

# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS POR FILTRO INTERMITENTES DE AREIA: CARACTERIZAÇÃO DA REMOÇÃO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO E ESTUDO DO TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA**

**Matheus Miranda da Silva<sup>(1)</sup>; Isadora Ferreira dos Santos<sup>(2)</sup>; Fernando Augusto Moreira<sup>(3)</sup>; Gabriela Rodrigues Loura<sup>(4)</sup>; Ellen Cristina de Oliveira Almeida<sup>(5)</sup>; Phillip McCreanor<sup>(6)</sup>; Caroline Cooper<sup>(7)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Mestrando no programa de Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais; Instituto de Geociências; Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Belo Horizonte, Minas Gerais; matheussilva@ufmg.br.

<sup>(2)</sup> Bacharel em Engenharia Ambiental; Centro Universitário de Sete Lagoas (UNIFEMM); Sete Lagoas, Minas Gerais; isadora.3110@hotmail.com.

<sup>(3)</sup> Químico, Doutorando em Ciência e Tecnologia dos Materiais pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Professor Titular do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental do Centro Universitário de Sete Lagoas (UNIFEMM), Sete Lagoas, Minas Gerais; fernando.moreira@unifemm.edu.br.

<sup>(4)</sup> Bacharel em Engenharia Ambiental; Centro Universitário de Sete Lagoas(UNIFEMM); Sete Lagoas, Minas Gerais; gabrielarodriguesloura@gmail.com

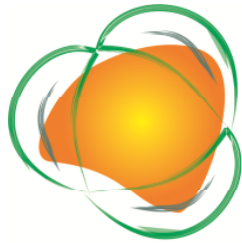
<sup>(5)</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental; Universidade Federal do Paraná (UFPR); Curitiba, Paraná; ellencoia@gmail.com

<sup>(6)</sup> Pesquisador e professor; Departamento de Engenharia; Mercer University; Macon, Georgia, EUA. mccreanor\_pt@mercer.edu.

<sup>(7)</sup> Bacharel em Engenharia Ambiental; Departamento de Engenharia; Mercer University; Macon, Georgia, EUA.

**RESUMO** – As águas cinzas têm se tornado uma potencial alternativa para reúso e consequente redução da demanda de água nas residências. Alguns estudos mostram esse potencial e visam o desenvolvimento de alternativas viáveis para o tratamento deste efluente. Esta pesquisa visou a caracterização da remoção de DQO performada por filtros intermitentes de areia, além de avaliar o tempo de detenção hidráulica apresentados por estes equipamentos. Para tal, elaborou-se filtros de areia, em escala piloto, com diâmetro médio de grãos de 1 mm e 0,85 mm, nos quais foi tratada uma solução sintética preparada seguindo a NSF 350-1. Os resultados mostraram uma grande variação na remoção da DQO, apresentando redução de 35-76% e 48-82% das concentrações inicialmente verificadas, respectivamente. Sobre os tempos de detenção, foram levantados tempos de drenagem na ordem de 4,6h e 5,8h, para cada um dos filtros, respectivamente. Com isso, observou-se a remoção considerável da DQO, além da variação do tempo de detenção de acordo com a granulometria do meio filtrante empregado.

**Palavras-chave:** Águas Cinzas. Filtros Intermitentes de Areia. DQO. Reúso.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

**ABSTRACT** – Greywater has become a potential alternative for reuse and consequent reduction in demand for water in households. Some studies show that potential and aim to develop viable alternatives for treating this effluent. This research aimed to characterize the removal of COD the performed by intermittent sand filters, and to evaluate the hydraulic retention time presented by these filters. For this, sand filters were built, in pilot scale, with an average diameter of 1 mm grains and 0.85 mm, in which was treated a synthetic solution prepared following the NSF 350-1. The results showed a wide variation in removal of COD, with a reduction of 35-76% and 48-82% of initial concentration, respectively. About the detention times, it was verified drainage times in order of 4,6h and 5,8h, for each filter, respectively. Hence, there was a considerable removal of COD, plus the variation of the detention time according to the granulometry of the filter medium used.

**Keywords:** Greywater. Intermittent Sand Filters. COD. Water reuse.

## Introdução

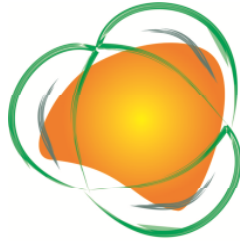
A busca por formas sustentáveis de utilização das águas nas residências fez, das águas cinzas, uma grande possibilidade de reuso nas residências. As águas cinzas são todos os efluentes provenientes de lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça (FIORI, FERNANDES, PIZZO, 2006) (GONÇALVES, 2009).

A reutilização da água é uma alternativa viável encontrada por diversos países para a preservação e manutenção dos recursos hídricos, que após passar por um processo de tratamento adequado, pode ser utilizada em atividades específicas. (FIORI, FERNANDES, PIZZO, 2004)

De acordo com May (2009), as águas cinzas, ao serem submetidas a um tratamento adequado, apresentam grande potencial para reuso em atividades com fins não potáveis.

A fonte é um fator predominante para a verificação das características físico-químicas das águas cinzas, que podem apresentar composição distinta, de acordo com sua fonte, como lavatórios ou banheiros (MAY, 2009). Li, Wichmann e Otterpohl (2009) mostraram tal variação da composição das águas cinzas, que apresentam, como efluente misto, uma Demanda Química de Oxigênio (DQO) que pode variar de 100 a 700 mg.L-1.

Diversas tecnologias têm sido avaliadas para sua utilização no tratamento das águas cinzas, com objetivo do desenvolvimento de sistemas eficientes e viáveis. Uma destas alternativas é o filtro intermitente de areia (FIA), que tem com



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

características a eficiência na remoção de poluentes e a operação simplificada (USEPA, 1999).

O objetivo desta pesquisa foi realizar a avaliação do potencial de remoção de DQO e do tempo de detenção hidráulica (TDH) apresentados por filtros intermitentes de areia no tratamento de águas cinzas, relacionando estes elementos com a eficiência e aplicabilidade dos equipamentos propostos.

## Material e Métodos

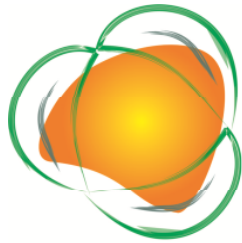
O trabalho foi desenvolvido no Laboratório Ambiental do departamento de Engenharia, na Mercer University, dentro de um período de execução de setembro a novembro de 2014.

Filtros intermitentes de areia foram utilizados no experimento. A composição dos filtros é similar, diferindo basicamente no diâmetro dos grãos utilizados como meio filtrante, como pode ser observado na tabela 1. Os equipamentos foram construídos em escala laboratorial, sendo nomeados de acordo com a numeração da peneira granulométrica (tipo Mesh) utilizada para seleção dos grãos.

Tabela 1 – Composição dos filtros intermitentes de areia

Componente	Função	Filtro 18		Filtro 20	
		Diâmetro (mm)			
Tubo de PVC	Suporte externo	76			
		Diâmetro do grão (mm)	Espessura da camada (cm)	Diâmetro do grão (mm)	Espessura da camada (cm)
Areia	Meio Filtrante	1	61	0,85	61
	Retenção de partículas na superfície	3,5 - 9,5	2,5	3,5 - 9,5	2,5
Cascalho fino	Escoamento na saída (parte inferior)	3,5 - 9,5	7,6	3,5 - 9,5	7,6
Torneira	Saída de efluente	-			

FONTE: Dados da pesquisa



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

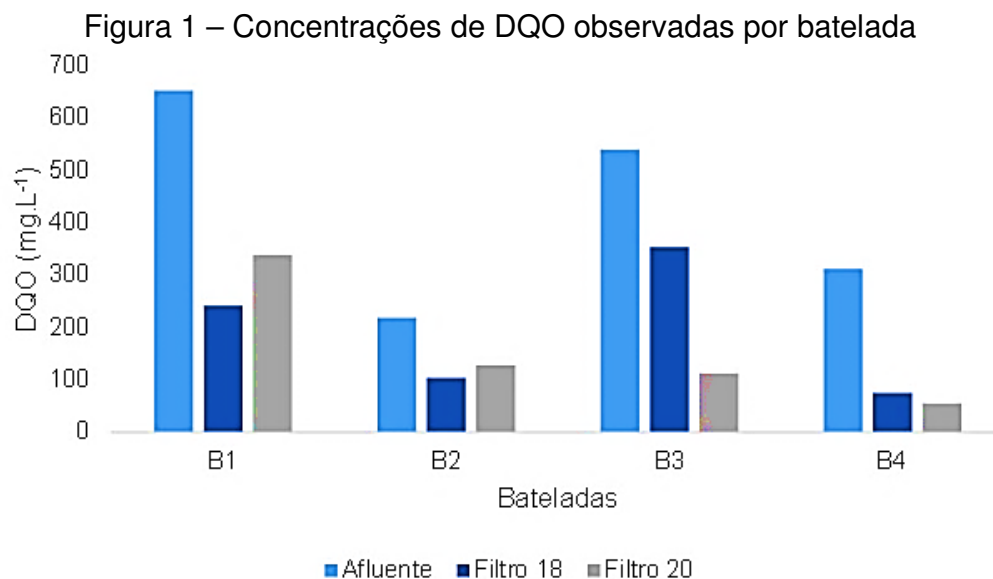
Nos filtros, foi realizado o tratamento de uma solução sintética de água cinza, seguindo o preparo indicado pela norma americana NSF 350-1 (NSF/ANSI, 2011), que dispõe sistemas de tratamento experimentais para este efluente. O preparo adotado foi o combinado, que apresenta características de águas cinzas provenientes de banheiros e lavanderia. A partir deste preparo, foi obtida uma solução concentrada que, para realização dos testes, foi diluída em água. A porção microbiológica da mistura foi concebida com a adição de efluente secundário proveniente da Estação *Lower Poplar*, localizada em Macon-GA, que utiliza o sistema de lodos ativados. Para cada teste, foram preparados 750 mL de água cinza sintética, composta por 705 mL de água, 30 mL da solução concentrada e 15 mL do efluente secundário.

As análises de DQO realizadas no estudo seguiram o método de digestão em termoreator (HACH, 2011). O tempo de detenção hidráulica foi estimado a partir do acompanhamento cronológico dos volumes coletados na saída dos filtros.

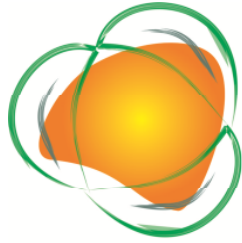
## Resultados e Discussão

### Demanda Química de Oxigênio

A partir das análises laboratoriais, realizadas entre outubro e novembro de 2014, foram obtidos os resultados representados na figura 1. O gráfico mostra as diferentes leituras das concentrações de DQO presentes no afluente e nos efluentes coletados. Houve variação entre os valores observados entre as bateladas.



FONTE: Dados da pesquisa



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

A norma NSF 350-1 prevê uma concentração de DQO entre 250-400 mg.L<sup>-1</sup>, para a o preparo da solução sintética indicada. A solução afluente apresentou concentrações acima do previsto na norma, o que pode ser remetido às variações na composição dos produtos de higiene e limpeza adicionados ao preparo. A presença de detergentes e outras substâncias com elevado teor de material orgânico não-biodegradável torna-se um fator limitante para o tratamento microbiológico das águas cinzas.

Em termos de remoção exercida, o filtro 18 removeu entre 35-76% da DQO afluente, enquanto o filtro 20 removeu entre 48-82%. Os estudos de Khalaphallah (2012) remetem a uma remoção na faixa de 42,1-69,4%, dependendo da areia empregada como meio filtrante. Embora haja uma grande variação, alguns dos índices observados no estudo remetem a um rendimento razoável dos filtros. Contudo, deve-se ressaltar que resultados mais satisfatórios podem ser encontrados com a realização de um maior número de bateladas.

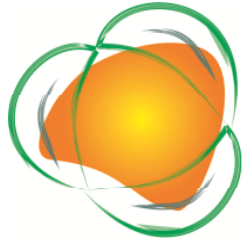
A DQO não é contemplada na resolução CONAMA n° 430 (CONAMA, 2011), que dispõe sobre o lançamento de efluentes. Também não é abrangida pelas diretrizes para reúso da USEPA (USEPA, 2012). No âmbito do estado de Minas Gerais, a deliberação normativa COPAM n°1 (COPAM, 2008) estabelece que (i) a concentração de DQO não ultrapasse 180 mg.L<sup>-1</sup> e/ou (ii) o sistema de tratamento reduza a DQO em 55%, no mínimo, e 65%, em média anual. Com vista nestes padrões, os filtros de areia não são eficientes quando empregados sozinhos, necessitando-se etapas posteriores para complementação do tratamento.

## **Tempo de Detenção Hidráulica**

O levantamento dos tempos de detenção hidráulica foi possível apenas para os filtros 18 e 20, que não sofreram obstrução no meio filtrante. O comportamento de saída de afluente está representado no figura 2, que demonstra a relação entre os tempos de tratamento exercidos pelos FIAs.

Com base na análise gráfica, foi possível estabelecer o tempo de retenção da solução nos dois equipamentos. Os TDH estimados foram de 4,6 horas, para o filtro 18, e 5,8 horas para o filtro 20. Os tempos foram estimados a partir das equações logarítmicas das linhas de tendência dos gráficos. Os valores dos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), por estarem próximos a 1, garantem confiabilidade à estimativa.

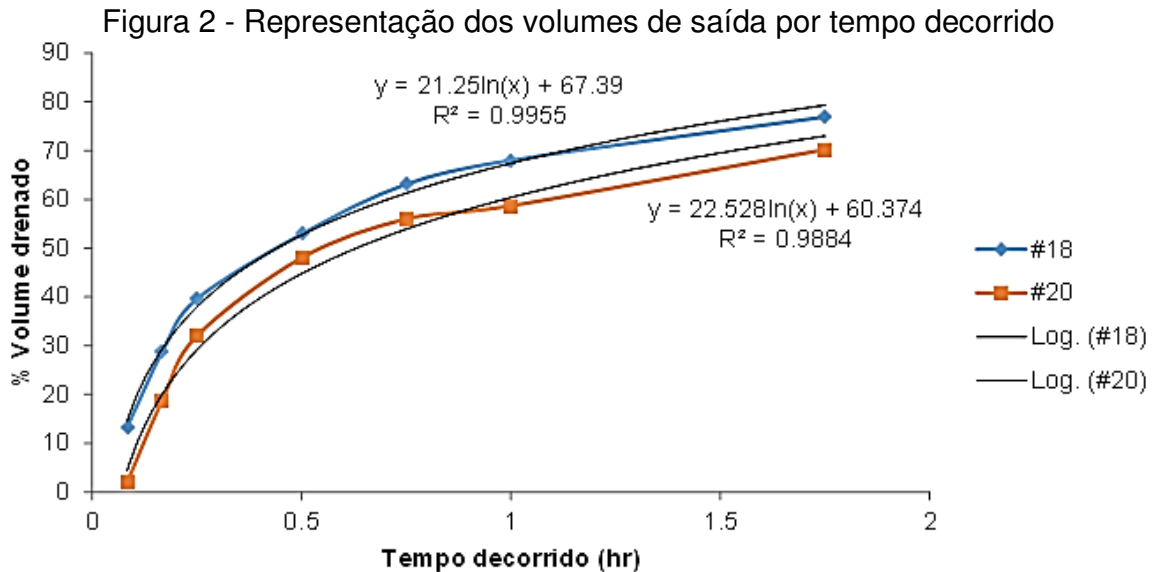
No que se refere a relação entre TDH e o diâmetro dos grãos de areia que compõe os meios filtrantes, nota-se que a diminuição da granulometria da areia resultou em uma elevação do tempo de contato. Menores tamanhos de grãos levam a um aumento da superfície de contato (ITACANET, 2005), elevando a retenção de efluente no meio filtrante. Com isso, constata-se que menores tamanhos das partículas empregadas no meio filtrante fomentam maiores tempos de retenção.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016



FONTE: Dados da pesquisa

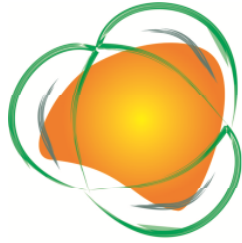
## Conclusões

Este estudo visou a avaliação de duas propriedades dos filtro intermitentes de areia no tratamento de águas cinzas: remoção de DQO e tempo de detenção. A partir do levantamento, pôde-se constatar que:

- (i) A redução da concentração de DQO ocorre de forma considerável, porém em níveis inferiores a outros sistemas de tratamento existentes, devendo-se avaliar melhorias e formas complementação para ampliação da eficiência do tratamento;
- (ii) Menores granulometrias do meio filtrante resultam em maior tempo de detenção hidráulica. Este fator serve de importante observação para a escolha do material a ser empregado.

Recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados para a avaliação de outras propriedades destes equipamentos no tratamento de águas cinzas.





# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **Agradecimento(s)**

Os autores agradecem à Coordenadoria de Apoio ao Profissional de Educação Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de graduação sanduíche na Mercer University, durante o período da pesquisa, pelo processo nº 88888.025919/2013-00.

## **Referências Bibliográficas**

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº430/11**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 set. 2011.

COPAM – Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais. **Deliberação Normativa nº1/2008**. Diário Oficial do Estado, MG, 5 maio 2008.

FIORI, S.; FERNANDES, V.M.C.; PIZZO, HENRIQUE. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações. *Ambiente construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

FIORI, S.; FERNANDES, V.M.C.; PIZZO, HENRIQUE. Avaliação do potencial de reuso de águas cinzas em edificações. X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído, São Paulo, p. 18-21, julho. 2004.

GONÇALVES, R. F. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. PROSAB**. 352 p. Rio de Janeiro, ABES, 2009.

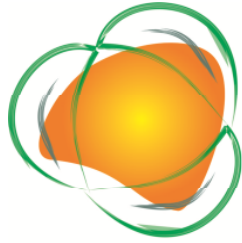
HACH Company. Chemical Oxygen Demand – COD, Method 8000. Colorado, USA: Hach Company, 2011. Disponível em: < <http://www.hach.com/asset-get.download-en.jsa?id=7639984250>>. Acesso em 24 set. 2014.

ITACANET. An introduction to slow sand filtration. Manual. Itacanet, 2005. 29p.

KHALAPHALLAH, R. Greywater treatment for reuse by slow sand filtration: study of pathogenic microorganisms and phage survival. Chemical and Process Engineering. Ecole des Mines de Nantes, 2012.

LI, F.; WICHMANN, K.; OTTERPOHL, R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of the Total Environment*, n.407, p. 3439-3449. 28 fev.2009.

MAY, S. Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. Tese Doutorado – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.



XIII Congresso Nacional de  
**MEIO AMBIENTE**  
de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

NSF/ANSI - NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *Standard 350-1: On-site Residential and Commercial Graywater Treatment for Subsurface Discharge*. NSF International, 2011.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *EPA 832-F-99-007: Storm Water Technology Fact Sheet Sand Filters*. Washington, 1999.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *EPA/600/R-12/618: Guidelines for water reuse*. Washington, 2012.