



UTILIZAÇÃO DE FILTRO ARTESANAL A BASE DE ZEÓLITA PARA REMOÇÃO DE FERRO E MANGANÊS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM COMUNIDADE NA AMAZÔNIA

Rainier Pedraça de Azevedo⁽¹⁾

Engenheiro Civil graduado pela Universidade Federal do Amazonas - Ufam, Especialista em Engenharia de Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública da Fiocruz e Mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia pelo Centro de Ciências do Ambiente da Ufam, servidor da Funasa, Superintendência Estadual do Amazonas.

Endereço⁽¹⁾: Rua Oswaldo Cruz, S/N - Glória - Manaus - AM - CEP: 69027-000 - Brasil - Tel: +55 (92) 3301-4153 - e-mail: rainier.pedraca@funasa.gov.br

RESUMO

A ocorrência de ferro e manganês em teores elevados nas águas subterrâneas ou superficiais inviabiliza o consumo humano sem um tratamento adequado. Na Amazônia, diversas comunidades apresentam excesso desses metais na água subterrânea e este estudo descreve remoção desses elementos químicos com implantação em escala piloto, na comunidade do Arara localizada no município do Careiro-AM, de um filtro artesanal confeccionado, principalmente, a partir de tubos e conexões de PVC e utilizando zeólita como meio filtrante, que integra o conjunto denominado de Solução Alternativa Coletiva Simplificada de Tratamento de Água (Salta-z). Essa solução de tratamento da água precedida de oxidação química por cloro e precipitação antes da filtração, se mostrou muito eficiente na remoção desses metais em excesso tornando a água potável e em conformidade com a Legislação que trata do controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Palavras-chave: Filtro de água, remoção de ferro e manganês, zeólita, Amazônia, Salta-z



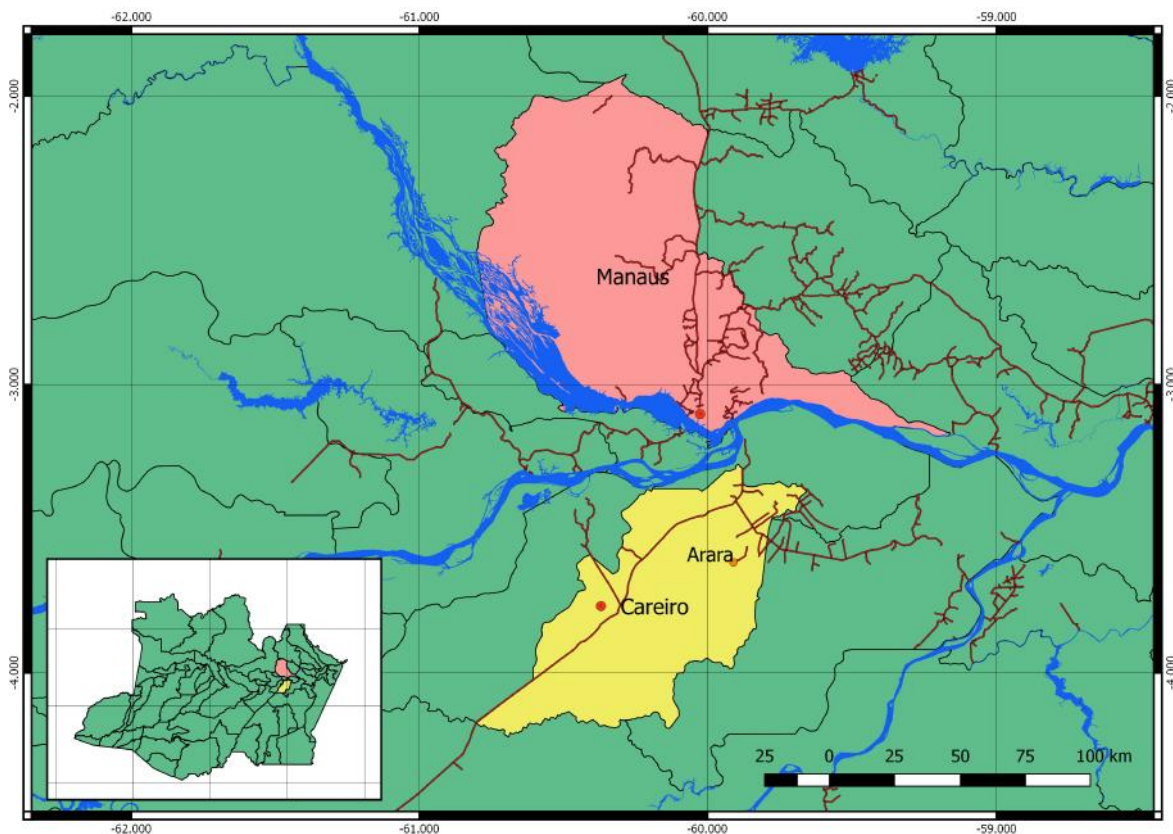
INTRODUÇÃO

Diversas localidades Amazônicas apresentam águas subterrâneas com elevados teores de ferro (Fe) e manganês (Mn), inviabilizando a utilização no abastecimento público sem o tratamento específico. Existem várias técnicas, equipamentos e produtos desenvolvidos para a remoção desses metais na água e este trabalho descreve a utilização de um filtro confeccionado, artesanalmente, com tubos e conexões de PVC e leito filtrante a base de zeólita, implantado em escala piloto em uma comunidade na Amazônia, integrando uma solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água denominada de Salta-z, num estudo de caso para remoção de ferro e manganês da água subterrânea destinada ao consumo humano.

MATERIAL E MÉTODOS

O local de estudo foi a comunidade do Arara localizada no município do Careiro no Estado do Amazonas, distante cerca de 55 Km em linha reta da capital Manaus (Figura 1).

Figura 1 – Mapa com a localização da comunidade do Arara – Careiro/AM





A água captada do poço tubular que abastece a comunidade apresenta teores de ferro (Fe) e manganês (Mn) superiores ao exigido pela Legislação referente à qualidade da água destinada ao consumo humano.

Para auxiliar na remoção do ferro e manganês, em excesso na água, foi implantado em escala piloto nessa comunidade, um filtro artesanal confeccionado principalmente a partir de tubos e conexões de PVC disponíveis comercialmente no mercado. O primeiro teste ocorreu em março de 2016 e foi consolidado definitivamente em junho de 2017.

Esse filtro foi desenvolvido pela Fundação Nacional de Saúde - Funasa e aplicado em um conjunto denominado de Solução Alternativa Coletiva Simplificada de Tratamento de Água (Salta-z). Destina-se preponderantemente ao abastecimento de água potável em situações especiais e excepcionais de pequenas comunidades que ainda não contam com abastecimento público (BRASIL, 2015).

Segundo Azevedo (2017), o filtro da Salta-z pode ser dividido em três partes: 1) Carcaça ou corpo externo; 2) Materiais e acessórios internos e externos e 3) Leito filtrante. A carcaça é confeccionada a partir de tubo de PVC DEFOFO com diâmetros variando entre 250 e 300 mm, altura média de 1,50 m e preparada para instalação e uso na posição vertical. Os materiais e acessórios internos e externos do filtro são constituídos principalmente de tubos e conexões de PVC e, como meio filtrante, utiliza-se uma camada suporte de areia de 30 cm de altura com granulometria variando entre 3 a 4 mm, seguida de uma camada de zeólita clinoptilolita de 80 cm. A solução alternativa de abastecimento de água atualmente existente na comunidade funciona por batelada e integra um conjunto composto por um poço tubular (Figura 2); adutora onde foi instalado um dosador de cloro confeccionado artesanalmente com tubos e conexões de PVC; reservatório elevado de 15 m³; filtro da Salta-z (Figura 3) e distribuição por chafariz.

Figuras 2 e 3 – Poço tubular com clorador artesanal e do filtro da Salta-z





Amostras das águas para análises físico-químicas foram coletadas no poço tubular (coordenadas geográficas S 03° 37' 00,0" e W 59° 54' 33,9") e no chafariz (coordenadas geográficas S 03° 36' 55,4" e W 59° 54' 36,9") após a passagem pelo filtro da Salta-z. As análises foram realizadas na localidade utilizando-se o colorímetro digital e microprocessado da marca Hach, modelo DR/890, para os parâmetros de ferro e manganês e, o pH foi medido por meio de pHmetro digital.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água que abastece a localidade do Arara provem do manancial subterrâneo captada através de um poço tubular e apresentava teores de ferro e manganês acima do Valor Máximo Permitido para consumo humano, situação que levou a população a reclamar do sabor de ferrugem dessa água.

A análise realizada na água do poço coletada em 17/12/2015 identificou teores de ferro igual a 3,61 mg/L e de 0,232 mg/L para o manganês, e ainda, 34,0 uH para a cor verdadeira e turbidez de 21,0 uT. Observou-se que todos os parâmetros descritos estavam fora dos limites preconizados pela Legislação vigente há época que dispunha sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017).

O aquífero Ater do Chão predomina na região e nessa unidade litoestratigráfica é comum a presença de concreções ferruginosas (lateritas) em seu sedimentos refletindo na qualidade dessa água subterrânea.

Não foram disponibilizados ou encontrados os dados técnicos desse poço, entretanto, é possível que os altos teores desses metais, principalmente o ferro esteja relacionado a deficiência construtiva do poço devido ao não isolamento correto das camadas indesejáveis ou pelo inadequado processo de limpeza e desenvolvimento, uma vez que água ainda apresenta resíduos de material particulado argiloso com tons coloração avermelhados.

O Fe e Mn em excesso conferem a água um sabor amargo adstringente e coloração marrom-amarelada e turva que provocam manchas em equipamentos sanitários e roupas, decorrente da oxidação e precipitação desses elementos metálicos.

Em março de 2016, procedeu-se a limpeza, coleta e análise da água do poço, obtendo-se os seguintes resultados: ferro total 1,33 mg/L, manganês 0,128 mg/L, cor verdadeira 29 uH, turbidez 24,2 uT e pH 5,35. Constatou-se que todos os parâmetros permaneciam em desacordo com limites preconizados pela Legislação, mas melhoraram após a limpeza do poço.



Nessa oportunidade foram realizados os primeiros testes com o filtro da Salta-z na comunidade, entretanto, verificou-se a redução dos teores de ferro total e o aumento inesperado da concentração do manganês, essa distorção foi atribuída à camada suporte constituída de rochas granulares não quartzosas de pequeno diâmetro oriundas da própria localidade contendo abundante presença de manganês.

Detectado o problema, e após revisão de todo processo, o filtro da Salta-z foi substituído assegurando-se que a camada suporte fosse de material quartzoso inerte e a zeólita específica para remoção de ferro e manganês.

A zeólita como meio filtrante é bastante utilizada no tratamento de água com excesso de metais, existindo comercialmente uma variedade de filtros com essa finalidade.

Segundo Resende e Monte (2005), a zeólita consiste em toda substância cristalina com estrutura caracterizada por um arcabouço de tetraedros interligados, cada um consistindo de quatro átomos de oxigênio envolvendo um cátion. Esse arcabouço contém cavidades abertas, na forma de canais e “gaiolas”, normalmente ocupadas por moléculas de água e cátions extraarcabouço, proporcionando elevada capacidade de troca catiônica (CTC) e alto poder de adsorção. Dentre os diversos usos da zeólita na área ambiental e de saneamento destacam-se: a recuperação de áreas afetadas por derrames de petróleo e derivados; águas contaminadas por metais pesados como mercúrio, níquel, zinco, cádmio, prata, cromo, chumbo, cobalto, molibdênio e urânio; tratamento de drenagens ácidas de minas e solidificação e estabilização de rejeitos venenosos, além de águas poluídas por material orgânico.

No filtro da Salta-z, deste experimento, utilizou-se a zeólita clinoptilolita denominada comercialmente de Watercel-ZF. De acordo com a CELTABRASIL (2014), esse produto é considerado não perigoso, não inflamável, não tóxico, não explosivo e inócuo ao meio ambiente.

Por ocasião da implantação definitiva da Salta-z na comunidade em junho de 2017, repetiu-se a coleta e análise da água do poço, obtendo-se os seguintes resultados: ferro total 2,07 mg/L, manganês 0,319 mg/L, cor 550 uH, turbidez 85 uT e pH 5,68. A Tabela 1 consolida a análise de água do poço dos principais parâmetros analisados nos três anos descritos.

O tratamento da água para remoção dos metais em excesso foi precedido de oxidação química e precipitação antes da filtração.

Para oxidação química do ferro e o manganês dissolvido na água subterrânea foi utilizado o cloro (Hipoclorito de cálcio 65%) inserido no dosador artesanal de PVC, logo após a captação da água do poço quando recalçada para o reservatório elevado, na sequencia a água passou por uma pequena aeração ao cair da parte superior do reservatório até o nível da água, entretanto, não foi instalado nenhum aerador para facilitar o processo de oxidação.



Tabela 1 – Resumo das análises realizadas na água bruta do poço

Parâmetro	Expresso como (unidade)	Valor de referência	Resultado em 17/12/2015	Resultado em 29/03/2016	Resultado em 29/06/2017
Ferro Total	Fe (mg/L)	0,3	3,61	1,33	2,07
Manganês	Mn (mg/L)	0,1	0,232	0,128	0,319
Cor aparente	uH	15	34	29	550
Turbidez	uT	5	21,0	24,2	75,0
pH	pH	6,0 a 9,0	Nr	5,35	5,68
Temperatura	°C	-	Nr	28,1	29,2

Valor de referência - Portaria Consolidada nº 05/2017 – Anexo XX (Brasil, 2017)

Nr - Não realizado

uH - Unidade de escala Hazen (Platina-Cobalto)

uT - Unidade de Turbidez (Jackson ou Nefelométrica)

Cabe destacar que a taxa de oxidação de compostos solúveis de ferro e manganês em águas depende do valor do pH, da alcalinidade, da temperatura, do teor de matéria orgânica, da concentração do oxidante e da dispersão do oxidante na água

Por funcionar em batelada, o tempo de contato requerido para desinfecção da água e oxidação do ferro e manganês acontece no reservatório de distribuição, onde parte do precipitado correspondente principalmente aos sedimentos férrico e mangânico fica retido no fundo do reservatório, sendo posteriormente descartado através de dreno, e, a outra parte é removida na filtração da Salta-z.

As dosagens do cloro utilizadas para oxidação dos metais Fe e Mn presentes na água variam entre 2,0 e 3,0 mg/L. Essas concentrações estão coerentes com a descrita na literatura pois, segundo Moruzzi e Reali (2012), a quantidade teórica de cloro requerida para oxidar uma água contendo concentrações de ferro solúvel de 1 mg/L e de manganês de 1 mg/L é, de respectivamente, 0,62 mg/L e 1,30 mg/L.

Após o repouso da água no reservatório por aproximadamente 2 horas e passagem pelo filtro da Salta-z, o ferro total passou de 2,07 mg/L para 0,01 mg/L; o manganês de 0,319 mg/L foi para 0,042 mg/L; a cor de 550 uH para 10,0 uH; a turbidez de 85 uT para 0,89 uT e o pH de 5,68 para 6,10. Portanto, todos os parâmetros analisados após a filtração estavam em conformidade com a Legislação. A tabela 2 mostra o comparativo entre a água bruta e a água tratada com a Salta-z.



Tabela 2 – Comparativo entre a água bruta e tratada com a Salta-z

Parâmetro	Expresso como (unidade)	Valor de referência	Água bruta (última análise)	Água tratada
Ferro Total	Fe (mg/L)	0,3	2,07	0,01
Manganês	Mn (mg/L)	0,1	0,319	0,042
Cor aparente	uH	15	550	10
Turbidez	uT	5	75,0	0,89
pH	pH	6,0 a 9,0	5,68	6,10
Temperatura	°C	-	29,2	30,0

Valor de referência - Portaria Consolidada nº 05/2017 – Anexo XX (Brasil, 2017)

uH - Unidade de escala Hazen (Platina-Cobalto)

uT - Unidade de Turbidez (Jackson ou Nefelométrica)

Constata-se que a remoção dos metais foi bastante expressiva superando a 99,5% para o ferro e 86,8% para o manganês.

A redução acentuada do teor de ferro após o processo de filtração com a utilização de zeólita é recorrente na literatura. Experimentos conduzidos por Alves (2008) atestam que o uso de zeólitas misturadas à areia em proporção adequada, mostrou-se tecnicamente viável para remoção de ferro bivalente, podendo-se chegar, independente do tempo de contato, a uma remoção de até 95%.

Em escala laboratorial, Vistuba (2010) testou um filtro com características similares ao implantado na comunidade e verificou que o filtro com zeólita e areia apresentou uma eficiência de remoção de Fe e Mn superior a 60% e 80%, respectivamente, produzindo uma água de boa qualidade.

CONCLUSÃO

Neste estudo de caso, a utilização do filtro artesanal a base de zeólita precedido de processos envolvendo oxidação química e precipitação de metais, implantado como solução alternativa de abastecimento de água na comunidade do Arara, no município do Careiro - AM, se mostrou muito eficiente para a remoção de ferro e manganês nos teores encontrados na água subterrânea que abastece a localidade.

Entretanto, a aplicação e/ou reaplicação desse filtro em outras comunidades Amazônicas requer minimamente estudos que envolvam a criteriosa caracterização da água a ser tratada, pessoal treinado para essa atividade e o controle da qualidade da água distribuída a população.



REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, R. P. (2017). Avaliação dos materiais e dos aspectos construtivos de um filtro artesanal a base de zeólita aplicável em soluções alternativas de abastecimento de água. In: 21ª EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, Campinas – SP. 47º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE. 2017, 59 - 65p.
- ALVES, D. N. B. (2008). Remoção de ferro e água de irrigação através de filtragem em areia e zeólita. Tese de Doutorado. Lavras: UFLA, 116p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX - Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Origem Portaria MS/GM nº 2914/2011). Diário Oficial [da] União, Brasília, 03 out. 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (2017). Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa/Superintendência Estadual do Pará. Brasília: Funasa. 49 p.
- CELTABRASIL (2014). Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ) - Watercel ZF 0410. Cotia - SP: CeltaBrasil, 9p.
- MORUZZI, R.B.; REALI, M.A.P. (2012). 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, Abr/2012, p. 29-43.
- RESENDE, N. G. A. M.; MONTE, M. B. M. (2005). Zeólitas Naturais. In: Rochas & Minerais Industriais. LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. 867p.
- VISTUBA, J. P. (2010). Remoção de ferro e manganês de água de abastecimento por meio de filtração adsortiva. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Florianópolis: UFSC. 110p.