já o melhor cenário para o SA foi obtido quando utilizada dose de 38 mg/L desse coagulante e pH de coagulação, aproximadamente, de 6,8; obtendo valores médios de turbidez remanescente de 2,4 uT, com uma eficiência de remoção de 98%.

Após a definição das melhores condições experimentais para o tratamento de clarificação, foram realizados novos experimentos com a fortificação de sais de manganês em duas concentrações, [Mn]<sub>0</sub> = 1120 µg/L e [Mn]<sub>0</sub> = 120 µg/L. Os resultados podem ser observados na Tabela 3.

**Tabela 3: Resultados de remoção de turbidez e manganês para os coagulantes primários avaliados**

Características da amostra	Coagulante	Resultados de remoção de turbidez		Resultados de remoção de Manganês	
		Turbidez remanescente (Unt)	Remoção (%)	[Manganês] remanescente (µg/L)	Remoção (%)
Elevada Turbidez e Alta concentração de metais Turbidez inicial = 221,4 unt pH coagul. = 7,21(SA) 7,56(PAC) [Mn inicial] = 1120 µg/L	AS	2,06	98,1	835,5	25,4
	PAC	1,08	99,5	820	26,8
Elevada Turbidez e Baixa concentração de metais Turbidez inicial = 208,4 unt pH coagul. = 7,21(SA) 7,56(PAC) [Mn inicial] = 120 µg/L	AS	2,81	89,7	97,5	19
	PAC	1,79	99,2	89,2	25,6

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ao longo desse estudo mostraram que o melhor cenário para a remoção de turbidez, no tratamento de clarificação, está atrelado às condições experimentais como a dose do coagulante empregado, bem como o pH de coagulação, tempo de floculação e de sedimentação. Com relação à remoção do manganês, verificou-se que os melhores cenários obtidos, para ambos os coagulantes testados, não foram eficientes para a remoção do metal, atingindo em média remoção de 22,2% para SA e 26,2% para PAC.

Dessa forma é possível concluir que, para ambos os coagulantes estudados, o melhor cenário obtido para a remoção de turbidez (menor turbidez remanescente), pelo tratamento de clarificação (coagulação, floculação e sedimentação), não foi satisfatório para a remoção do manganês. Para concentração inicial de Mn de 1,12 mg/L, o resultado alcançado depois do tratamento não atingiu o limite estabelecido pela Portaria 2914 (0,1 mg/L) para águas de abastecimento.

Esta baixa eficiência na remoção do manganês por tratamento de clarificação pode estar relacionado com o pH de coagulação, pois a oxidação de manganês, para formação do precipitado  $MnO_2$ , acontece para valores de pH mais elevados, geralmente maiores que 8,0 (Di Bernardo, 2002).

Tendo em vista, a baixa eficiência do tratamento de clarificação para remoção de Mn é necessário acoplar outra técnica de tratamento pré ou pós tratamento por clarificação, como, por exemplo, pré oxidação com cloro dada a baixa magnitude da cor verdadeira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J.M. *et al.* Técnicas de abastecimento e tratamento de água. São Paulo: CETESB, 1987. v. 2, 3ªed. 317p.
2. DI BERNARDO, L. DI BERNARDO, A; CENTURIONE FILHO, P. L Ensaio de Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em ETAs. Ed. Rima.São Carlos, 2002.
3. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010. v.1, 494p.
4. MADEIRA, V.S, Desenvolvimento de um carvão adsorvente para a remoção de íons ferro em águas naturais, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.