

## **FILTRO INTERMITENTE COM ENCHIMENTO DE GEOTEXTIL PARA RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA CINZA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PARA USOS DOMÉSTICOS NÃO POTÁVEIS**

**Tamires da Silva Cordeiro<sup>1</sup>; Eduardo Henrique Borges Cohim Silva<sup>2</sup>;**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [tamirescordeiro@yahoo.com.br](mailto:tamirescordeiro@yahoo.com.br)
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [edcohim@gmail.com](mailto:edcohim@gmail.com)

### **Resumo:**

A água é um recurso renovável e sua abundância na natureza pressupõe-se que é um recurso inesgotável. Existe um interesse crescente na última década na reutilização de águas residuais em muitas partes do mundo, em particular nas regiões áridas, para promover usos sustentáveis, eficientes e apropriados da água. Neste trabalho, o reuso de águas cinza consiste na utilização das águas provenientes de chuveiro, lavatório e máquina de lavar roupas mediante um sistema de tratamento. O reuso de água para qualquer fim depende de sua qualidade física, química e microbiológica. O presente trabalho Avalia Quantitativamente o Risco Microbiológico da água cinza em uma residência. Foi utilizada uma estação de Tratamento de Água Cinza – ETAC, composta por um sistema anaeróbio e aeróbio e o software @Risk para executar a análise de risco utilizando Simulação de Monte Carlo evidenciando a probabilidade de ocorrência destes resultados. Com base nos valores encontrados o sistema de reuso de águas cinza apresentou uma eficiência de 88 % na capacidade em remover a bactéria E.Coli. Nas condições testadas a ETAC apresentou restrições em seu tratamento, porém essa baixa eficiência ocorreu pela sobrecarga da ETAC. O valor encontrado em DALY com percentis em 50% dos três microorganismos estudados nos cenários de Irrigação e Descarga são respectivamente  $3,02 \cdot 10^{-6}$  DALY e  $2,87 \cdot 10^{-5}$  DALY. Para atendimento conjunto dos usos analisados, evidenciou-se que a ETAC não proporcionou o grau de tratamento que foi desejado, porém esteve muito próximo, atentando ao nível de risco sugerido pela OMS que é  $10^{-6}$  DALY, sendo bastante restritivo. Recomenda-se, para a sua melhor utilização, dimensionar a ETAC e inserir um tanque equalizador para controle da vazão de forma a contribuir ainda mais para uma redução da concentração de patógenos na ETAC e por consequência alcançar valores ainda mais seguros.

**Palavras-chave:** Reuso; Água Cinza; Tratamento.

**Apoio financeiro:** CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

**Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição:** UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS.

### **Introdução:**

A água na antiguidade tem a sua função destinada a suprir a necessidade humana, a higiene, dessedentação e a agricultura incipiente. Posteriormente foi utilizada como um meio para locomoção e fins energéticos. A água tem se tornado um bem restritivo devido a sua desigual distribuição e ao grande aumento de assentamentos urbanos acentuando de forma contínua a contaminação das águas superficiais e subterrâneas. A preocupação cresce devido à necessidade de suprir esta demanda cada vez mais diminuta. Reusar a água é aproveitar a água residuária após a sua recuperação, através da remoção ou não de parte dos resíduos por ela conduzida devido ao uso anterior, e usá-la outra vez em aplicações menos exigentes que o primeiro uso, encurtando assim o ciclo da natureza em favor do balanço energético. (Metcalf & Eddy, 2003). Para que esta possa ser utilizada, deve-se levar em consideração a saúde pública, ou seja, os possíveis riscos que as pessoas terão após entrarem em contato com a água, uma vez que não está isenta de contaminação. A água cinza pode apresentar grandes quantidades de microorganismos, tais como bactérias, vírus, protozoários e helmintos. Esses, quando patogênicos, podem usar a água como veículo para disseminação de graves doenças, principalmente, em crianças, grávidas, idosos e imunocomprometidos. Os microorganismos são introduzidos nas águas cinza por meio do banho e da lavagem das mãos, de alimentos e de roupas fecalmente contaminados (Gonçalves *et al.*, 2006;). As análises probabilísticas desses possíveis contaminantes são feitas através da Avaliação Quantitativa de Riscos Microbiológicos (AQRM), que é uma ferramenta que auxilia na estimativa de risco de infecção, doença ou morte em decorrência da exposição a patógenos. (GERBA *et al.*, 2002).

**Metodologia:**

A pesquisa foi iniciada em agosto de 2016 e foi desenvolvida em uma residência unifamiliar de alto padrão situada na cidade de Feira de Santana, onde se encontra implantada a Estação de Tratamento de Água Cinza (ETAC).

A estação de tratamento de água cinza (ETAC) localiza-se no pavimento térreo, na parte posterior da residência ocupando uma área total de 11 m<sup>2</sup>. Nesta casa residem quatro habitantes com faixa etária entre 2 ano a 45 anos. Após a instalação da ETAC, foi necessário um período de teste e reajustes da estação, além da maturação dos microorganismos para adequação da mesma a residência. Foram adicionados um hidrômetro para medir o consumo de água entre o Filtro Intermitente aerado (FI) e o reservatório enterrado e um medidor de energia individual junto com o quadro de comando da Bomba eletrônica. Na residência foram modificadas as tubulações do sistema para segregar as águas residuárias. Os efluentes provenientes do chuveiro, lavatórios e máquina de lavar roupa excluindo os efluentes da cozinha e do vaso sanitário são consideradas Águas Cinzas e são conduzidas por gravidade a ETAC por tubulações distintas. Nesta pesquisa o tipo de reuso é o não potável para fins domésticos, ou seja, a água foi reutilizada pós-tratamento em irrigação.

Devido à probabilidade de infecção por possíveis patógenos contidos na água, neste estudo foi levada em consideração a presença de coliformes, incluindo a *Escherichia coli*, por ser um indicador útil da presença de bactérias.

A avaliação de risco neste estudo foi realizada utilizando a estrutura quantitativa de avaliação de risco microbiológico (AQRM) (Haas et al., 1999). AQRM é uma metodologia para a predição de risco patogênico com base em modelos matemáticos e dados experimentais. No entanto, só sabendo que a probabilidade de infecção não é suficiente para tomar decisões, pois os resultados de diferentes doenças podem variar amplamente, de um efeito marginal, como a irritação da pele ao evento extremo da morte. O índice DALY (índice de vida ajustado por incapacidade) fornece uma solução para este problema, normalizando todos os resultados e permitindo sua comparação (Homedes, 1996). A WHO (2008) sugere 10<sup>-6</sup> DALY pessoa<sup>-1</sup> · ano<sup>-1</sup> como o risco máximo tolerável para doenças transmitidas pela água.

Para realizar o tratamento dos dados será utilizado o programa @Risk que executa análise de risco por meio da simulação de Monte Carlo para mostrar vários resultados possíveis no modelo da planilha – e informar a probabilidade de ocorrência dos mesmos.

Dentro deste contexto, esta pesquisa promoveu a caracterização de forma microbiológica da água cinza produzida em uma residência unifamiliar de alto padrão, em Feira de Santana na Bahia e avaliou o risco microbiológico envolvido no reuso das águas provenientes do lavatório, do banho e da máquina de lavar.

**Resultados e Discussão:**

É possível observar na figura 1 os valores da quantidade de E. Coli da água cinza tratada. Os mesmos não apresentam simetria. Para água cinza tratada, a mediana apresentou valores inferiores a  $1,85 \times 10^3$ , já a água cinza bruta possui um gráfico mais próximo da simetria possuindo 50% dos valores inferiores a  $1,55 \times 10^4$ . É perceptível que o gráfico da água cinza tratada tende a valores menores aos da água cinza bruta, pois o valor do 3º quartil da ACT é inferior a mediana da ACB, dessa maneira, a ETAC conseguiu reduzir em sua maioria a quantidade de E. Coli na ACB em uma casa decimal, ou seja, demonstrou capacidade em remover a bactéria. No entanto é possível verificar na tabela que em alguns dias esse tratamento praticamente não obteve êxito, esses dias são explicados pelo uso da máquina de lavar que possui uma vazão média de 103 L por ciclo sobrecarregando a ETAC no momento que é utilizada, influenciando negativamente na ETAC. A estação demonstrou dias em que seu tratamento foi eficiente ao ponto de remover a bactéria E. Coli da ACB em uma redução de duas casas decimais chegando a valores mínimos demonstrados no Gráfico 1 de  $2 \times 10^1$ , esses fatos mostram que é muito possível que a ETAC está subdimensionada para exercer sua função na residência na qual foi instalada.

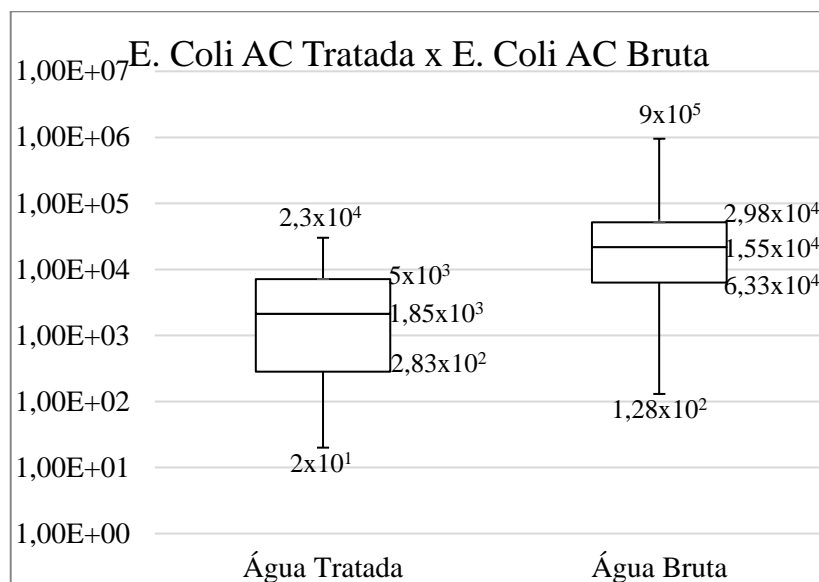


Figura 1: Resultados de E.Coli na Água Cinza Bruta e Água Cinza Tratada.

A Tabela 1 permite uma comparação dos resultados de E.Coli nas águas cinza obtidas em outras pesquisas com as do presente estudo. Os resultados do autor comparados com o de Pasin (2013) são similares, e isso é explicado por que é proveniente da água cinza, já o valor encontrado por Hora (2017) não se assemelha por pertencer à água de chuva. Observa-se que para Descarga, a reutilização da Água de Chuva ofereceu o menor risco de infecção aos usuários diante da Diretriz estabelecida pela WHO de  $10E-06$  DALY por pessoa por ano, apresentando o valor no limite de  $1,18E-06$ , por apresentar baixa concentração de *E. Coli*. Nesse caso, o risco de contaminação é de aproximadamente 2 pessoas a cada 1 milhão de pessoas por ano, ou seja, no limite do risco aceitável de  $10E-06$  pppa. Já a Água Cinza, diante dos três cenários expostos, ofereceu riscos elevados, por estarem acima do valor estipulado pela OMS.

Tabela 1: Comparação de E.Coli para diferentes fins

Finalidade de reuso	Resultados do autor (Água Cinza)	PASIN, D. B (2013) (Água Cinza)	HORA, J. S. (2017) (Água de Chuva)
<b>Irrigação</b>	4,55E-03	3,05E-02	-
<b>Descarga</b>	4,55E-03	2,6E-01	1,18E-06
<b>Lavagem de Piso</b>	4,55E-03	2,28E-03	-

Nas diretrizes da WHO (2004), três organismos patogênicos foram adotados como índice: *Campylobacter* (bactéria), *Cryptosporidium* (protozoário), *Rotavírus* (vírus). O valor de risco aceitável recomendado pela WHO é igual a  $1\mu$ DALY. A tabela 2, expressa os resultados destes microorganismos em diferentes cenários com percentis em 90%, ou seja, 90% dos resultados se situam nesse ponto ou abaixo dele.

Tabela 2: Resultados em DALY com os percentis em 90%

Microorganismos	Irrigação	Descarga	Lavagem de Piso
<b>Campylobacter</b>	2,50E-05	4,88E-05	7,87E-05
<b>Cryptosporidium</b>	8,16E-08	1,54E-07	2,26E-07
<b>Rotavírus</b>	3,30E-04	5,74E-04	7,64E-04

Fonte: Dados do autor (2017).

Observa-se que o *Cryptosporidium*, para todos os usos pretendidos, os valores são inferiores ao valor de referência da WHO (2004), 10-6 DALY por pessoa por ano, ou seja, apresentam riscos menores de infecção para os usuários. Já para *Campylobacter* e Rotavírus, os valores apresentados excedem a da diretriz da WHO, logo o tratamento não foi tão eficaz quanto o esperado. Porém, o risco maior nestes três cenários se deve ao Rotavírus. Segundo Ottoson (2003), o maior risco emana dos rotavírus que é excretado em elevados números em comparação com os outros agentes patogênicos. Porém, para diarreias leves admite-se ainda um risco anual de doença estimado 10-3, ou seja, um caso de diarreia em 1000 pessoas (WHO, 2004). Para esse risco o valor encontrado para Rotavírus, seria aceitável, podendo ser reutilizada a água para irrigação, descarga e lavagem de piso. Esse resultado pode ser comparado ainda com o impacto de outros fatores de risco no Brasil, medidos em termos de DALY e mostrados na Tabela 3. É possível observar que o impacto resultante do uso da água cinza diante dos cenários expostos, é bem menor em relação aos fatores de risco apresentados, como acidente de trabalho e homicídio, por exemplo.

Tabela 3: DALY para outros fatores de risco no Brasil

<b>Acidente em Transporte</b>	<b>Acidente de Trabalho</b>	<b>Homicídio</b>	<b>Câncer</b>
6,60E-02	1,20E-02	1,00E-01	8,50E-02

Fonte: Cohim et.al. 2012

### **Conclusões:**

O sistema de reúso de águas cinza estudado demonstrou uma eficiência de tratamento considerável, utilizando um sistema anaeróbio e aeróbio, devido a ocorrência de alguns resultados apresentarem diferença de valores de duas casas logarítmicas entre água cinza bruta e água cinza tratada.

De acordo com o estudo feito foi verificado que mesmo a recomendação da Organização Mundial de Saúde frente à qualidade da água seja alta, os valores obtidos da Água cinza tratada para o microrganismo *Cryptosporidium* para reuso em lavagem de piso, descarga e irrigação, estão dentro do recomendado pela OMS. Porém, o resultado mais crítico foi do Rotavírus, para os três cenários apresentados.

### **Referências bibliográficas**

HAAS C. N.; ROSE J. B, GERBA, C.P. Quantitative microbial risk assessment. New York: John Wiley & Sons, 1999, 449p.

GERBA, C.P.; PEPPER, I.L., WHITEHEAD, L.F.A risk assessment of emerging pathogens of concern in the land application of bio solids. *Water Science and Technology*. 46, n. 10, 2002, p. 225-230

METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering – Treatment and Reuse*. 4 ed. New York: McGraw Hill, 2003.

OTTOSON, J. and Stenström, T.A. (2003) Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. *Water Research*, 37, pp. 645–655.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *3rd Drinking Water Guidelines*, 2004.

GONÇALVES, R. F. et al. Gerenciamento de águas cinzas. In: GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). *Uso racional da água em edificações*. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. cap.4, p. 153 – 222. (PROSAB 4, v.5). Título secundário: ; Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especificamente nas periferias urbanas.

COHIM, E. (s.d.). *Tratamento Local de Água Cinza para Reuso: Avaliação do Impacto na Saúde*. AIDIS, 2012.