II-1160 - DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO COM O USO DA TECNOLOGIA MICRO-ONDAS

Kaio Gustavo Gomes[(1)]
Graduando em Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Maria Magdalena Ribas Döll[(2)]
Engenheira Agrônoma. Mestre em Energia na Agricultura pela UNESP. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Endereço[(1)]**:** Rua Teixeira Mendes, 1441 - Uvaranas – Ponta Grossa - PR - CEP: 84031-000 - Brasil - Tel: (42) 99858-3152 - e-mail: kaio_gu@hotmail.com
Endereço[(2)]**:** Av. General Carlos Cavalcanti - Uvaranas, Ponta Grossa - PR, 84030-000 - e-mail: mmrdoll@uepg.br

RESUMO

O tratamento de esgoto é fundamental para a preservação do meio ambiente e para a saúde pública. Sendo que a eliminação de patógenos presentes no esgoto é essencial para evitar a disseminação de doenças de transmissão fecal-oral. Nesse contexto, vislumbra-se o uso de micro-ondas para a eliminação de patógenos do esgoto como uma tecnologia promissora que pode trazer benefícios para o meio ambiente e para a saúde humana. Estudos têm mostrado que a esterilização pelo aumento de temperatura apresenta uma alta eficiência para eliminar microrganismos prejudiciais ao ser humano. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a rápida elevação de temperatura com o uso da radiação não ionizante do tipo micro-ondas. Dessa forma, testou-se este método pela exposição de uma amostra de esgoto à radiação e comparando a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* antes e após o tratamento. Foi observado que amostras em que foram submetidas por 6 minutos à ação de micro-ondas, alcançaram a eliminação de coliformes totais e *Escherichia coli* em todas as potências avaliadas, nas potências de 920 e 1200 W nos tempos de 6 e 4 minutos de exposição e, na potência de 720 W nos tempos de 8 e 6 minutos. Desse modo o micro-ondas se apresenta como uma tecnologia adequada na eliminação destes microrganismos indicadores de contaminação fecal em amostras de esgoto sanitário.

PALAVRAS-CHAVE: TEvap, tratamento de esgoto, tanque de evapotranspiração, *Escherichia coli*, coliformes.

INTRODUÇÃO

A falta de tratamento de esgotos humanos pode causar doenças para pessoas que tiverem contato com o esgoto. Sabe-se que no mundo, 6 a cada 10 pessoas ainda necessitam de saneamento (UNITED NATIONS ORGANIZATION, 2017), tais dados mostram a importância que se tem na investigação de métodos de tratamento de esgoto eficaz, rápido e barato.

O esgoto sanitário proveniente de resíduos humanos apresenta diversidade de microrganismos, alguns são maléficos para os seres humanos. Um microrganismo usado em práticas laboratoriais que se destaca, é a *Escherichia coli*, que quando detectada, indica que a contaminação causada foi por excrementos de origem humana no meio (CONEJO, 2017). As bactérias *Escherichia coli* estão quase onipresentes no trato gastrointestinal humano e de animais. Embora representem apenas uma pequena proporção da flora intestinal geral e, na maioria das vezes, existam nesse ambiente sem comprometer a saúde do hospedeiro.

A *Escherichia coli* faz parte das bactérias coliformes totais que incluem todos os bacilos aeróbicos ou anaeróbios facultativos, gram – negativos, não esporulados, que fermentem a lactose com produção de gás, dentro de 24-48 horas a 35°C. Entres as bactérias encontradas nesse grupo pode citar-se além da *Escherichia coli*, a *Enterobacter aerogenes*, a *Enterobacter cloacae*, a *Citrobacter freundii* e a *Klebsiella pneumonia* (MARA; HORAN, 2003).

As bactérias possuem uma faixa de temperatura ótima em que elas têm alta taxa metabólica. Porém, em temperaturas extremas, suas taxas metabólicas abaixam até a morte celular (AL-GHEETHI et al., 2013). Esta faixa é exclusiva de cada bactéria e estudos como do Elving et al. (2014) mostram que certas colônias de *E. coli* têm suportado a temperatura de até 50 ºC. Entretanto, em temperaturas acima de 55 ºC há sua redução ou eliminação devido causar destruição de enzimas metabólicas e do genoma bacteriano nesta temperatura.

Assim, o aquecimento de uma substância a temperaturas altas pode ser realizado para eliminar coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* de esgotos sanitários de forma tão eficiente como processos químicos ou de irradiação (MOCÉ-LLIVINA et al. 2003).

O micro-ondas tem se tornado uma tecnologia de grande potencial eliminador de microrganismos, como o trabalho de Siguemoto et al. (2018) que analisaram a eliminação de *Escherichia coli* em amostras de suco de maçã e de cidra, respectivamente, sendo que em ambos os trabalhos os materiais analisados foram incubados com a bactéria.

A tecnologia de micro-ondas é baseada na geração de ondas eletromagnéticas que aquecem a água, eliminando os microrganismos patogênicos presentes. A utilização da tecnologia de micro-ondas para a eliminação de *E. coli* no esgoto apresenta diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais de tratamento, tais como não adição de produtos químicos, o que torna o processo mais sustentável e econômico. Além disso, a tecnologia de micro-ondas não gera resíduos tóxicos, o que diminui os impactos ambientais (OLIVEIRA; PISANI JUNIOR, 2015).

Este trabalho teve como objetivo principal analisar a eficiência de eliminação de coliformes totais e *E. coli* de esgoto sanitário com o uso da tecnologia de desinfecção por micro-ondas atingindo diferentes temperaturas após a exposição do material.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado um micro-ondas do tipo doméstico, marca Brastemp, modelo BMS25ABHNA, com potência máxima de 1200 W (podendo-se utilizar potências nominais diferentes), frequência de micro-ondas igual a 2450 MHz, e capacidade de 18 litros.

Figura 1: Foto do micro-ondas usado para desinfecção de esgoto neste trabalho.

Foram coletadas amostras de água residuária negra, proveniente de banheiros de um salão de reunião de uma associação rural e levadas ao Laboratório de Saneamento do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), seguindo procedimentos de preservação de amostras descritas em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* por APHA (2017).

Para a exposição do esgoto à radiação do tipo micro-ondas foram colocadas as amostras em um béquer de vidro de borossilicato com altura de 9,3 cm e área aproximada de 3,38 cm² e com uma altura de líquido de 5 cm sendo assim um volume aproximado de 0,0169 L. Foi utilizada a mesma área superficial e a mesma altura da lâmina de esgoto para todas as repetições. As condições experimentais avaliadas neste experimento estão destacadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições experimentais avaliadas na desinfecção de esgoto sanitário por micro-ondas.

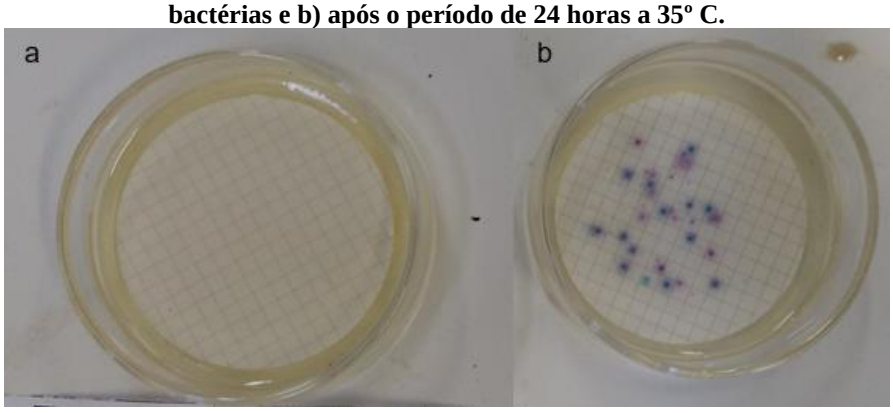
Ensaios	Potência (W)	Tempo de exposição (min)
1	720	8
2		6
3		4
4		2
5	960	6
6		4
7		2
8	1200	6
9		4
10		2

O experimento foi realizado em triplicada, ou seja, para cada ensaio foram submetidas três amostras nas mesmas condições, para se ter mais confiabilidade e para diminuir a probabilidade de erros. Para possibilitar a avaliação da eficiência da metodologia para a eliminação e Coliformes Totais e *E. coli*, foi realizado, ainda, a avaliação da amostra sem tratamento, para controle.

Desse modo as determinações de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas de acordo com a técnica da membrana filtrante (APHA, 2017). As amostras foram diluídas em 1:10 que passaram pelo tratamento térmico por micro-ondas, e a amostra sem tratamento em 1:10000. Em seguida, as amostras foram filtradas em uma membrana de 0,45 µm a qual era incubada em Agar Base HiCrome (meio seletivo recomendado para detecções simultâneas de *Escherichia coli* e coliformes totais em amostras de água e alimento), em uma placa de Petri, por 22 h a 24 h em temperatura controlada de 35°C.

Após este período, as placas eram retiradas para efetuar a contagem das colônias obedecendo que as colônias de Coliformes Totais de coloração avermelhada e as colônias de *Escherichia coli* azuis. A Figura 2 ilustra as placas de Petri antes (a) e após (b) o período de incubação.

Figura 2 – Fotos das placas de Petri, em que: a) placa com meio e membrana antes da incubação das bactérias e b) após o período de 24 horas a 35º C.



Todas as vidrarias usadas na diluição, preparo de meio de cultura, materiais usados nas manipulações e água destiladas usada na diluição das amostras eram esterilizados em autoclave por 15 minutos, 127ºC e 2 atm de pressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, foram apresentados resultados observados em todos os ensaios antes e depois da exposição do material ao micro-ondas e a perda percentual de material líquido devido aumento da temperatura gerar vapor e em alguns casos houve fervura e extravasamento do material.

Tabela 2 – Resultados parciais das amostras analisadas quanto à temperatura alcançada e perda de volume após serem submetidas às condições de cada ensaio.

Ensaios	Potência (W)	Tempo de exposição (min)	Temperatura antes do ensaio (°C)	Temperatura atingida (ºC)[1]	Perda média de volume de esgoto (%)
1	720	8	21	93	9,3
2		6	23	92	1,7
3		4	23	88	1,3
4		2	24	79	0,0
5	960	6	23	93	10,0
6		4	24	89	7,3
7		2	23	85	0,0
8	1200	6	23	87	34,0
9		4	24	87	16,0
10		2	23	87	3,3

[1]Temperatura aferida logo após a exposição do material ao micro-ondas

Na Tabela 3 foram relacionadas a contagem de colônias de *Escherichia coli* e Coliformes Totais das amostras antes e depois de serem submetidas ao micro-ondas em todos os ensaios.

Tabela 3 – Eficiência de remoção de *Escherichia coli* e Coliformes Totais no tratamento de águas negras com radiação do tipo micro-ondas.

Ensaios	Potência (W)	Tempo (min)	Antes do micro-ondas (UFC 100^{-1}mL)		Após micro-ondas (UFC 100^{-1}mL)	
			E. coli	CT	E. coli	CT
1	720	8	$8{,}0.10^4$	$3{,}0.10^4$	0,0	0,0
2		6	$1{,}7.10^5$	$7{,}0.10^4$	0,0	0,0
3		4	$2{,}0.10^4$	$3{,}0.10^4$	$4{,}0.10^0$	$2{,}2.10^1$
4		2	$1{,}7.10^5$	$7{,}0.10^4$	$1{,}7.10^2$	$2{,}3.10^2$
5	960	6	$1{,}7.10^5$	$7{,}0.10^4$	0,0	0,0
6		4	$8{,}6.10^4$	$1{,}3.10^5$	0,0	$2{,}3.10^0$
7		2	$1{,}1.10^5$	$2{,}0.10^4$	$2{,}7.10^1$	$9{,}7.10^1$
8	1200	6	$1{,}1.10^5$	$2{,}0.10^4$	0,0	0,0
9		4	$8{,}6.10^4$	$1{,}3.10^5$	0,0	$2{,}0.10^0$
10		2	$1{,}1.10^5$	$2{,}0.10^4$	$6{,}7.10^0$	$2{,}7.10^1$

No tratamento com 720W e 8 min uma das três amostras analisadas apresentou uma colônia, contudo o resultado pode ser considerado como uma contaminação ocorrida durante a execução da análise, visto que a colônia foi observada em somente uma das três amostras analisadas e o tratamento menos rigoroso (720W e 6 min) não apresentou nenhuma colônia.

A remoção foi diferente de 100% somente em quatro ensaios, nas análises de 2 minutos para todas as potências avaliadas e no ensaio de 720 W e 4 minutos (Tabela 3).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados encontrados mostraram que para os ensaios que tiveram exposição de 6 minutos, ou mais, foi possível eliminar 100% de CT e *E. coli*, enquanto para a exposição de 4 minutos só não se obteve 100% de eliminação na situação em que a potência foi de 720W. Dessa forma, ficou evidente que a eliminação depende diretamente do tempo de exposição e da potência usada.

Além disso a *E. coli* apresentou-se mais resistente que as demais do grupo CT, visto que mesmo com uma contagem menor nas amostras de antes do micro-ondas, as amostras pós-tratamento apresentaram uma quantidade mais elevada de colônias de *E. coli* comparada a contagem de colônias de CT.

Quanto a perda percentual de amostra, observou-se evaporação e em alguns casos até extravasamento do material com o aumento da temperatura. Essa perda foi maior nos ensaios de maior tempo e maior potência o que vai de acordo com o esperado, visto que são nessas situações que as maiores temperaturas são atingidas.

A temperatura aferida logo após a exposição da amostra ao micro-ondas mostra que as temperaturas atingidas foram próximas a 100°C (ponto de ebulição da água) o que por si só já indica capacidade de desinfecção. Contudo é esperado que durante a exposição, a amostra tenha atingido temperaturas maiores ainda. Shamis et al. (2012) citam que ocorre por um efeito instantâneo de aumento da temperatura por micro-ondas e que algumas moléculas podem receber uma taxa de energia maior do que se pode dissipar acarretando uma alta temperatura instantânea a qual não se pôde medir diretamente.

CONCLUSÕES

O uso da tecnologia de desinfecção de esgoto por micro-ondas, de acordo com os resultados obtidos, apresentou eficiência na eliminação de coliformes totais e *E. coli* de esgoto sanitário, especialmente nas potências de 920 e 1200 W nos tempos de 6 e 4 minutos de exposição e, na potência de 720 W nos tempos de 8 e 6 minutos.

Contudo, como a desinfecção do esgoto de bactérias indicadoras de contaminação fecal por micro-ondas tem grande potencial, recomenda-se aprimoramento de estudos em outros intervalos de tempos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SHAHEEN, M. S., EL-MASSRY, K. F., EL-GHORAB, A., & ANJUN, F. M. (2012). Microwave applications in thermal food processing. In W. Cao (Ed.). The development and application of microwave heating (pp. 3–16). (Intech open access publisher: Rijeka).
2. SHAMIS, Y., CROFT, R., TAUBE, A., CRAWFORD, R. J., & IVANOVA, E. P. (2012). Review of the specific effects of microwave radiation on bacterial cells. Applied Microbiology and Biotechnology, 96, 319–325.
3. UNITED NATIONS ORGANIZATION. Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene. Geneva: World Health Organization (WHO) And The United Nations Children's Fund (UNICEF), 2017.
4. CONEJO, J. G. L. (org.). Atlas esgotos: Despoluição de bacias hidrográficas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2017.
5. AL-GHEETHI, Adel A. S.; ISMAIL, N.; J, L.; TALIB, A.; KADIR, M. O. Ab. Reduction of Faecal Indicators and Elimination of Pathogens from Sewage Treated Effluents by Heat Treatment. Caspian Journal Of Applied Sciences Research, Penang, v. 2, n. 2, p.39-55, out. 2013.
6. ELVING, J.; VINNERÅS, B.; ALBIHN, A.; OTTOSON, J. R.. Thermal treatment for pathogen inactivation as a risk mitigation strategy for safe recycling of organic waste in agriculture. Journal Of Environmental Science And Health, Part B, [s.l.], v. 49, n. 9, p.679-689, 18 jul. 2014. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1080/03601234.2014.922783.
7. MARA, D. D., & HORAN, N. J. (Eds.). (2003). Handbook of water and wastewater microbiology. Academic Press.
8. MOCÉ-LLIVINA, L.; MUNIESA, M.; PIMENTA-VALE, H.; LUCENA, F.; JOFRE, J. Survival of Bacterial Indicator Species and Bacteriophages after Thermal Treatment of Sludge and Sewage. Applied And Environmental Microbiology, Barcelona, v. 69, n. 3, p.1452-1456, mar. 2003.
9. SIGUEMOTO, É. S.; GUT, J. A. W.; MARTINEZ, A.; RODRIGO, D.. Inactivation kinetics of *Escherichia coli* O157: H7 and Listeria monocytogenes in apple juice by microwave and conventional thermal processing. Innovative Food Science & Emerging Technologies, [s.l.], v. 45, p.84-91, fev. 2018. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2017.09.021.
10. APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. 23 ed. American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 2017.

11. OLIVEIRA, E. A. D.; PISANI JÚNIOR, R.. Influência do meio suporte na inativação de endósporos de Bacillus atrophaeus em resíduos de serviços de saúde por micro-ondas. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 20, n. Eng. Sanit. Ambient., 2015 20(2), abr. 2015.