

## IMPANTAÇÃO DE ESTAÇÃO PILOTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA TIPO DEFERRIZAÇÃO, COMPOSTA POR AERADOR TIPO TABULEIRO, LEITO DE CONTATO E CONJUNTO DE FILTRO RÁPIDO COMPOSTO POR CARVÃO ATIVADO E ZEÓLITA A

Ângelo Tiago Campos Rêgo Filho (\*), Francisco Freitas Filho<sup>2</sup>, José Cláudio Ferreira dos Reis Junior<sup>3</sup>, Edvaldo Junior de Sousa Lemos<sup>4</sup>, Caio Augusto Nogueira Rodrigues<sup>6</sup>

\* Universidade Federal do Oeste do Pará – angelotiago\_campos@hotmail.com

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar a eficiência de remoção de ferro presente em água subterrânea, por meio da implantação de estação piloto de tratamento de água tipo desferrização, composta por aerador tipo tabuleiro, conjunto de leito de contato simples de fluxo ascendente, e dois filtros rápidos de fluxo descendente, compostos de carvão ativado e Zeólita ‘A’, respectivamente. Para isso, foi produzido carvão ativado utilizando caroços de açaí por ativação química com agente ativante Hidróxido de Sódio – NaOH, preparado em forno Mufla a 600°C de temperatura, durante 2 horas, para a fabricação da zeólita foi utilizada caulinita amazônica e solução de NaOH como sintetizante. Os materiais produzidos foram arranjados no interior dos filtros, no primeiro filtro seixo/areia/carvão ativado e no interior do segundo filtro seixo/areia/zeólita A e camadas de areia com granulometrias diferentes. Para a análise da eficiência dos sistemas foram analisados parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. Foi possível observar que a utilização de carvão ativado de caroço de açaí no filtro rápido, contribuiu para melhora dos parâmetros cor, odor e pH. A eficiência global da estação piloto no que se refere a remoção de ferro foi de 99,17%. Enquanto que analisando de forma individual, a utilização de zeólita “A” como camada filtrante, observa-se 100% de remoção de ferro. Dessa forma pode-se concluir que a utilização de carvão ativado proveniente do caroço de açaí e zeólita A, demonstraram-se eficiente como camada filtrante na remoção de ferro total de águas subterrâneas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de água; aerador; leito de contato, desferrização

### INTRODUÇÃO

A captação de água a partir de reservas subterrâneas é cada vez mais comum em detrimento ao definimento das reservas superficiais, todavia, essas águas podem apresentar características físico-químicas que inviabilizem o seu consumo, como a presença de elevadas concentrações de ferro. Lima (2006) indica que para a remoção de ferro das águas normalmente utilizam-se sistemas de desferrização. Segundo Moruzzi e Reali (2012), o tratamento de água para esses casos envolve duas etapas principais interdependentes: a oxidação e a remoção do precipitado formado. A oxidação pode ser feita por meio da utilização de um aerado e a remoção do precipitado por meio de filtração.

De acordo com Carvalho (2005), o uso de carvão ativado por adsorção tem sido muito utilizado para a remoção de metais pesados, como os resíduos de: casca do grão do algodão, bagaço de cana-de-açúcar, restos de couro e entre outros; todos os resultados com carvões foram satisfatórios para a remoção dos íons metálicos em soluções aquosas.

Para a remoção de ferro da água por meio da filtração, é necessário a utilização de um material adsorvente de baixo custo, que não necessite de reagentes químicos para sua regeneração. Dentre os materiais disponíveis no mercado para tal finalidade, as zeólitas têm mostrado bons resultados (MADEIRA et al., 2003).

Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo estudar a eficiência de remoção de ferro de água subterrânea, por meio da implantação de estação piloto de tratamento de água tipo desferrização, composta por aerador tipo tabuleiro, conjunto de leito de contato simples de fluxo ascendente, e dois filtros rápidos de fluxo descendente, compostos de carvão ativado e zeólita A.

### OBJETIVO

Estudar a eficiência de remoção de ferro presente em água subterrânea, por meio da implantação de estação piloto de tratamento de água tipo desferrização, composta por aerador tipo tabuleiro, conjunto de leito de contato simples de fluxo ascendente, e dois filtros rápidos de fluxo descendente, compostos de carvão ativado e zeólita A.

## **METODOLOGIA**

As unidades do Leito de contato e do conjunto de filtro rápido foram instaladas em série, em seguida foram inseridos tubos, peças e conexões nas unidades, e as mesmas foram interligadas. Para a unidade de desinfecção foi desenvolvido um clorador, para isso, foi utilizado uma bombona plástica de 10L, sendo feitas todas as adaptações necessárias para receber pastilhas de cloro. Após a instalação completa do sistema foram montados os meios filtrantes. Um reservatório de 1000L foi colocado sobre a base de concreto, onde recebe a água após a unidade de desinfecção. Assim, foi realizado o primeiro teste sem as camadas filtrantes. Durante os testes de operação do sistema, foi observado que no Filtro 2, onde foi inserido uma camada de zeólita e outras de seixo e areia com granulometrias diversas, houve a formação de uma camada quase que impermeável, depois do contato da água e mistura das camadas, o que impossibilitou a passagem de água de forma contínua. Neste contexto, foi necessário realizar a diminuição da camada de zeólita, para que o fluxo de água fosse liberado.

Para a produção do carvão ativado foram coletados caroços de açaí em uma área de descarte. Em seguida, o material foi carbonizado, triturado, posteriormente foi pesado. Em sequência, foi feita a ativação química utilizando o agente ativante Hidróxido de Sódio P.A (NaOH). Onde o carvão foi impregnado com o agente químico Hidróxido de Sódio P.A. Para a preparação da solução ativante pesou-se 100g de NaOH dentro de um béquer de 600 ml, em seguida completou-se o volume com água destilada até dissolver o agente ativante, posteriormente foi transferido para balão volumétrico de 1000 ml onde foi adicionado água destilada até o volume total do balão e formou-se a solução ativante, ao qual foi adicionando ao carvão de caroço de açaí e deixada em contato por 24 horas. Decorrido este tempo, as amostras foram colocadas em estufa, a temperatura de 120°C por um período de 18 horas, para retirar a umidade. Para ativação térmica as amostras foram levadas à mufla onde o material foi colocado em recipiente de cerâmica e levada ao forno mufla por 2 horas a temperatura de 600°C. Decorrido o tempo, as amostras foram resfriadas e lavadas com solução de ácido clorídrico 2 mols/L por uma hora, e lavado com água destilada até a obtenção de valor de pH neutro.

As zeólitas foram produzidas a partir de caulinita, uma argila do grupo caulim. A preparação da Zeólita a partir de caulinita consistiu, basicamente, em 3 etapas. O processo de moagem, a fim de obter a granulometria ideal. Em seguida foi colocada em estufa a uma temperatura de 120°C por 8 horas, uma pequena porção do material foi enviada para análise por Difração de Raios X (DR X). Após o material moído, o mesmo foi colocado em forno mufla a uma temperatura de 600°C durante 120 minutos, para obter o metacaulim.

Foi preparado solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) comercial de tal modo foi utilizado uma proporção 1:1. Para a síntese da Zeólita A, foi realizada pesagem do metacaulim, para cada 200 gramas do material foi utilizado 1000 ml da solução de NaOH. A solução foi colocada em balão de fundo redondo de 5000 ml posto sobre manta aquecedora em seguida, o metacaulim foi inserido no balão. Posteriormente foi utilizado um agitador mecânico para a mistura dessas substâncias durante uma hora. A temperatura de agitação foi 95°C, controlada através de termômetro digital. Em seguida, o material sintetizado foi transferido para um béquer de 2L e realizada a lavagem, onde o mesmo foi cheio até a sua capacidade e com uma espátula homogeneizou-se o produto com a água destilada e esperou-se a sedimentação do produto para eliminar o sobrenadante. Este procedimento foi realizado até obter-se um pH constante em torno de 9, e então a finalização da produção de Zeólita A. As amostras foram encaminhadas para análise em laboratório por meio das técnicas de Difração de Raios X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Foram analisados os parâmetros cor verdadeira, potencial hidrogeniônico-pH, dureza total, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, ferro total, nitrito, nitrato, amônia, turbidez, coliformes totais e coliformes termotolerantes para a análise da eficiência global do sistema Piloto de Tratamento de Água. Os métodos analíticos para a determinação de todos os parâmetros seguiram o recomendado por APHA Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater (APHA, 2005). Vale observar que os pontos de amostragem foram caracterizados segundo os valores máximos permissíveis (VMP) recomendados pela Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, publicado de 12 de dezembro de 2012.

No tratamento dos dados foi utilizado software *STATISTICA 7.0*, e suas ferramentas, tais como: análise de estatística descritiva, e plotagem de gráficos. Foi realizado Análise de Variância (ANOVA) fatorial sem repetição, foi realizado para verificar a existência ou não, de diferenças significativas ( $p = <0,05$ ) entre os parâmetros analisados, considerando como fatores os seis pontos de coleta estudados para a melhor compreensão dos resultados foram utilizados alguns gráficos: gráfico de colunas, gráfico de linhas e gráficos de linhas com eixos investidos

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores absolutos das concentrações dos parâmetros físico-químicos em todos os pontos estudados nas unidades do sistema piloto de tratamento de água estão sistematizados em triplicata, no Quadro 1. Os resultados das amostras foram comparados com os padrões estabelecidos pela Portaria 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre o padrão de potabilidade de água para o consumo humano.

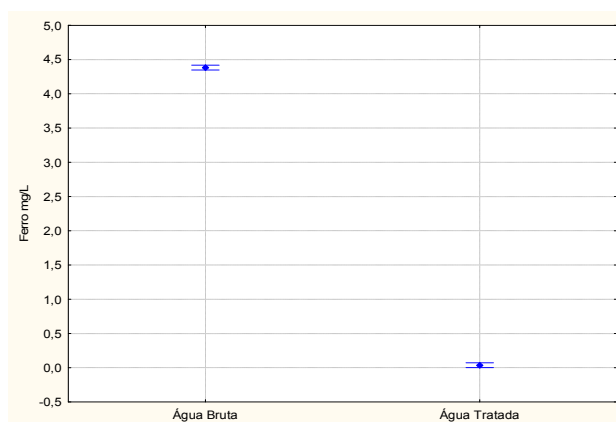
**Quadro 1: Dados brutos dos pontos de coleta**

Fonte: Autor do trabalho

Código das amostras	Ponto de coleta	Cor	pH	FERRO	TURB <sup>5</sup>	C. TER <sup>3</sup>	NH <sub>3</sub>
P1.1	Água bruta	20	5,23	4,35	0,02	0	0,087
P1.2	Água bruta	20	5,22	4,41	0,02	0	0,097
P1.3	Água bruta	20	5,26	4,39	0,02	0	0,07
P6.1	Água tratada	0	6,22	0,035	0,34	0	0
P6.2	Água tratada	0	6,23	0,031	0,42	0	0
P6.3	Água tratada	0	6,41	0,044	0,24	0	0
<b>Valor máximo permitido</b>		<b>15</b>	<b>6 -9,5</b>	<b>0,3</b>	<b>5</b>	<b>Aus</b>	<b>250</b>
<b>Unidade</b>		<b>uH</b>	<b>-</b>	<b>mg/L</b>	<b>NTU</b>	<b>UFC</b>	<b>mg/L</b>
Código das amostras	Ponto de coleta	Dureza Total	TDS <sup>1</sup>	COND	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C.T. <sup>2</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
P1.1	Água bruta	3	9,98	19,8	0	78	0,41
P1.2	Água bruta	3	9,74	19	0	57	0,4
P1.3	Água bruta	4	10,25	20,1	0	72	0,4
P6.1	Água tratada	2	7,8	15,1	0	42	0,41
P6.2	Água tratada	2	7,45	14,8	0	52	0,4
P6.3	Água tratada	2	7,46	14,8	0	44	0,41
<b>Valor máximo permitido</b>		<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>N.F.R.</b>	<b>1</b>	<b>Aus<sup>11</sup></b>	<b>10</b>
<b>Unidade</b>		<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>µS/cm</b>	<b>mg/L</b>	<b>UFC</b>	<b>mg/L</b>

<sup>1</sup> Sólidos Totais Dissolvidos, <sup>2</sup> Coliformes Totais, <sup>3</sup> Coliformes Termotolerantes

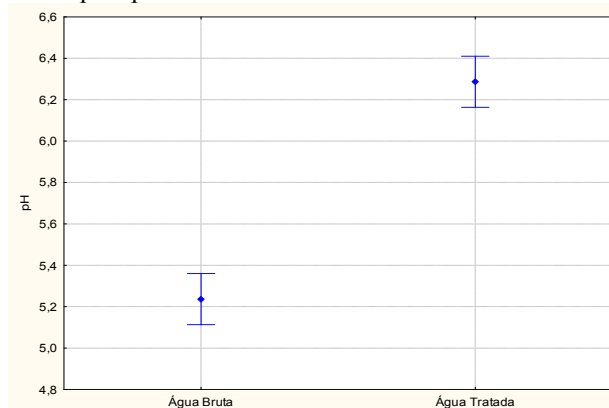
Os valores encontrados para o parâmetro de ferro total apresentaram diferenças significativas ( $F(1, 4) = 57975$ ,  $p = 0,00000$ ). O valor médio inicial de ferro na água bruta foi de 4,38 mg/L, desvio padrão de 0,030 e variância de 0,00093. Para a água tratada a concentração média foi de 0,036 mg/L, desvio padrão de 4,4 e variância de 0,0066. Através da Figura 1 podemos perceber a grande variação da concentração de ferro total inicial X final, assim após passar pela estação piloto de tratamento de água, a concentração de ferro total reduziu para um valor bem abaixo do máximo permitido pela portaria 2914/2011. A eficiência global da estação piloto no que se refere a remoção de ferro foi de 99,17%.



**Figura 1: Concentração de ferro na água bruta e na água tratada. Fonte: Autor do trabalho**

O parâmetro de pH apresentou diferenças significativas em relação a água bruta e água tratada ( $F(1, 4) = 278,72$ ,  $p = 0,00008$ ) como mostra a Figura 2. Para a água bruta o valor médio do pH foi de 5,23, desvio padrão de 0,020 e variância de 0,0004. Já para a água tratada o valor médio ficou entre 6,28, desvio padrão de 0,106 e variância de 0,011. Como comentado anteriormente o pH com características ácidas é característico das águas subterrâneas da região de

estudo, porém após passar pela estação piloto de tratamento o mesmo estabilizou com valor médio de 6,28 sendo assim um valor acima do mínimo permitido pela portaria 2914/2011.



**Figura 2: Valores de pH na água bruta e na água tratada. Fonte: Autor do trabalho**

O parâmetro de sólidos totais dissolvidos–TDS apresentou diferenças significativas ( $F(1, 4) = 167,65$ ,  $p = 0,00021$ ), onde o mesmo na água bruta apresentou valor médio de 9,99 mg/L, desvio padrão de 0,225 e variância de 0,065, já a água tratada apresentou valor médio de 7,57 mg/L, desvio padrão de 0,199 e variância de 0,039. Portanto percebe-se a variação do parâmetro no sistema, onde o mesmo não se encontrava acima do valor máximo permitido e após o tratamento seu valor diminuiu.

Outro parâmetro que apresentou valores significativos foi a condutividade ( $F(1, 4) = 190,23$ ,  $p = 0,00016$ ), seu valor médio foi de 19,63  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na água bruta, desvio padrão de 0,56 e variância de 0,32. Para a água tratada o valor médio foi de 14,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , desvio padrão de 0,17 e variância de 0,03. Vale ressaltar que não existe referência quanto a valores máximos e mínimos estabelecidos de condutividade permitidos pela legislação. A amônia apresentou valores significantes ( $F(1, 4) = 115,41$ ,  $p = 0,00043$ ). Seu Valor médio na água bruta foi de 0,084 mg/l, desvio padrão de 0,013 e variância de 0,0001. Após passar pelo sistema piloto de tratamento seu valor médio foi de 0, vale ressaltar que o valor de detecção mínimo do aparelho é de 0,04 mg/L. Outro parâmetro que apresenta diferenças significativas é a turbidez ( $F(1, 4) = 36,213$ ,  $p = 0,00384$ ). Na água bruta o mesmo apresentou valor médio de 0,02 NTU, desvio padrão de 0 e variância de 0. Já para a água tratada o valor médio do parâmetro foi de 0,33 NTU, desvio padrão de 0,0081 e variância de 0,090. A variação do valor do parâmetro, ao entrar no sistema piloto o parâmetro possui valor muito abaixo do permitido, mesmo esse valor aumentando após passar pelo sistema sua concentração ficou abaixo do estabelecido pela portaria 2914/2011, estando dentro dos padrões de potabilidade

## CONCLUSÕES

O aerador e o leito de contato apresentaram eficiências significativas, assim foi vital para uma melhora na unidade subsequente do sistema de filtração. A eficiência global da estação piloto no que se refere a remoção de ferro foi de 99,17%. Notou-se que a unidade de desinfecção dosador de cloro em pastilhas necessita de adequações na dosagem de cloro, pois não atendeu aos padrões de potabilidade estabelecidos. Também foi observado a ocorrência de perdas de água no aerador em virtude da ventilação ambiente, recomendando-se que a estação seja posta em funcionamento quando houver baixa ventilação.

O carvão ativado produzido a partir do caroço do açaí demonstrou-se eficiente na remoção de ferro total de águas subterrâneas, assim como para outros parâmetros. A zeólita produzida a partir da caulinita também demonstrou ser eficiente na remoção de ferro total de águas subterrâneas, porém, foi observado a necessidade de mais experimentos para estudar seu comportamento, características e eficiência em estações de tratamento piloto de água.



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for Examination of Water and WasteWater**. 18th. Washington, 2005. 9-26 p.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. **Diário Oficial** (da) República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2011.
3. CARVALHO, M. N. **Avaliação do processo de remoção de ferro em água de origem subterrânea por adsorção com materiais naturais**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFPE, Recife, 2005.
4. LIMA, R. F. **Influência do Leito de Contato na Eficiência de Remoção de Ferro de Águas Subterrâneas**. 2006. 199f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará, Belém - Pará, 2006.
5. MADEIRA, V. S. **Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas naturais**. UFSC. Santa Catarina, 2003. 89 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85902/210603.pdf>>.
6. MORUZZI, R.B. e REALI, M. A. P. **Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial – uma abordagem geral**. Revista de Engenharia e Tecnologia. V.4, nº 1, p. 29-43, 2012