



REMOÇÃO DE MANGANÊS EM ÁGUA BRUTA DA ETA V DE ARARANGUÁ

Julia Guimarães Corrêa¹

Carolina Resmini Melo Marques²

Morgana Nuernberg Sartor Faraco³

Aline Resmini Melo⁴

Resumo: A presença do manganês em águas subterrâneas é comum, no entanto para que essa água seja destinada ao abastecimento público e consumo humano é necessário passar por um tratamento visando a remoção desse metal e sua adequação para os parâmetros de potabilidade de acordo com a Portaria 5/2017 do Ministério da Saúde. Esse artigo apresenta diferentes processos para a remoção do manganês, que ainda estava presente após o tratamento convencional da ETA (Estação de Tratamento de Água) de Araranguá, que abastece toda a região do município do Espigão da Pedra. Para a remoção deste metal foram testados os seguintes métodos: cloração e filtração, adição de filtro de carvão ativado, adição de um aerador, adição da solução de ortopolifosfato de sódio, mantendo os métodos anteriores, e ainda a adição de um filtro com meio filtrante de zeólita clinoptilolita, mantendo apenas a filtração convencional e cloração. Após a realização de análises, o método de filtração com meio filtrante de zeólita clinoptilolita foi o mais satisfatório para a ETA V de Araranguá, em que os valores da quantidade de manganês presente em água tratada reduziram de aproximadamente 0,5 mg/L, para 0,010 mg/L. Sendo assim, a água voltou a estar dentro dos parâmetros determinados pela Portaria 5/2017 do Ministério da Saúde, já sem risco a saúde ou outras consequências aos moradores que consomem e utilizam essa água.

Palavras-chave: Tratamento de água. Zeólita. Metais.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento da água distribuída para consumo humano é indispensável para manter seus padrões de potabilidade. Um dos problemas enfrentados pela ETA V de Araranguá é a presença de íons de manganês na água destinada ao abastecimento público. A presença deste metal na água pode modificar a cor, o odor, o sabor e aumentar a turbidez, além do excesso de manganês causar manchas em roupas, pisos e quando consumidos em excesso pode gerar problemas de saúde por

¹ Graduanda em Engenharia Química. E-mail: juliagcorrea98@hotmail.com

² Professora Doutora Engenharia Química. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br

³ Professora Mestre Engenharia Química. E-mail: morgana.sartor@satc.edu.br

⁴ Professora Doutora Engenharia Química. E-mail: aline.melo@satc.edu.br



acumular-se nos tecidos durante o envelhecimento, causando distúrbios neurológicos (MADEIRA, 2003).

O padrão brasileiro de potabilidade da água, a Portaria 5/2017 do Ministério da Saúde, dispõe como valores máximos permitidos para o parâmetro de manganês de 0,1 mg/L. Este é o problema enfrentado pela ETA V, onde os valores de manganês estão acima do permitido, mesmo passando pelos tratamentos de remoção. Por isso, o presente trabalho fez um comparativo de diferentes métodos de remoção de manganês da água bruta para assim verificar o mais eficiente entre: cloração e filtração, adição de filtro de carvão ativado mantendo o método anterior, adição de um aerador, mantendo os métodos anteriores, adição da solução de ortopolifosfato de sódio, também mantendo os métodos anteriores e ainda a adição de um filtro com meio filtrante de zeólita clinoptilolita, mantendo apenas o primeiro método de cloração e filtração convencional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

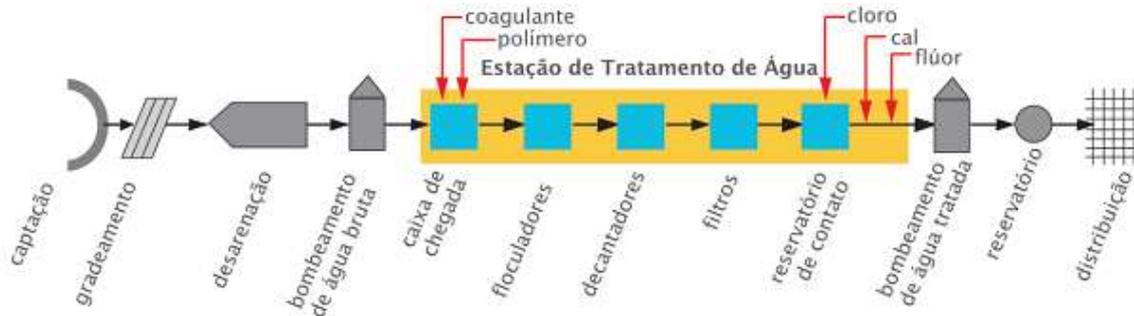
Neste capítulo será abordada a revisão bibliográfica, sintetizando os conteúdos que serão necessários para a compreensão do presente trabalho.

2.1 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)

A água potável de boa qualidade é fundamental para a saúde e o bem-estar humano. Entretanto, as reservas de água potável têm diminuído consideravelmente em virtude das diversas intervenções humanas no planeta, como a crescente poluição de mananciais pelo descaso do homem com a geração e o descarte de dejetos, poluentes, lixos, entre outras substâncias (GRASSI, 2001). Assim, a água destinada ao consumo humano deve preencher condições mínimas, para isso é necessário passar pelos processos de uma estação de tratamento, onde é feita a adequabilidade de parâmetros de qualidade da água, permitindo a identificação e, conseqüentemente, a correção de falhas, caso existam, de forma a melhorar o desempenho, enquadrando os parâmetros de qualidade de água dentro dos recomendados pela Portaria nº 5/17 do Ministério da Saúde.

A Fig.1, demonstra como ocorre o processo de tratamento de água da ETA V de Araranguá.

Figura 1: Fluxograma simplificado de tratamento convencional de água.



Fonte: Adaptado de CEDAE (2019)

De acordo com o SAMAE (Sistema Autônomo Municipal de Água e Esgoto) de Araranguá, o processo de tratamento da água na ETA V de Araranguá é constituído das seguintes etapas (LEME, 1979):

- Captação: é constituída pela retirada da água de ponteira para o tratamento;
- Gradeamento: no gradeamento ficam retidos os sólidos de dimensões superiores ao espaçamento das barras;
- Desarenação: os grãos de areia em suspensão na massa líquida sedimentam-se de forma discreta, devido a taxa de aplicação superficial, sendo arrastados, por raspadores mecanizados, até as zonas periféricas do tanque;
- Coagulação: nessa fase é adicionado à água bruta, um produto químico chamado de sulfato de alumínio, provocando uma atração entre as impurezas em suspensão na água, formando pequenos blocos;
- Floculação: a floculação consiste na obtenção de um agrupamento e da compactação das partículas em suspensão em grandes conjuntos denominados flocos;
- Decantação: nessa fase os flocos vão ficando mais pesados, se depositando no fundo dos tanques, tornando então a água mais clara e com um melhor aspecto;
- Filtração: nessa fase a água passa através de substâncias porosas (areia, carvão) capazes de reter os flocos em suspensão que não decantaram, bem como as bactérias e demais impurezas presentes na água;



- Desinfecção: nessa fase é adicionado o cloro (hipoclorito de sódio), que tem a propriedade de eliminar as bactérias que ainda conseguiram passar pelos filtros. Essas bactérias, que são pequeninos seres vivos, muitos dos quais nos causam graves doenças, são mortos pela ação do cloro.

Completando todas as etapas de tratamento, é adicionado sal de flúor, para prevenir a cárie dental infantil e cal hidratada, para corrigir a acidez da água. Após o tratamento, a água tratada é bombeada e, por meio de uma tubulação denominada de adutora de água tratada, é conduzida a um grande reservatório de 20.000 m³, para garantir a reserva de água do bairro Espigão da Pedra.

2.1.1 Parâmetros para liberação da água para consumo humano

De acordo com o Ministério da Saúde (2017) a água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tab. 1.

Tabela 1: Padrão de aceitação para consumo humano.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (VMP)
Alumínio	0,2 mg/L
Amônia	1,5 mg/L
Cloreto	250 mg/L
Cor aparente	15 Uh
Dureza	500 mg/L
Etilbenzeno	0,2 mg/L
Manganês	0,1 mg/L
Monoclorobenzeno	0,12 mg/L
Sódio	200 mg/L
Sólidos dissolvidos totais	1.000 mg/L
Sulfato	250 mg/L
Sulfeto de hidrogênio	0,05 mg/L
Surfactantes	0,5 mg/L
Tolueno	0,17 mg/L
Turbidez	5 UT
Zinco	5 mg/L
Xileno	0,3 mg/L

Fonte: Adaptado de Ministério da Saúde (2017)

Os sistemas públicos de abastecimento de água têm como sua finalidade tornar a água bruta captada no corpo d'água em água potável e distribuí-la à população dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação, através



de operações que envolvem a adição de produtos químicos e processos físicos (ANDREOLI et al., 2006).

Para que a água apresente estes padrões, precisa estar em conformidade com diversos parâmetros, que assim demonstrarão sua qualidade e suas características físicas, químicas e biológicas. A legislação responsável por definir estes parâmetros e limites que se aplica à água para consumo humano, é a Portaria nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (2017), cuja fiscalização cabe à vigilância sanitária do município.

2.2 MANGANÊS

De acordo com Madeira (2003), a presença de ferro e manganês em águas naturais acontece devido a interação da água com o solo, através de metais como o níquel, o zinco, o cromo, o mercúrio, o cádmio, o cobre, o estanho, o chumbo, que surgem de despejos industriais e atividades agrícolas.

O manganês é encontrado em maiores quantidades nas rochas metamórficas e sedimentares e os dióxidos de manganês, especificamente a manganita e a pirolusita, concentram-se nos solos à proporção que os componentes mais solúveis se separam por lixiviação. Nas águas naturais aparece sob a forma bivalente podendo, no entanto, aparecer em maiores graus de oxidação nas estações de tratamento. A sua presença se deve a solubilidade dos sais do solo pelas bactérias e compostos orgânicos, os quais geram condições anaeróbias, facilitando a redução de seus compostos na forma manganosa (OLIVEIRA; SCHMIDT; FREITAS, 2003, MORUZZI; REALI, 2012).

De acordo com o Ministério da Saúde (2006, p 192):

Os sais de ferro e manganês quando oxidados formam precipitados e conferem a água sabor e uma coloração que pode provocar manchas em sanitários, em roupas e em produtos industriais como o papel. Salvo casos específicos, em virtude das características geoquímicas das bacias de drenagem, os teores de ferro e manganês solúveis em águas superficiais tendem a ser baixos. Águas subterrâneas estão mais propensas a apresentar teores mais elevados. Na água distribuída, problemas mais frequentes estão relacionados com a corrosão e com a incrustação em tubulações.

Segundo Macedo (2004), a presença de manganês na água distribuída à população causa danos sérios e inconvenientes, tais como: manchas em roupas, pisos e utensílios sanitários; sabor desagradável; podem causar depósitos e



incrustações; favorecem o aparecimento de bactérias ferruginosas. Na água, o manganês tem comportamento muito semelhante ao do ferro, com ocorrência mais rara e em excesso pode trazer problemas neurológicos. O acúmulo de ferro e manganês precipitado nas canalizações favorece o crescimento de bactérias ferruginosas nos sistemas de distribuição. O resultado deste processo pode ser a formação de compostos coloridos e odorosos na rede. Assim, o problema é remover o ferro e manganês, antes da sua entrada nos sistemas de distribuição. A presença de manganês apesar de, aparentemente, não causar inconvenientes relacionados à saúde nas concentrações habitualmente encontradas podem comprometer a confiabilidade pública quanto ao sistema de tratamento.

2.3 FILTRAÇÃO

Segundo Richter e Netto (2005) a filtração é um processo de separação sólido-líquido, envolvendo fenômenos físicos, químicos e, às vezes, biológicos. Visa a remoção das impurezas da água por sua passagem através de um meio poroso.

Conforme Leme (1990), a filtração é uma operação de separação da matéria em suspensão que existe na água. Consiste na remoção de partículas através da passagem destas por um meio poroso (MACEDO, 2004). Esses filtros podem ser classificados como lentos ou rápidos. Os filtros lentos são usados quando a água bruta apresenta pouca turbidez e baixa cor. E os filtros rápidos são usados para águas já tratadas quimicamente (NETTO, 1998). No entanto, segundo o Ministério da Saúde (2006), independentemente do tipo de filtro, em geral a filtração é o processo final de remoção de impurezas realizado em uma estação de tratamento de água e, portanto, principal responsável por garantir a produção de água com qualidade compatível com o padrão de potabilidade.

2.4 AERAÇÃO

Segundo o Ministério da Saúde (2006), a aeração é um processo que pode ser utilizado no tratamento de água com as seguintes finalidades principais:

- Absorção de ar pela água, objetivando promover a oxidação e precipitação de contaminantes inorgânicos (exemplo: ferro e manganês);



- Remoção de compostos orgânicos voláteis e de gases dissolvidos causadores de gosto e odor, mediante sua liberação para a atmosfera.

A aeração é uma operação unitária muito importante para um grande número de aplicações, destacando processos aeróbios de tratamento de efluentes, que tem por finalidade realizar transferência de oxigênio para água. Nesta aplicação, os aeradores artificiais são importantes para fornecer oxigênio à água e, com isso, promover a oxidação da matéria orgânica devido à ação de microrganismos aeróbios (SPERLING, 1996). Ainda conforme Dos Santos (2017), um aerador tem como função movimentar a água quebrando suas barreiras, conseguindo introduzir partículas de oxigênio na água através da movimentação contínua.

2.5 ORTOPOLIFOSFATO DE SÓDIO

Produtos à base de ortopolifosfato apresentam características de sequestrar íons metálicos, especialmente o ferro, o manganês, o cálcio e o magnésio. O ortopolifosfato de sódio pode ser utilizado em estações de tratamento de afluente devido as suas propriedades: sequestrante de metais, manutenção dos metais em suspensão na forma solúvel impedindo a incrustação e possibilitando a remoção destas, além desse produto formar uma película protetora nas paredes das tubulações, minimizando os ataques corrosivos (WEIGERT; RATTMANN, 1997).

2.6 ZEÓLITA

Zeólitas são minerais naturais ou sintéticos com características estruturais em comum, possuindo estruturas cristalinas bem definidas (GIANNETTO, 1990). As zeólitas podem ser encontradas na natureza em regiões onde existia ativação alcalina de rochas vulcânicas, essas são chamadas de zeólitas naturais. No entanto, possuem impurezas e conseqüentemente limitações de aplicação, por isso começaram a ser sintetizadas (FERRET, 2004).

As zeólitas sintéticas são obtidas a partir de soluções aquosas saturadas de composição definida de aluminatos e silicatos em geral e conduzidas a temperatura de 25 a 300°C. Também podem ser sintetizadas a partir de cinzas de carvão, que são materiais ricos em sílica e alumina, além de abundantes e disponíveis em todo o globo (GIANNETTO, 1990).



A zeólita é um tipo de elemento filtrante adsorvente que pode ser utilizado no tratamento de água contaminada por íons metálicos. São minerais que possuem cavidades de tamanho molecular o que possibilita a interação com as moléculas de água. Possui capacidade de troca iônica com a água, subsidiando na remoção de metais pesados devido suas propriedades físico-químicas tais como estabilidade térmica, cristalinidade e seletividade iônica. Um fator importante é que este mineral possui a capacidade de reutilização sem perder sua capacidade de adsorção (ALVES, 2008).

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste capítulo são descritos os diferentes métodos adotados para a redução do manganês na água e como é realizada a análise do mesmo.

3.1 PROCEDIMENTO DE COLETA

As coletas foram realizadas duas vezes por semana. Para isso, foram necessárias duas garrafas de 500 ml, sendo nomeadas de bruta e tratada. Onde para a coleta da água bruta foi inicialmente realizada a higienização das mãos, da torneira em que passará a água e por fim foi coletada a água direto da torneira.

Em seguida foi realizado o mesmo procedimento de higienização da torneira para a coleta da água tratada de uma torneira instalada na própria estação de tratamento após a água passar por todos os processos de tratamento necessários. Ao fim desse processo, as amostras coletadas foram armazenadas em um recipiente térmico com gelo e levadas até o laboratório para as análises. Este procedimento foi repetido por 8 vezes em cada método e realizado novamente assim que adicionado um novo método de remoção do manganês.

3.2 PREPARAÇÃO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS VIA ESPECTROFOTÔMETRO VISÍVEL

O método de análise de manganês que foi utilizado foi a espectrofotometria visível, este é um procedimento colorimétrico altamente sensível e rápido utilizado para detectar baixos níveis de manganês presente em água. Para isso, foi utilizado o



kit *Manganes Reagent Pan Indicador (PAN)*, onde inicialmente foi utilizado o ácido ascórbico para reduzir todas as formas oxidadas de manganês para Mn^{+2} . O “*alkaline-cyanide* reagente” é adicionado para mascarar qualquer interferência em potencial. Por fim, o indicador PAN reage com íons Mn^{2+} formando um complexo de coloração alaranjada, sendo sua absorvância proporcional a concentração de manganês. Após receber os reagentes necessários para a identificação da quantidade de manganês presente em cada amostra, as mesmas foram lidas no espectrofotômetro visível.

Inicialmente, foram transferidos 10 mL de água destilada para uma cubeta, esse será o branco, e em outras duas cubetas foram adicionadas 10 mL de cada amostra coletada, bruta e tratada. Em seguida, foi adicionado o ácido ascórbico em cada uma das cubetas, que é utilizado inicialmente para reduzir todas as formas oxidadas de manganês para Mn^{+2} , após agitar para a completa diluição. Posteriormente, foram adicionadas 15 gotas de “*alkaline-cyanide* reagente”, para mascarar qualquer interferência em potencial, logo após foi novamente agitado até a completa diluição. Por conseguinte, foram adicionadas 21 gotas de indicador PAN, que reagiram com íons Mn^{2+} e após ser agitado novamente formaram um complexo de coloração alaranjada, sendo sua absorvância proporcional a concentração de manganês. Mediante o exposto, as amostras reagiram por 2 minutos para posterior leitura no próprio laboratório da Estação de Tratamento de Água III do SAMAE de Araranguá através do equipamento espectrofotômetro visível modelo DR 3900 da marca HACH.

3.3 MÉTODOS PARA A REMOÇÃO DO MANGANÊS

Para um melhor entendimento de como ocorreu a aplicação dos diferentes processos para remoção do manganês a Fig. 2 demonstra o processo de adição de novos métodos para a remoção do manganês da ETA V de Araranguá.

De acordo com a Fig. 2, o primeiro método testado foi a filtração com meio filtrante de papel e a adição de cloro, logo em seguida ainda mantendo o primeiro método foi adicionado um novo filtro, mas com meio filtrante de carvão ativado. Logo após, ainda mantendo os dois métodos anteriores, foi adicionado um aerador antes dos filtros. Em seguida, foi adicionado uma solução de ortopolifosfato de sódio com auxílio de uma bomba dosadora para um maior controle da quantidade que foi adicionada. Por fim, foi testado um último método, onde foi mantido apenas o método

inicial de filtração com meio filtrante de papel e cloração e adicionado um novo filtro com meio filtrante de zeólita de clinoptilolita.

Figura 2: Métodos para remoção do manganês.



Fonte: Do autor (2019)

Durante todos os métodos, o filtro com meio filtrante de papel permaneceu por este trabalho estar sendo testado de forma real na própria ETA, sendo assim, antes que se confirmasse a eficácia de algum método não poderia ser feita a retirada do método inicial.

3.4 CLORAÇÃO E FILTRAÇÃO

O primeiro método que foi testado para verificar a remoção de manganês da água bruta para a tratada foi o método convencional já utilizado na ETA V de Araranguá, sendo o filtro de papel e cloração. O filtro utilizado nesta etapa do processo foi um filtro da marca PENTAIR cujo meio filtrante foi o papel, com modelo R30-20BB, tem uma vazão de 15 galões por minuto (gpm), uma pressão operacional máxima de 100 psi, e uma temperatura operacional máxima de 100 °F. Foram coletadas 8 amostras, duas por semana, durante um mês. Em seguida foi realizada a análise para verificar a quantidade de manganês ainda presente em cada amostra da água tratada.



3.5 FILTRO DE CARVÃO ATIVADO

No segundo método, foi adicionado um filtro de carvão ativado, um filtro PRESSURE VESSEL modelo 2162B4TBL, com meio filtrante de carvão ativado, também da marca PENTAIR, uma pressão operacional máxima de 150 psi, e uma temperatura operacional máxima de 120 °F. A utilização do papel filtro e da cloração foram mantidos e foi adicionado um filtro de carvão ativado antes do filtro de papel. Nesse método, também foram coletadas 8 amostras, duas por semana, durante um mês. Em seguida, foram realizadas as análises para identificar a quantidade de manganês ainda presente na água tratada.

3.6 AERADOR

O terceiro método consiste em adicionar um aerador no processo, antes do filtro do carvão ativado, onde o cloro já foi adicionado durante a cascata do aerador. Posteriormente, foram realizadas as análises e leitura das amostras para a identificação da quantidade de manganês presente na água tratada da ETA V de Araranguá. Os métodos descritos anteriormente, ainda foram mantidos e também foram coletadas 8 amostras nessa etapa.

3.7 ORTOPOLIFOSFATO DE SÓDIO

O quarto método para a remoção de manganês da água bruta da ETA V de Araranguá foi a adição de ortopolifosfato de sódio, que foi adicionado antes do filtro de carvão ativado e depois do aerador. Foi adicionada uma quantidade de 2 L de ortopolifosfato de sódio para cada 60 L de água por dia, para isso foi instalada uma bomba dosadora, assim foram adicionados nos primeiros 15 dias, 12,5 mL a cada 30 segundos. Nos próximos 15 dias, 10 mL a cada 30 segundos e por fim, adicionado 7,5 mL a cada 30 segundos. Após a adição do ortopolifosfato de sódio, foram realizadas mais 8 coletas de água para verificar a remoção de manganês. Os métodos descritos anteriormente ainda foram mantidos.



3.8 ZEÓLITA

O quinto e último método utilizado pela ETA V de Araranguá se baseia na adição de um novo filtro após a etapa de filtração e cloração, retirados os métodos de filtro com meio filtrante de carvão ativado, aeração e a adição de ortopolifosfato de sódio, substituindo-os pelo filtro com meio filtrante de zeólita clinoptilolita. Posteriormente, foram coletadas 8 amostras nessa etapa e em seguida realizadas as análises e leitura das amostras para a identificação da quantidade de manganês presente na água tratada da ETA V de Araranguá. Assim foi possível verificar se algum dos métodos citados foi o suficiente para a remoção do manganês da água bruta para a tratada e qual o mais eficiente.

No caso da Estação de Tratamento V de Araranguá foi utilizado a zeólita de clinoptilolita da Watercel, um meio filtrante de alta qualidade, utilizado na remoção de metais pesados. Suas características físicas são cor preta, densidade aparente de 1,41 g/cm³ e granulometria de 0,30 a 0,35 mm (CELTA BRASIL, 2017). Clinoptilolita é uma zeólita natural do grupo da heulandita, é também a mais abundante dentre mais de 40 espécies naturais de zeólitas e foi escolhida por possuir maior vida útil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para remover o manganês presente na água tratada foram realizadas coletas e análises após a adição dos diferentes métodos, que foram respectivamente: cloração e filtro de papel, adição de filtro de carvão ativado, adição de aerador, adição de ortopolifosfato de sódio ou a substituição por um novo filtro com meio filtrante de zeólita clinoptilolita, mantendo apenas a cloração e filtração convencional. Para uma maior compreensão dos resultados obtidos testando os diferentes métodos de remoção, na Tab. 02 temos os resultados obtidos da água de ponteira, sem passar por nenhuma etapa de tratamento.

Tabela 2: Resultado da análise da água de ponteira

Parâmetro	Valor obtido
Alumínio	0,000 mg/L
Cor	0 uH
Ferro	0,02 mg/L
Mangânes	0,489 mg/L
pH	7,17
Turbidez	0,43 UT

Fonte: Do autor (2019).

A partir da Tab. 02, mesmo sem passar por nenhum tratamento, percebe-se que a água de ponteira utilizada pela ETA V é uma água de qualidade, sendo o manganês o único parâmetro acima do máximo permitido pela legislação.

A Fig. 3, apresenta três amostras de água onde já foi adicionado o kit *Manganes Reagent Pan Indicador*. Sendo a amostra zero uma alíquota de água sem manganês, a água bruta (sem realizar nenhum processo) e a água tratada por filtração (filtro de papel) e cloração. Através do comparativo de cor entre o zero, que é uma amostra sem a presença de manganês, e das demais amostras, pode-se notar que não há grande variação da remoção da quantidade de manganês entre a água bruta e a água tratada.

Figura 3: Comparativo da presença de manganês em água bruta e tratada por filtração (papel) e cloração.



Fonte: Do autor (2019)

Através da Fig. 4, apenas pela diferença de coloração já foi possível notar que a adição de um novo filtro (filtro de carvão ativado) não foi o suficiente para

remover o manganês presente na água bruta em relação a água tratada.

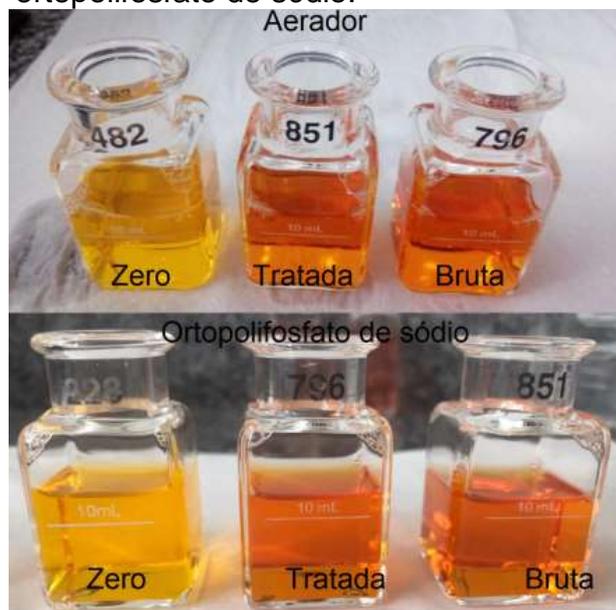
Figura 4: Comparativo da presença de manganês em água bruta e tratada com a adição da filtração (carvão ativado).



Fonte: Do autor (2019)

A partir da Fig. 5, é possível observar que em ambos os métodos, com a adição de um aerador e com adição de ortopolifosfato de sódio, ainda se mantem a mesma coloração entre a água bruta e a água tratada. Visualmente continuou não havendo remoção de manganês, logo ambos os métodos não foram eficientes.

Figura 5: Comparativo da presença de manganês com a adição de um aerador e ortopolifosfato de sódio.



Fonte: Do autor (2019)

Apenas pela Fig. 6, foi possível identificar uma diferença entre a coloração das amostras de água tratada e água bruta, onde a cor da amostra de água tratada se aproximou da cor da amostra do zero, o que conseqüentemente significa a ausência de manganês. No entanto, para confirmar a eficiência do método de filtração convencional, com meio filtrante de papel, cloração, seguida do filtro com meio filtrante de zéolita foram realizadas coletas, análises e leituras das amostras. A Tab. 2, apresenta os resultados obtidos através do espectrofotômetro visível em cada análise realizada no laboratório.

Figura 6: Comparativo da presença de manganês em água bruta e tratada com a adição do filtro (zéolita) após processo de filtração e cloração.



Fonte: Do autor (2019)

De acordo com os dados obtidos, presentes na Tab. 2, o método que obteve um resultado satisfatório para que ocorresse a remoção do manganês da água bruta para a tratada foi o método de filtração convencional, seguida de cloração e por fim passando por um filtro com meio filtrante de zeólita clinoptilolita. Assim, possibilitou que a quantidade de manganês voltasse a estar dentro do padrão brasileiro de potabilidade, conforme a Portaria 5/2017 do Ministério da Saúde, que dispõe que o valor máximo permitido para o parâmetro de manganês é de 0,1 mg/L. Sendo assim, a água tratada que abastece a região do Espigão da Pedra, voltou a estar dentro dos padrões estabelecidos pela Vigilância Sanitária e já sem risco a saúde ou outras conseqüências aos moradores que consomem e utilizam essa água.



Tabela 3: Resultados das análises.

Método	Mn (mg/L) – Bruta	Mn (mg/L) – Tratada
1. Filtro e cloração	0,494	0,255
	0,500	0,202
	0,499	0,203
	0,494	0,283
	0,495	0,284
	0,503	0,271
	0,498	0,287
	0,500	0,248
2. Filtro carvão ativado	0,498	0,307
	0,505	0,319
	0,494	0,222
	0,499	0,256
	0,493	0,267
	0,502	0,482
	0,500	0,233
3. Aerador	0,502	0,266
	0,495	0,226
	0,494	0,282
	0,498	0,318
	0,500	0,281
	0,403	0,277
	0,494	0,283
	0,499	0,247
4. Ortopolifosfato de sódio	0,500	0,286
	0,494	0,295
	0,502	0,303
	0,502	0,254
	0,495	0,274
	0,494	0,283
	0,498	0,207
5. Filtro zeólita	0,492	0,293
	0,494	0,255
	0,499	0,008
	0,502	0,01
	0,493	0,018
	0,497	0,013
	0,494	0,009
0,500	0,007	

Fonte: Do autor (2019)

5 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou a problemática da presença de manganês em águas destinadas ao tratamento para abastecimento público. O único método que apresentou eficácia na remoção de manganês, foi a filtração convencional, seguida de cloração e de um novo filtro com meio filtrante de zeólita clinoptilolita. O filtro



convencional com meio filtrante de papel, não foi retirado mesmo após ser comprovado que não foi suficiente, pois os testes foram realizados de forma real, caso nenhum método apresentasse eficiência, voltaríamos a estudar novos métodos mantendo apenas o primeiro até encontrar, por ser o mais barato. A eficácia foi comprovada apenas no último método, pois houve uma perda significativa da quantidade de manganês, sendo o único método que reduziu a quantidade de manganês presente em água tratada para um valor dentro do máximo permitido pela Vigilância Sanitária, de acordo com a portaria 5/2017 do Ministério da Saúde. Finalizando o presente trabalho, sugere-se a adição de um filtro com meio filtrante de zeólita em todas as Estação de Tratamento de Água do SAMAE de Araranguá, por se mostrar um meio filtrante muito mais eficaz para a remoção de metais.

Recomenda-se nos trabalhos futuros o estudo da aplicação de filtros mistos, variando o meio filtrante entre zeólita, areia e carvão ativado, reduzindo custos diminuindo a quantidade de zeólita.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, Cleverson Vitório; PEGORINI, Eduardo Sabino; HOPPEN, Cinthya; TAMANINI, Cristina Rincon; NEVES, Paulo Sergio. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro, 2006.

ALVES, Dilson Neander Botelho Alves. **Remoção de ferro em água de irrigação através de filtragem em areia e zeólita**. 2008. 129f. Dissertação (Dissertação em Engenharia Agrícola) - Lavras/MG, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3218/1/TESE_Remo%C3%A7%C3%A3o%20de%20ferro%20em%20%C3%A1gua%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o%20a%20trav%C3%A9s%20de%20filtragem%20em%20areia%20e%20ze%C3%B3lita.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.

CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos. Disponível em: <<http://www.cedae.com.br/>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

CELTA BRASIL. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/09/Cat%C3%A1logo-Watercel_2017.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

DOS SANTOS, Cláudio V.F.; DE SÁ, Christyne B.; ANTUNES, Warley L.; FREITAS, Felipe B.V.; SILVA, Orlandemberg P.; SANTOS, Hans. **Construção e Avaliação de um Aerador Feito com Material de Baixo Custo** - 2017. Disponível em: <http://www.fsma.edu.br/RESA/Edicao6/FSMA_RES_2017_2_05.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2019.



FERRET, Lizete Senandes. **Zeólitas de cinzas de carvão: síntese e uso.** Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/6643>> . Acesso em: 21 set. 2019.

GIANNETTO, Giuseppe Pace. **Zeolitas – características, propiedades y aplicaciones industriales.** Caracas: EdIT Editorial Innovación Tecnológica, 1990.

GRASSI, Marco Tadeu. As águas do planeta. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola:** [s. n.], 2001. pdf. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

LEME, Francilio Paes.; Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (SP). **Teoria e técnicas de tratamento de água.** 1 ed. São Paulo: CETESB, 1990.

MACEDO, Jorge Antonio Barros. Águas e águas. 2 ed, **Revista Atual.** Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/51041698-Anexo-aguas-aguas-3a-edicao-atualizada-e-revisada-jorge-antonio-barros-de-macedo.html>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

MADEIRA, Vivian Stumpf. **Desenvolvimento De Um Carvão Adsorvente Para Remoção De Íons Ferro Em Águas Naturais.** 2003. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/85902/210603.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 24 mar. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Secretaria de Vigilância em Saúde.** Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 24 mar. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Secretaria de Vigilância em Saúde.** Boas práticas no abastecimento de água: Procedimentos para a minimização de riscos à saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde – Brasília, 2006.

MORUZZI, Rodrigo Braga; REALI, Marco Antonio Penalva. **Oxidação e Remoção De Ferro E Manganês Em Águas Para Fins De Abastecimento Público Ou Industrial – Uma Abordagem Geral.** Revista de Engenharia e Tecnologia - 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/134886/ISSN2176-7270-2012-04-01-29-43.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

NETTO, Azevedo. **Manual de hidráulica.** 8.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1998.

OLIVEIRA, Daniela Alves; SCHMIDT, Gilda; FREITAS, Diogo Macedo. **Avaliação do Teor de Ferro em Águas Subterrâneas de Alguns Poços Tubulares, no Plano Diretor de PalmasTo.** Palmas: Universidade Federal do Tocantins – UFT. 2003.



Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/gilda.pdf>>. Acesso em 23 mar. 2019.

RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M. de Azevedo. **Tratamento de Água**. 6 ed, Editora Edgard Blucher LTDA, 2005.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1 ed, vol 1. Belo Horizonte, 1996.

WEIGERT, Wilmar; RATTMANN, Carlos Antonio; Ortofosfato. 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997. Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/ortofosfato.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2019.