

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PROCESSOS ALTERNATIVOS DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO CURIMATAÚ PARAIBANO.

Cinthia Maria de Abreu Claudino(1); Thiago de Sá Sena, (1); Yuri Tomaz Neves, (2); Daniel Costa da Silva (3); Bruno Menezes da Cunha Gomes (4).

(1) Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, E-mail: cinthiamariaac@gmail.com

(1) Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, E-mail: tg.777@hotmail.com

(2) Universidade Federal de Pernambuco– UFPE, E-mail: yuutomaz@gmail.com

(3) Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, E-mail: daniel.costa.silva@hotmail.com

(4) Universidade Federal do Rio de Janeiro– UFRJ, E-mail: brunocunhaeng@gmail.com

Resumo:

A escassez de água é um problema constante em vários lugares do mundo, para evitar a falta total desse bem essencial à população tem criado várias alternativas de abastecimento. A cidade de Araruna, localizada no Curimataú Oriental paraibano, para driblar o problema a população utiliza em sua maioria a água provida de reservatórios subterrâneos, mas muitas dessas fontes fornecem água com índices grandes de presença de sais, o que pode acarretar problemas de saúde de diversos tipos na população. Nesse cenário o estudo buscou criar fontes alternativas simples e baratas, afim de reduzir a salinidade das amostras de água. Para isso foram analisadas diferentes fontes de água subterrânea da cidade, coletadas amostras e medidos a condutividade elétrica das partículas dissolvidas. Com quatro medições foram utilizados como critérios de escolha a maior salinidade e a maior distância entre os poços de coleta, selecionando duas amostras para serem utilizadas nos protótipos. Então se iniciou a etapa de construção de dois protótipos, onde um consiste em um sistema de filtros que utilizam materiais de fácil acesso na região e o outro um protótipo em formato de pirâmide que utiliza a radiação solar para minimizar a presença de sais, em seguida, foi inserido em cada uma das amostras de água nos protótipos e assim obter novas amostras tratadas. As novas amostras geradas passaram pelo mesmo processo de análise e dentre os vários resultados obtidos foram selecionados os dados mais significativos dos métodos. Foi possível concluir que o sistema mais eficiente, até então, é o método da filtração com utilização da casca da *Moringa* areia e brita 0 com 93,81% de redução da condutividade. O método da destilação solar também apresentou resultados significativos com a redução de 89,97% de condutividade elétrica. Apesar de obter os dados representativos os métodos ainda necessitam de ajustes na estrutura para se obter melhores resultados e serem difundidos para a população.

Palavras-Chave: Dessalinização de água; Filtração; Radiação Solar.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável aos seres humanos e aos demais seres vivos, além de ser suporte essencial aos ecossistemas. Utilizada para o consumo humano e para as atividades sócio-econômicas, é retirada de rios, lagos, represas e aquíferos, tendo influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento das populações (SOUZA, 2000).

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos, atua como fator determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma comunidade. Atender a essa demanda constitui-

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

se, assim, em um dos maiores desafios do homem na atualidade, devido à escassez crescente e ao comprometimento da qualidade das águas (PAIVA, 2001).

O aumento da população vinculado a exploração errônea e poluição das fontes de água doce, fez com que o problema de escassez de água acometesse desde grandes centros urbanos até regiões interioranas e comunidades rurais. Por ser um bem essencial para vida humana há um recorrente busca para geração de fontes alternativas de abastecimento de água.

Uma das soluções mais difundidas no país é a exploração da água contida em lençóis freáticos através da construção da estrutura de poços artesianos. A escassez de água e o aumento da demanda fizeram com que a utilização da água subterrânea passasse a participar do abastecimento de diversas cidades com grande concentração populacional do país como Recife, Belém, Fortaleza, Maceió, Manaus, Natal, bastante utilizada na irrigação de cidades como Irecê no Oeste baiano e Mossoró no Rio Grande, bem como cidades interioranas e comunidades rurais que sofrem com a falta desse recurso.

Mesmo com a grande difusão da perfuração, construção e utilização da técnica de poços como fonte de abastecimento de água, em sua maioria esses poços não passam por uma análise prévia, o que leva a utilização dessa água sem nenhum tipo de tratamento.

O consumo de água sem o devido tratamento pode causar várias doenças, como exemplos, a cólera e a diarreia, dentre outros. Segundo a ONU (1992) 80% da população está sujeita a contrair doenças que tem fator hídrico, pois essa parcela da população mundial vive em áreas em que a segurança da água é debilitada

Como uma questão de saúde pública, afim de evitar as doenças de veiculação hídrica nas regiões que não tem água tratada, faz-se necessário desenvolver sistemas de tratamento alternativos para melhorar a qualidade da água, adequando-a para usos mais nobres.

A corrente de estudos que busca a dessalinização de águas teve sua primeira etapa desenvolvida na cidade de Araruna-PB, localizada no Curimataú Oriental paraibano e que sofre de grandes períodos de crises no abastecimento de água.

Assim a pesquisa busca por meio da elaboração e aprimoramento de métodos alternativos, destilação solar e filtragem, melhorar a qualidade das águas subterrâneas utilizadas na região com a diminuição dos índices de salinidade.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Hoje, sabe-se da importância de se tratar a água destinada ao consumo humano, pois, é capaz de veicular grande quantidade de

contaminantes físico-químicos e/ou biológicos (TORRES et al., 2000). A qualidade necessária à água distribuída para consumo humano é a potabilidade, ou seja, deve ser tratada, limpa e estar livre de qualquer contaminação, seja esta de origem microbiológica, química, física ou radioativa, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana (BRASIL, 2005).

Dentre os vários indicadores que necessitam estar de acordo com certos padrões para que a água seja destinada ao consumo encontra-se a porcentagem de sal presente na água (%NaCl). De acordo com (SOUZA, 2006) os fatores tais como clima, características geológicas, tipos de solos e distância em relação ao mar são quem definirão a salinidade das águas naturais. Para a seleção de pontos de captação de água teve-se o cuidado de escolher locais afastados para que não houvesse tendenciamento das amostras.

Para a classificação de uma água como sendo salobra ou salina pode-se usar os critérios de condutividade elétrica, pois como enfatizado pela Agência Nacional de Água (ANA), a medida da condutividade elétrica pode ser relacionada com a concentração de sólidos dissolvidos totais, em mg/L, sendo assim, um parâmetro muito eficaz ao lançamento de efluentes o que facilita avaliar a qualidade do corpo hídrico, pois é uma medida direta.

Segundo o Ministério da Saúde as águas naturais para que estejam dentro do parâmetro necessário de condutividade elétrica devem variar na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, já ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores pode se aproximar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nesse contexto Wegelin *et al.* (1994), sugerem que para fornecer água para esses locais, é necessário reduzidos os custos dos sistemas de abastecimento de água através do uso de tecnologias apropriadas e de baixo custo, instalado sistemas cuja operação e manutenção possam ser gerenciadas e sustentadas com recursos locais.

Visando atender essa ideia de adequar a águas ao parâmetro de salinidade, foi realizado por meio do estudo a confecção de um filtro que de acordo com Lo Monaco et al. (2009) serve como instrumento para a realização do tratamento primário, sendo que para a confecção destes podem ser utilizados materiais alternativos oriundo de atividades agropecuárias, a principal vantagem do uso destes e a possibilidade de serem compostados e utilizados como adubo orgânico após a filtração.

O material orgânico escolhido para compor os filtros foram provenientes da *Moringa oleifera* pertencente à família da *Moringaceae*, é uma planta tropical, que apresenta propriedades coagulantes. De acordo com

Cardoso et al. (2008), essa propriedade decorrente da presença de uma proteína catiônica que desestabiliza as partículas contidas na água em meio líquido, possibilitando, a agregação de grandes flocos que são facilmente separados da água por processos de filtração.

Outra técnica empregada na pesquisa foi a destilação feita por um destilador solar. De acordo com Samee et al. (2007) o seu funcionamento inicia-se a partir do momento que a radiação solar atravessa a tampa transparente, aquecendo a água e o tanque com uma temperatura maior que a da tampa. Nessa etapa, um gradiente da temperatura é gerado, aumentando a pressão no interior do recipiente e provocando a evaporação do líquido que perde o calor para a tampa pela evaporação, pela convecção, pela radiação e pela condução à base e às paredes do destilador solar. A água vaporizada, em contato com a tampa é condensada. A fina camada de condensado aderida à tampa flui por gravidade até a canaleta, que conduz a água-produto para um recipiente específico

Assim com o uso tecnologias de baixo custo e fácil acesso pode-se solucionar o problema de salinização encontrada nas as verificadas águas de poços na cidade de Araruna-PB.

3. METODOLOGIA

a. Local de Estudo.

A pesquisa foi realizada na cidade de Araruna, localizada no Curimataú Oriental paraibano, que possui de acordo com o IBGE (2017), possui população estimada para 2017 de cerca de 20.418 habitantes, tendo um regime climático quente, com chuvas de inverno, sendo a sua precipitação média anual da ordem de 844,5 mm (AESAs, 2016). Com o crescente aumento populacional no decorrer dos últimos anos, um reservatório com volume bem limitado e possíveis falhas nos processos de gerenciamento e de distribuição, o município acaba entrando em constantes períodos de racionamento e até mesmo corte no abastecimento.

A crise hídrica faz com que boa parte da população encontre alternativas referentes a captação e armazenamento de água, essas formas apesar de eficazes no quesito de obtenção de água, por não passar pelos devidos procedimentos deixam muitas vezes a desejar quanto ao tratamento e análise adequada desse líquido que está sendo utilizado.

A presença do CCTS (Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde), campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), leva a desenvolvimento de projetos e pesquisas para melhoria do bem-estar da população. Em meio a esse cenário o estudo teve como metodologia a

b. Método Geral

Tendo em vista que as águas destinadas para consumo, tanto na produção agropecuária como o humano, devem passar por uma classificação baseada na resolução do CONAMA N°357, de 17 de março de 2005 que indica diversos parâmetros e faixas em que o líquido pode ser destinado ao consumo, um deles, e o que será abordado nesse trabalho, é a salinidade.

Seguindo essas indicações foi feita a coleta do material, enviado para análise do teor de salinidade da água através de medições de condutividade elétrica que ocorreram no laboratório de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

As amostras foram coletadas em poços de duas residências. A amostra 1 teve seu índice inicial de condutividade elétrica de 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o que torna o índice da amostra cinco vezes maior do que o padrão máximo necessário. Quanto aos índices medidos na amostra dois verificou-se inicialmente 1445 $\mu\text{S}/\text{cm}$ um valor ainda mais preocupante que encontra-se na faixa para águas poluídas

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.3.1 Método de Filtragem.

Inicialmente, foi definido as dimensões e materiais a serem utilizados na confecção do sistema de filtragem. Os materiais escolhidos foram adotados levando em consideração a o fácil acesso e o baixo custo, o que faz do sistema algo de fácil adaptação. O sistema adotou tubulações de 25 mm para a confecção das ligações, e tubulações de 50mm para confecção dos filtros, além de alguns acessórios.

Como reservatório definiu-se um garrafão de água de 20 litros, onde na parte superior utilizando uma serra, foi aberto um orifício para facilitar o reabastecimento do sistema, e como coletores definiu-se três reservatórios de 5 litros, cada um acoplado a um sistema de filtros.

Após todo o processo de montagem, instalou-se o sistema em um local, com pouca interferência de agentes externos, e com um desnível entre os reservatórios de maneira que o líquido fluísse por gravidade passando pelo conduto até chegar à outra extremidade. Como mostrado na figura 1.



Figura 1- Sistema de filtros montados.

Para obter os métodos a serem testados como ativantes na dessalinização da água, foi feita uma busca na literatura a ponto de adequar os materiais disponíveis na região para o uso no sistema. Tendo por base a bibliografia decidiu-se utilizar partes da *Moringa*, planta abundante na região, associada a materiais como areia, serragem de madeira e brita zero.

Assim, foram colhidas partes da casca, das folhas e sementes da planta. Esse material orgânico passou por um processo de trituração, de secagem á 105°C por um período de 48h. Então as partes da moringa foram misturadas com os outros materiais de acordo com as proporções indicadas na tabela 1. Cada mistura ainda passou por um processo de homogeneização através do peneiramento da amostra com a peneira de abertura 4,75 mm.

Tabela 1- Materiais alternativos usados na montagem dos filtros.

Filtro 1 (proporção)	Filtro 2 (proporção)	Filtro 3 (proporção)
1 de casca	1 de semente	1 de folha
1 de areia	1 de serragem de madeira	3 de areia
2 de brita 0	2 de brita 0	2 de brita 0

Os filtros foram montados e alguns litros da amostra de água 1 foram colocados no recipiente, utilizando as válvulas foram controladas as vazões para que cada filtro funcionasse a velocidade de gotas/por segundo quase iguais.

Com a medida da condutividade das amostras antes e após a utilização dos métodos, pode-se medir a eficiência de cada método na alteração dos índices de condutividade elétrica e conseqüentemente na mudança da quantidade de sais dissolvidos.

No método da filtragem com materiais alternativos obtiveram-se para cada filtro os índices mostrados na Tabela 2.

Tabela 2- Relação da condutividade antes e após o método de filtragem.

	Condutividade antes do método [$\mu\text{S/cm}$]	Condutividade após o método [$\mu\text{S/cm}$]	Alteração [$\mu\text{S/cm}$]	Porcentagem de alteração [%]
Filtro 1	550	34	Reduziu 516	-93,81
Filtro 2	550	15.140	Aumentou 14590	+2.652,73
Filtro 3	550	45	Reduziu 505	-91,82

Com a análise dos dados dispostos na tabela verificamos que o filtro com a maior eficiência foi o Filtro 1 composto com casca, areia e brita onde a redução chegou quase próxima a totalidade de sais, o que torna a amostra com índices aceitáveis para potabilidade de presença de sais. O mesmo ocorreu no filtro 3, composto por folha, areia e brita, em que obteve-se sucesso nos índices de reduções de sais tornando a amostra potável de acordo com esse parâmetro.

No entanto o filtro três fugiu a regra das reduções de salinidade, apesar da semente da Moringa ser a parte da árvore mais utilizada para o fim de dessalinização como verificado nas pesquisas bibliográficas. No entanto a mistura da semente com a serragem da madeira geraram dados contraditórios, aumentando de forma significativa o índice de condutividade elétrica da amostra.

3.4 Método de destilação solar.

Para a aplicação da técnica foi desenvolvido um sistema (Figura 2) formado a partir de uma base com dimensões (30x30x10)cm feita de aço inox, uma tampa com inclinação de 45° em formato de pirâmide e feita de vidro,

possuindo ainda canaletas de alumínio; e algumas garrafas que funcionam como reservatórios para água destilada. Assim também como mostrado na figura foram utilizadas mangueiras para fazer a ligação entre o reservatório com a água a ser tratada e a base do destilador, bem como nas vedações entre o tanque e a tampa. Para assegurar as vedações das conexões e de outras partes necessárias, foi utilizada borracha de silicone acético.



Figura 2 – Destilador solar em formato de pirâmide.

O sistema foi então instalado em um local com incidência contínua de sol. Para início foi utilizado a amostra de água 2 que foi inserido na base da pirâmide até formar uma lâmina de água de 10mm, a quantidade escolhida seguiu as recomendações da bibliografia estudada já que quanto maior a profundidade da lâmina d'água no interior da base do destilador, menor a transferência de calor na água condensada, ou seja, menor a produção de água.

Assim a medida que a água era destilada e gerava uma amostra para análise, a lâmina de água era repostada através do abastecimento direto com mangueiras na base inox. O tempo de produção da amostra variava de acordo com as condições climáticas dos dias.

No tocante aos índices apresentados com a utilização do método de destilação solar temos que inicialmente a amostra encontrava-se com o parâmetro de condutividade elétrica com valores elevados, 1445 $\mu\text{S}/\text{cm}$, após a aplicação do processo de destilação solar com o uso do protótipo em formato de pirâmide houve uma redução desse valor para 144,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Essa alteração algebricamente representa uma diminuição de 1.300,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na condutividade elétrica o que em porcentagem representa uma redução de 89,97%. Apesar de não deixar a amostra coletada com índices de presença de sais nos padrões de potabilidade essa redução torna-se significativa, visto que a péssima qualidade inicial da água da amostra utilizada nesse método.

A destilação solar obteve resultados significativos, com uma diferença para o melhor resultado obtido nas filtragens de 3,84 %. Tendo em vista que esse método necessita de alguns ajustes estruturais no protótipo, um deles é a inclinação da tampa, pois, de acordo com Soares (2004), ela deve ser determinada através dos dados de latitude do local onde o equipamento será instalado, acrescido de mais 10°, tendo em vista que o município de Araruna – PB possui uma latitude de aproximadamente 6° a inclinação mais recomendada seria de 16°, o que difere da com a inclinação utilizada. A outra alteração que maximizaria os resultados obtidos pelo método é referente também a mudança de inclinação, na parte das canaletas onde devido a inclinação que não estava adequada gerava o processo de reevaporação devido a formação de uma lâmina de água.

4. CONCLUSÃO

A partir da comparação dos dois métodos verificamos que a filtragem obteve reduções mais significativas, apesar de possuir uma alteração contrária ao objetivo de diminuição da salinidade. No entanto esse aumento gerado pela mistura dos componentes desse filtro gera um espaço para aperfeiçoamento do método, onde através da mudança de materiais e das proporções usadas no filtro pode-se adquirir uma alteração significativa nos três processos de filtragem em que a amostra é submetida.

A utilização dos métodos fez com que se atingisse os objetivos do estudo, obtendo resultados significativos, que podem ainda ser melhorados com as alterações propostas. Com a otimização do sistema ele possa ser difundido e vir a ser aplicado nas residências do município, contribuindo com isso para o desenvolvimento sustentável e melhoria da vida de diversas famílias.

5. REFERÊNCIAS.

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.** Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 15 de setembro de 2017

ANA. Agência Nacional de Águas. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil.** Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 518/2004** – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

CARDOSO, K.C.; BERGAMASCO, R.; COSSICH, E.S.; MORAES, L.C. K. **Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleifera Lam.** Acta Scientiarum Technology, Maringá, v.30, n.2, p.193-198, 2008.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357/05.** Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005.

LACERDA, L. P. **Utilização de plantas para redução de salinidade da água e produção de biomassa por meio de cultivo hidropônico.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2012.

LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; SARMENTO, A.P.; JÚNIOR, A.V.L.; LIMA, J.T. **Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.17, n.6, p.473-480, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração Universal dos Direitos da Água.** Dia mundial da água. 22 de março de 1992.

PAIVA, M.de F. A. **A cobrança pelo uso da água como incentivo à redução dos níveis de poluição hídrica.** In: Anais do IV CONGRESSO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Foz do Iguaçu-PR, 2001.

SAMEE, M. A.; MIRZA, U. K.; MAJEED, T.; AHMAD, N.; **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2007, 11, 543.

SOUZA, D. A. **Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de multiresíduos de pesticidas em águas de abastecimento de São Carlos – SP.** Dissertação (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

TORRES, D. A. G. V. CHIEFFI P.P.; COSTA W. A.; KUDZIELICS E. **Giardiase em creches mantidas pela prefeitura do município de São Paulo, 1982/1983.** Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo, v.33, p. 137- 141, 2000.

WEGELIN, M.; CANONICA, S.; MECHSNER, K.; FLEICHMMAN, T.; PESARO, F.; e METZLER, A. (1994) **Solar Water Disinfection: Scope on the Process and Analysis of Radiation Experiments.** “J. Water SRT-Aqua”, Vol.43(3), pp.154-169. 1994.