

ESTERILIZADOR UV EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO VISANDO REÚSO AGRÍCOLA

**LISIANA CRIVELENTI VOLTOLINI¹, DIEGO FERNANDO ATOCHE GARAY²,
CLAUDINEI FONSECA SOUZA³**

¹ Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de São Carlos, Fone: (16) 99177-1056, lisianacrivelenti@yahoo.com.br

² Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial, Universidade de São Paulo, diegosatoche@hotmail.com

³ Professor Dr. Associado II, Universidade Federal de São Carlos, cfsouza@ufscar.br

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O lançamento inadequado de esgoto sanitário, além de permitir a transmissão de doenças, gera poluição nos cursos d'água comprometendo seus múltiplos usos como fonte de abastecimento, irrigação, reúso e recreação. O tratamento do esgoto doméstico passa a ser uma alternativa de água e nutrientes no cultivo agrícola, devendo atender aos critérios estabelecidos pela legislação. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a carga patogênica do efluente tratado, proveniente de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), antes e após a aplicação da desinfecção ultravioleta, visando o reúso agrícola. Foram realizadas amostragens semanais antes e depois da desinfecção ultravioleta (A/UV e D/UV) para caracterização do pH, turbidez, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), carbono orgânico total (COT), coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTermo), bem como nitrogênio total (NT). Entre o efluente bruto e os outros pontos amostrados A/UV e D/UV, apresentaram diferenças significativas: pH, CE, OD, turbidez e NT. Para COT não houve diferença entre os pontos A/UV e D/UV. CT e CTermo se diferenciaram entre todos os pontos amostrados.

PALAVRAS-CHAVE: efluente doméstico, radiação ultravioleta, agricultura

UV STERILIZER IN SEWAGE TREATMENT FOR AGRICULTURAL REUSE

ABSTRACT: The normal release of sanitary sewage, in addition to allowing the transmission of diseases, generates water courses compromising its multiple uses as a source of supply, irrigation, reuse and recreation. The treatment of domestic sewage becomes an alternative of water and nutrients in agricultural cultivation, and must meet the criteria defined by legislation. Thus, this work aimed to evaluate the pathogenic load of the treated effluent, coming from a TEE, before and after the application of ultraviolet disinfection, demanding agricultural reuse. Weekly samplings were performed before and after ultraviolet disinfection (A / UV and D / UV) to characterize pH, turbidity, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (OD), total organic carbon (TOC), total coliforms (TC) and thermotolerant (ThermoC), as well as total nitrogen (TN). Between the raw effluent and the other sampled points A/UV and D/UV, important differences: pH, EC, DO, turbidity and TN. For TOC there was no difference between the A/UV and D/UV points. CT and ThermoC differed among all sampled points.

KEYWORDS: domestic effluent, ultraviolet radiation, agriculture.

INTRODUÇÃO: O lançamento inadequado de esgoto sanitário, além de colocar em riscos a saúde humana por permitir a transmissão de doenças, gera poluição nos cursos d'água comprometendo seus múltiplos usos como fonte de abastecimento, irrigação, reúso e recreação (Souza et al., 2012). O esgoto sanitário, quando tratado, pode ser uma fonte alternativa de água e nutrientes no cultivo agrícola (Cuba et al., 2015), reduzindo o uso de fertilizantes químicos e o custo de produção. Mas, para isso, deve atender aos critérios estabelecidos pela Resolução 375 do CONAMA, bem como pela CETESB a nível estadual (CONAMA, 2006; CETESB, 2018). O esterilizador de radiação UV ganhou grande impulso na ETE pela sua capacidade de inativar os microrganismos através da alteração de seu DNA ao absorver a luz (Souza et al., 2012). A redução significativa da carga patogênica, como coliformes totais e *Escherichia coli*, permite o ajuste deste parâmetro sugerido pelo CONAMA (2006), além de trazer maior segurança ao reúso do efluente. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a carga patogênica do esgoto doméstico tratado, proveniente de uma ETE, antes e após a aplicação da desinfecção ultravioleta, visando o reúso agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, localizado no município de Araras, Estado de SP, onde está instalada a ETE. A ETE foi dimensionada para receber e tratar 2000 L de esgoto diariamente proveniente dos sanitários e do restaurante universitário. É composta por quatro unidades de tratamento e o esterilizador UV, sendo caixa de gordura, tanque séptico, tanque de microalgas e *wetlands*. Todas as unidades foram construídas com material impermeabilizado de polietileno. A dose de radiação UV da lâmpada é de 0,43 mWscm⁻² e foi calculada através da densidade da irradiação (mWcm⁻²) multiplicada pelo tempo de exposição do efluente ao UV (segundos) (Philips, 2006). Foram realizadas amostragens semanais para caracterização em termos de pH, turbidez, CE, OD, COT, CT e CTermo. Também foram feitas as quantificações de NT. A eficiência de cada parâmetro da ETE foi calculada a partir de um equilíbrio entre as médias de entrada e saída de cada unidade de tratamento (Equação 1) (Von Sperling, 2005).

$$E = \frac{C_e - C_s}{C_e} \times 100 \quad (1)$$

Em que,

E - eficiência de remoção;

C_e - concentração do parâmetro no efluente na entrada;

C_s - concentração do parâmetro no efluente tratado na saída.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo software “R”, a fim de verificar quais tratamentos apresentaram diferenças significativas. Aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) para comparar as médias pareadas dos tratamentos (R CORE, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 apresenta a caracterização do efluente a partir das médias das amostras durante o monitoramento de três meses.

Tabela 1. Valores médios do efluente bruto e tratado de parâmetros de monitoramento e eficiência de remoção.

Parâmetros	Bruto	A/UV	D/UV	Eficiência (%)
pH	6,87 a	7,47 b	7,6 b	--
CE (uS cm ⁻¹)	769,44 a	1029,49 b	1022,48 b	33 *
OD (mg L ⁻¹)	1,74 a	3,39 b	3,96 b	128 *
Turbidez (UTN)	265,51 a	20,10 b	20,81 b	92

NT (mg L ⁻¹)	34,87 a	46,38 b	47,98 b	37 *
COT (mg L ⁻¹)	106,00 b	26,46 a	26,74 a	75
CT (NMP 100 mL ⁻¹)	6,17.10 ⁷ a	5,38.10 ⁶ b	7,62.10 ⁵ c	99
CTermo (NMP 100 mL ⁻¹)	3,15.10 ⁶ a	3,52.10 ⁵ b	9.10 ⁴ c	97

Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si (Tukey $\leq 0,05$)

* aumento percentual do parâmetro nas unidades da estação.

O esgoto bruto teve média de pH de 6,87 e aumentou após as primeiras etapas de tratamento, diferenciando-se estatisticamente dos outros pontos de coleta A/UV e D/UV. Não houve diferença significativa entre as médias de A/UV e D/UV uma vez que a radiação UV não altera as características do efluente, com exceção dos parâmetros microbiológicos.

Com relação a CE, pôde-se observar um aumento de 33 % em função dos primeiros tratamentos. Este aumento pode ser explicado pelo acúmulo de íons durante a passagem do efluente pela brita do tanque séptico e também pelo elevado tempo de retenção hidráulica. A/UV e D/UV não apresentaram diferença significativa entre si.

A concentração de oxigênio dissolvido teve uma média de entrada de 1,74 mg L⁻¹ no efluente bruto. Após os primeiros tratamentos, teve aumento de 95 % (A/UV) e finalizou em 3,96 mg L⁻¹ (D/UV). Segundo as diretrizes da Resolução CONAMA 357/05, para águas de classe 3, o OD deve ser superior a 4 mg L⁻¹. Desta forma, a ETE não cumpre com esta condição para ser considerada de classe 3, 2, 1 ou especial.

A ETE apresentou 92 % de eficiência na remoção de turbidez. Para o efluente bruto, a média foi de 256,51 UTN, diferenciando-se estatisticamente dos outros pontos de coleta (A/UV e D/UV). Após os primeiros tratamentos, a turbidez do efluente reduziu para 20,10 UTN (A/UV) e finalizou em 20,81 UTN (D/UV). Esta redução ocorre inicialmente pela função do tanque séptico e então é estabilizada pela *wetlands*.

Os resultados do NT mostram uma contribuição de 33 % após os primeiros tratamentos e 37 % após passar pela desinfecção UV. O tanque de microalgas é responsável pela remoção da maior parte do NT presente no efluente (Torres et al., 2014), desta forma, o aumento significativo deste nutriente pode ter ocorrido pelo rompimento das células dos microrganismos presentes no efluente ao entrar em contato com a radiação UV (Pedroso et al., 2018; Souza et al., 2012).

A eficiência geral da remoção do COT, desde a entrada, com 106 mgL⁻¹, até a saída, com 26,75 mg L⁻¹, foi de 75 % apontando diferença significativa entre o teor no efluente bruto e os teores nos outros pontos. Justifica-se pela biodegradação da matéria orgânica presente no efluente. O estudo realizado na mesma ETE por Cuba et al. (2015) indicou 42,3 mg L⁻¹ de DBO, escapando assim dos limites permitidos pela legislação para águas classe 3 (<5 mg L⁻¹).

Com relação aos CT e CTermo, encontrou-se, no efluente bruto, uma média de 6,17.10⁷ NMP por 100 mL⁻¹ e 3,15.10⁶ NMP por 100 mL⁻¹ respectivamente, indicando uma contaminação microbiológica desta água. Após os primeiros tratamentos (A/UV) as quantidades diminuem para 5,39.10⁶ e 3,53.10⁵ NMP por 100 mL⁻¹ e, ao passar pela desinfecção UV, estas médias caem para 7,63.10⁵ e 9.10⁴ NMP por 100mL⁻¹.

Os primeiros tratamentos da ETE reduziram em 91,3 % os CT e 88,3 % os CTermo, enquanto só o esterilizador mostrou eliminação de 85,8 % e 83,1 %, respectivamente, da carga microbiana restante. Assim, a estação de tratamento mostrou uma eficiência final de 98,8 % para eliminação de CT e 97,2 % para os CTermo.

Embora a eficiência tenha sido expressiva, os valores finais não atingiram os níveis microbiológicos adequados para que possa ser considerada água de classe 1, 2 ou 3.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05, os limites máximos permitidos para que o efluente tratado possa ser utilizado no cultivo agrícola são de 200 CTermo a cada 100 mL de amostra de águas de classe 1; 1000 coliformes por 100 mL de amostra de águas de classe 2 (irrigação de hortaliças) e 4000 por 100 mL nas amostras de classe 3 (irrigação de frutíferas,

jardins, etc). Observou-se que a grande variação de inativação de microrganismos é causada pela quantidade e qualidade do efluente antes e depois do tratamento. A turbidez e a presença de sólidos reduzem a eficiência da radiação por não atingir inteiramente os microrganismos (Pedroso et al., 2018). Foram encontradas pequenas folhas e galhos provenientes do tratamento anterior (*wetlands*) nos dias em que o rendimento foi menor.

CONCLUSÕES: Os primeiros tratamentos reduziram em 91,3 % os CT e 88,3 % os CTermo, enquanto só o UV mostrou eliminação de 85,8 % e 83,1 %, respectivamente, da carga microbiana restante. A ETE mostrou uma eficiência final de 98,8 % para eliminação de CT e 97,2 % para os CTermo. Embora a eficiência tenha sido expressiva, os valores finais não atingiram os níveis microbiológicos adequados para que possa ser considerada água de classe 1, 2 ou 3, o que restringe seu uso para fins de reuso agrícola.

AGRADECIMENTOS: Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente e à CAPES, pelo apoio financeiro permitindo a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

CETESB - Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo. Fundamentos do Controle de Poluição das Águas. São Paulo: CETESB, 2018. 220p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/11/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas-T3.pdf>. Acesso: agosto de 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 357, publicada no Diário Oficial da União - DOU nº 053. 18 de março 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 375, publicada no Diário Oficial da União em 29 de agosto de 2006.

Cuba, R. S., do Carmo, J. R., Souza, C. F., & Bastos, R. G. (2015). Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. *Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 10(3), 574-586.

PHILIPS. Informações de aplicação de purificação ultravioleta. 2006. 31p. Disponível em: <https://goo.gl/1vLPCa>. Acesso em junho de 2020.

R Core Team (2019). **R: A language and environment for statistical computing.**R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 de agosto de 2020.

Pedroso, C. R., Souza, J. B. D., Kovalski, T., Vidal, C. M. D. S., & Martins, K. G. (2018). Inativação de microrganismos indicadores de contaminação fecal por radiação ultravioleta e avaliação dos fenômenos de fotorreativação e recuperação no escuro. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 23(5), 987-994.

Souza, J. B., de S Vidal, C. M., Cavallini, G. S., Quartaroli, L., & Marcon, L. R. C.. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 33, n. 2, p. 117-126, 2012.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte: UFMG, 1996. 211p.

Torres, H. S. J, Cassini, S. T. A., & Gonçalves, R. F. Isolamento, sobrevivência e caracterização da biomassa de microalgas cultivadas em efluente de tratamento de esgoto sanitário visando a produção de biocombustíveis. *IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre: ABES*, 2014.