



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **EFICIÊNCIA DE ARGILAS NO ABRANDAMENTO DE ÁGUA PARA REUSO**

*Rayane Lunara Catarino Dantas de Medeiros<sup>1</sup> ; Vitor Rodrigues Greati<sup>2</sup>*

*& Roberto Rodrigues Cunha Lima<sup>3</sup>*

**RESUMO** – O reaproveitamento e o reuso da água, em residências, repartições e empresas, são cada vez mais necessários. Além da preocupação com o uso racional de um importante recurso natural, questões ambientais e de saúde expõem a importância da coleta e tratamento adequados da água destinada a diversos fins, inclusive o de consumo humano. Em vários países, desenvolvem-se sistemas de tratamento de baixo custo, visando ao reaproveitamento da água, na tentativa de otimizar esse processo. Neste trabalho, projetou-se um dispositivo filtrante, para testar a eficiência das argilas bentonita e vermiculita ativadas quimicamente no abrandamento da água dura. Foi realizado o rastreamento de alguns importantes parâmetros físico-químicos da água: dureza, condutividade elétrica e pH, utilizando-se solução padrão de cálcio preparada em laboratório. Os materiais utilizados mostraram-se bastante eficientes, com destaque especial para a vermiculita ativada com cloreto de sódio, apontando para o mecanismo de troca iônica como responsável pela remoção dos íons cálcio.

**ABSTRACT**– The reuse of water, in residences, offices and enterprises, is increasingly necessary. Besides the worry about the rational reuse of an important natural resource, environmental and health questions expose the importance of the appropriate collect and treatment of the water destined to various goals, including the human consumption. In many countries, low-cost treatment systems have been developed, aiming to reuse the water, attempting to optimize that process. In this work, a filtering device is designed to test the efficiency of bentonite clays and vermiculite chemically activated to carry the slowdown of hard water. Tracing some important physico-chemical parameters of water was performed: hardness, electrical conductivity and pH, using standard calcium solution prepared in the laboratory. The materials used proved to be very efficient, with a special attention to vermiculite activated with sodium chloride, pointing to the ion exchange mechanism as responsible for the removal of calcium ions.

**Palavras-Chave** – água, reuso, argilas

1) IFRN Campus Natal – Zona Norte, R. Brusque, 2926, Conj. Santa Catarina, Potengi, Natal/RN; (84) 4006-9531; rayane.lunara@hotmail.com

2) IFRN Campus Natal – Zona Norte, R. Brusque, 2926, Conj. Santa Catarina, Potengi, Natal/RN, (84) 4006-9531; vitorgreati@hotmail.com

3) IFRN Campus Natal – Zona Norte, R. Brusque, 2926, Conj. Santa Catarina, Potengi, Natal/RN, (84) 4006-9531; roberto.cunhalima@pq.cnpq.br

## 1 - INTRODUÇÃO

As alternativas de tratamento com vistas à reutilização da água variam de acordo com as características da água e o padrão que se deseja obter (Li, 2009). Os processos físicos de tratamento por si só não têm se mostrado suficientes para garantir uma redução adequada ou eliminação de poluentes de águas servidas. Os processos químicos podem remover de forma eficiente os sólidos em suspensão, materiais orgânicos e surfactantes normalmente presentes. A combinação de processos biológicos aeróbios, com filtração física e desinfecção, é considerada a solução mais econômica e viável para a reciclagem de água [Jefferson *et al.* (1999)].

Os poucos processos químicos relatados na literatura especializada para tratamento e reutilização da água incluem a coagulação, a foto-oxidação catalítica, a troca iônica e a adsorção em carvão ativado granular. Foram relatados sistemas combinados de tratamentos químicos de água para reuso, utilizando eletrocoagulação e resina de troca iônica [Lin *et al.* (2005)] que se mostraram suficientes para eliminar coliformes fecais e garantir condições físico-químicas em padrões aceitáveis [Pidou *et al.* (2008)]. Os processos de floculação investigados para tratamento de água reduziram a concentração de tensoativos aniônicos em 90%. Os estudos mostraram que o processo de floculação por si só não é capaz de reduzir as quantidades de outras substâncias orgânicas para o padrão requerido de reutilização, assim necessitando a aplicação de processos biológicos [Chang *et al.* (2007)]. Um processo combinado de coagulação e filtração com areia e carvão ativado mostrou resultado mais expressivo [Sostar-Turk *et al.* (2005)]. Mecanismo de oxidação avançada com base na foto-oxidação catalítica com dióxido de titânio e UV foi aplicado para tratamento de água servida, sendo relatadas uma remoção de 90% dos compostos orgânicos e redução de 60% do total de coliformes [Parsons *et al.* (2000)].

Constatou-se que os processos químicos, tais como a coagulação, são capazes de reduzir os sólidos em suspensão, substâncias orgânicas e surfactantes para um nível aceitável. No entanto, a água assim recuperada não é sempre capaz de satisfazer os padrões de reutilização necessários em todas as situações possíveis, a menos que sejam combinados com outros processos; por exemplo, a

água ser tratada ser submetida a uma etapa de filtração para chegar ao padrão de reutilização irrestrita. O efluente obtido a partir do estágio da filtração deve ser desinfectado para atender o padrão de reutilização sem restrições [Pidou *et al.* (2008)].

Um mecanismo de filtração que utilize materiais adsorventes de baixo custo, como alternativa ao carvão ativado, pode ser obtido em um sistema que intercale materiais poliméricos com zeólitas [Wang e Peng, (2010)], argilas [Ritwo *et al.* (2012)], biopolímeros modificados [Bhatnagar e Sillanpää, (2009)] e compósitos argilo-poliméricos [Li e Tiware, (2012)].

A utilização das argilas, sobretudo, ativadas ou não, vêm despertando grande interesse e pode ser tratada como uma área emergente da nanotecnologia aplicada como estratégia de remediação ambiental. As estruturas das argilas podem ser modificadas para funcionalizar a superfície de adsorção, permitindo importante seletividade para remoção de poluentes diversos [Li e Tiware, (2012)].

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - Objetivo Geral**

Testar a eficiência das argilas bentonita e vermiculita ativadas quimicamente no abrandamento da água dura.

### **2.2 - Objetivos específicos**

Confecção de um dispositivo para captação e tratamento de águas.

Aplicar diferentes condições de ativação de argilas.

Rastrear parâmetros físico-químicos da água: dureza, condutividade elétrica e pH.

## **3 - METODOLOGIA**

A primeira ativação executada seguiu o procedimento: 25 g de argila bentonítica cálcica natural foi tratada com 250 mL de ácido sulfúrico 4 mol.L<sup>-1</sup>, a 85 °C, por 4 horas em banho

termostatizado. Depois de filtrado, o resíduo foi seco em estufa a 60 °C, moído e devidamente armazenado.

Outra ativação foi realizada adicionando-se 250 mL de solução 1 mol.L<sup>-1</sup> de cloreto de sódio, a 30 g de vermiculita natural. A mistura foi mantida em agitação magnética por 1 hora, à temperatura ambiente, sendo posteriormente lavada e seca em estufa a 110 °C por 24 horas.

No terceiro procedimento, foram utilizados 100 mL de uma solução 1 mol.L<sup>-1</sup> de hidróxido de sódio, misturados a 5 g de vermiculita natural. A mistura foi posta em agitador magnético por 1 hora, sendo filtrada e depois lavada até pH 6.

A última ativação foi feita com a adição de 100 mL de solução de ácido clorídrico 6 mol.L<sup>-1</sup>, a 25 g de argila bentonita cálcica natural. A mistura foi mantida a 90°C, por 3 horas, sendo, em seguida, exaustivamente lavada com água bidestilada até alcançar o pH 6. Após decantação, o resíduo foi levado à estufa, a 60°C, por 48 horas.

A fim de comprovar a eficiência das argilas ativadas preparadas, 1 grama de cada argila, foi submetida à agitação por 1 hora com 100 mL de uma solução padrão de cálcio 1000 ppm. Os filtrados obtidos, bem como a solução padrão de cálcio, passaram por determinações de dureza (Fotômetro multiparâmetro HANNA), salinidade, total de sólidos dissolvidos, condutividade elétrica e pH.

Aplicando-se o princípio básico de funcionamento para uma coluna de água, voltado à coleta da água em calhas, um dispositivo foi projetado (Figura 1) para que a água coletada possa ser submetida à filtração em diversos ramais de forma simultânea, utilizando-se luvas de PVC preenchidas com as argilas ativadas, permitindo maior vazão do sistema filtrante.

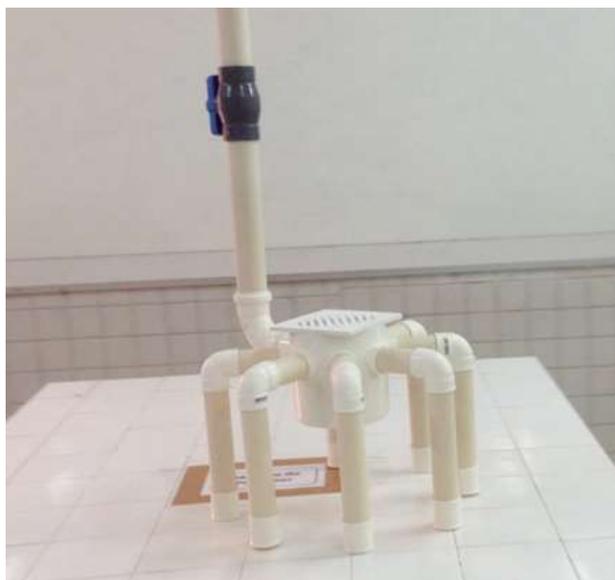


Figura 1 – Dispositivo para abrandamento de água para reuso [Fonte: dos autores].

#### **4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O dispositivo filtrante foi confeccionado com materiais em PVC e válvulas de passagem disponíveis no comércio, com um custo total de R\$ 30,00 (trinta reais). O resultado é um sistema com design simples, leve e que pode ser adaptado para maiores volumes de água, no qual pode ser feita adaptação de bomba dosadora para desinfecção da água no caso de consumo humano.

Os resultados obtidos dos testes dos diversos materiais adsorventes preparados estão apresentados na Tabela 1. Fica evidente que todos os materiais testados têm considerável eficiência no processo de abrandamento da água, levando-se em conta a quantidade de cada material utilizado (1 g) e também a perspectiva de utilização da água sob tratamento. Os dados também atestam a maior eficiência da vermiculita (Tabela 2), sobretudo a que foi ativada com cloreto de sódio (Filtrado 3), atingindo uma redução de 57,53% na dureza, além de produzir significativas variações nos demais parâmetros analisados. A remoção do cálcio ocorre pelo mecanismo de troca iônica entre os íons sódio da vermiculita ativada e os íons cálcio presentes na solução.

Tabela 1 - Parâmetros medidos na solução padrão de cálcio e nos filtrados obtidos após contato com 1g de material adsorvente (Filtrado 1 – Bentonita ativada com HCl; Filtrado 2 – Bentonita ativada com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; Filtrado 3 – Vermiculita ativada com NaCl; Filtrado 4 – Vermiculita ativada com NaOH).

Amostra	Dureza (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	Salinidade % NaCl	pH 25°C	Condutividade μS.cm <sup>-1</sup>	Total de sólidos (ppm)
Solução Padrão	999,95	4,6	10,2	2.357	1.179
Filtrado 1	806,90	4,4	9,28	2.251	1.123
Filtrado 2	772,16	4,4	9,27	2.257	1.128
Filtrado 3	424,69	4,1	9,59	2.070	1.035
Filtrado 4	536,65	4,1	9,67	2.095	1.050

Os resultados revelam a redução do pH do meio após o contato da solução mãe de cálcio com os adsorventes testados, apesar de permanecerem elevados. Importante considerar que este é um fato de menor importância, dado que a água de reuso normalmente não apresenta pH tão elevado, além de que é um parâmetro de fácil correção quando necessário. Significativas reduções também foram percebidas nos demais parâmetros, sobretudo quando da utilização de vermiculita ativada com cloreto de sódio.

Tabela 2 - Redução observada na dureza da água após contato da solução padrão de cálcio com os diversos materiais testados. Fonte: dos autores.

Amostra analisada	Redução na dureza
Filtrado 1 após contato com 1g de bentonita ativada com HCl	19,30 %
Filtrado 2 após contato com 1g de bentonita ativada com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	22,78%
Filtrado 3 após contato com 1g de vermiculita ativada com NaCl	57,53%
Filtrado 4 após contato com 1g de vermiculita ativada com NaOH	46,33%

## 5 - CONCLUSÕES

Pode-se concluir que um dispositivo simples e de baixo custo pode ser desenvolvido para auxiliar na coleta e tratamento de água para reuso, e que pode ser dimensionado para diferentes vazões e aplicações da água, inclusive para consumo, desde que seja feita desinfecção adequada.

Foi possível constatar que o processo de ativação de argilas é importante para aplicação no tratamento e reuso da água, com resultados expressivos para a vermiculita, sobretudo a ativada com cloreto de sódio, de fácil obtenção e procedimento metodológico simples.

Os resultados comprovaram que o abrandamento da água em diferentes extensões e para diversas aplicações é possível utilizando as argilas ativadas quimicamente, com resultados satisfatórios em relação a outros parâmetros, como na redução da salinidade, da condutividade elétrica e no total de sólidos dissolvidos na água.

**AGRADECIMENTOS** - Nossos agradecimentos ao IFRN, Campus Natal Zona Norte e Pró-reitoria de Pesquisa e Inovação do IFRN, pelo espaço cedido e aporte financeiro para desenvolvimento do projeto e participação em eventos.

## 6 - BIBLIOGRAFIA

ALEIXO, L. M. (2003). *“Voltametria: Conceitos e Técnicas”*. Disponível em: <[www.chemkeys.com.br/](http://www.chemkeys.com.br/)>. Acesso em: 28/07/2013.

ANDRADE, J.C. de; FALCÃO, A. A.; GUEDES, E. C. (2007). *“Experimentos Didáticos Utilizando Medidas Voltamétricas”*. Disponível em: <[www.chemkeys.com.br/](http://www.chemkeys.com.br/)>. Acesso em 28/07/2013.

BERTELLA, F.; SCHWNAKE, A. J.; LOPES, C. W. W.; PENHA, F. G. (2010). “*Estudo da ativação ácida de uma argila bentonita*”. Revista Perspectiva, Erechim. v.34, n.127, pp. 105-111.

CARMO J. P.; CORREIA, J. H. (2013). “*Introdução a Instrumentação Médica*”. ISBN 9727579582. Editora Lidel.

CARRERA, A. M. M.; VARAJÃO, A.F.D.C.; STACHISSINI, M.A.G.A.S. (2009). “*Argilas bentoníticas da Península de Santa Elena, Equador: pilarização, ativação ácida e seu uso como descolorante de óleo de soja*”. Quim. Nova, Vol. 32, No. 9, pp. 2287-2293.

CHANG Y.; WAGNER M.; CORNEL P. (2007). “*Treatment of grey water for urban reuse.*” Proceedings of Advanced Sanitation Conference, 32/1-32/10, Aachen, Germany.

FRANÇA, S. C. A; ARRUDA, G. M. (2006). “*Utilização de vermiculita como adsorvente de metais pesados*” in VIII Jatrami - Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales, San Juan, Out. 2006, pp. 545-553, EFU - Editorial Fundacion Universidad Nacional de San Juan.

JEFFERSON B.; LAINE A.; PARSONS S.; STEPHENSON T.; JUDD S.(1999). “*Technologies for domestic wastewater recycling*”. Urban Water, 1(4), pp. 285–92.

LEE S. M.; TIWARI D. (2012). “*Organo and inorgano-organo-modified clays in the remediation of aqueous solutions: An overview*”. Applied Clay Science, v. 59-60, pp. 84-102.

LI, F. (2009). “*Treatment of household grey water for non-potable reuses*”. PhD thesis, Hamburg University of Technology.

LIN C-J., LO S-L., KUO C-Y., WU C-H. (2005). “*Pilot-scale electrocoagulation with bipolar aluminium electrodes for on-site domestic greywater reuse*”. J Environ Eng pp. 491–5.

PARSONS S. A.; BEDEL C., JEFFERSON B. (2000). “*Chemical vs. biological treatment of domestic greywater*”. Chemical Water and Wastewater Treatment VI, pp 383-39.

PIDOU M.; AVERY L.; STEPHENSON T.; JEFFREY P.; PARSONS S.A.; LIU S.; MEMON F.A.; JEFFERSON B. (2008). “*Chemical solutions for greywater recycling*”. Chemosphere,71(1), pp. 147–55.

QUARTARONE, P.; NEVES, M. A. F. S.; CALDAS, L. F. S. (2012). “*Estudo da vermiculita como adsorvente de íons cobre II em solução aquosa*”. Perspectivas da Ciência e Tecnologia, v.4, n. 1/2.

RYTWO G.; NIR S.; SHUALI U. (2012). “*Preface: Applied Clay Sciences special issue: ‘Clay and water treatment’*”. Applied Clay Science, v.67-68, pp.117-118.

SOSTAR-TURK S.; PETRINIC I.; SIMONIC M. (2005). “*Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration*”. Resour Conserv Recycl, 44(2), pp. 185–96.

WANG S.; PENG Y. (2010) “*Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment*”. Chemical Engineering Journal, v.156, pp.11-24.