

Tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Maringá/PR por processos combinados de ozonização e oxidação em água supercrítica**Treatment of leachate from Maringá/PR landfill by combined processes of ozonization and supercritical water oxidation**

Recebimento dos originais: 17/01/2019

Aceitação para publicação: 19/02/2019

Ana Paula Jambers Scandelai

Mestra e Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Avenida Colombo, 5790 – Jardim Universitário, Maringá – PR, Brasil

E-mail: paulascandelai@hotmail.com

Frank Bruno Moro

Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Avenida Colombo, 5790 – Jardim Universitário, Maringá – PR, Brasil

E-mail: frankbrunomoro@gmail.com

Jaqueline Pirão Zotesso

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Avenida Colombo, 5790 – Jardim Universitário, Maringá – PR, Brasil

E-mail: jaquelinepz@hotmail.com

Carlos Eduardo Rodrigues Barquilha

Mestre e Doutorando em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Avenida Colombo, 5790 – Jardim Universitário, Maringá – PR, Brasil

E-mail: eng.amb_barq@hotmail.com

Lúcio Cardozo Filho

Doutor em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Avenida Colombo, 5790 – Jardim Universitário, Maringá – PR, Brasil

E-mail: lcfilho@uem.br

Célia Regina Granhen Tavares

Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Avenida Colombo, 5790 – Jardim Universitário, Maringá – PR, Brasil

E-mail: celia@deq.uem.br

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar a eficiência dos processos de ozonização (O₃) e de oxidação

em água supercrítica (OASc), bem como a combinação de ambos, no tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Maringá/PR. As condições operacionais foram: O₃ por 30 minutos e OASc a 600°C e pressão de 23 MPa. Verificou-se que o tratamento combinado (O₃ e OASc) resultou nas maiores taxas de remoções de praticamente todos os parâmetros físico-químicos analisados, mostrando-se uma tecnologia promissora para o tratamento do efluente em questão.

Palavras-chave: OASc. Ozônio. Matéria orgânica. Tratamento avançado.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the efficiency of the ozonation (O₃) and supercritical water oxidation (OASc) processes, as well as the combination of both, in the treatment of leachate from the Maringá/PR sanitary landfill. The following operational conditions were applied: O₃ during 30 minutes and OASc at 600 °C and pressure of 23 MPa. It was verified that the combined treatment (O₃ and OASc) resulted in the highest removal rates of practically all the physicochemical parameters evaluated, thus representing a promising technology for the treatment of the studied leachate.

Keywords: SCWO. Ozone. Organic matter. Advanced treatment.

1 INTRODUÇÃO

O lixiviado, produto da decomposição dos resíduos sólidos em aterros sanitários, é resultante da degradação física, química e biológica dos resíduos e da percolação das águas pluviais nos mesmos. De coloração escura e composição variável (metais tóxicos, compostos xenobióticos e orgânicos, amônia, entre outros), é imprescindível o tratamento desse efluente antes do seu lançamento em corpos hídricos receptores (Kjeldsen et al., 2002).

Devido à complexidade dos lixiviados e à baixa eficiência de processos convencionais para sua degradação, alternativas avançadas de tratamento têm sido estudadas, como a ozonização (O₃) e a oxidação em água supercrítica (OASc).

A aplicação da O₃ a lixiviados se caracteriza pelas altas reduções de cor e pela degradação de compostos orgânicos, patógenos e micropoluentes, propiciadas pela alta capacidade oxidativa do ozônio. Além disso, esse processo apresenta a vantagem da não geração de lodo (Bila et al., 2008).

A OASc, por sua vez, possibilita elevada remoção de matéria orgânica por meio das altas taxas de transferências de energia e massa que são obtidas em condições supercríticas ($P \geq 22,1$ MPa e $P \geq 374,1$ °C) (Weijin e Xuejun, 2010).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo quantificar e analisar a eficácia dos processos de O₃, OASc e a combinação de ambos (O₃+OASc) na degradação do lixiviado do aterro sanitário de Maringá/PR.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO LIXIVIADO

Foram coletadas alíquotas de volumes iguais de quatro pontos do reservatório de lixiviado do aterro sanitário de Maringá/PR, com o intuito de se obter uma amostra integrada. Após homogeneização das alíquotas, as mesmas foram armazenadas a 4 °C até a sua caracterização e realização dos ensaios experimentais.

A caracterização do lixiviado bruto e tratado foi realizada por meio dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH (pH-metro Digimed, DM-20), cor aparente (Hach Company, 1996 – Método 8025), turbidez (turbidímetro Digimed DMTU), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (APHA, 1998 – Método 5210D), demanda química de oxigênio (DQO) (APHA, 1998 – Método 5220D), condutividade elétrica (CE) (Thermo Scientific Orion™, Versa Star™), sólidos totais (ST), sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos suspensos totais (SST) (APHA, 1998 – Métodos 2540 C e D).

2.2. TRATAMENTO DO LIXIVIADO

O aparato de O₃ era composto por: um gerador de oxigênio, operado a 4 L O₂ min⁻¹; um gerador de gás ozônio, produzindo 14,6 g O₃ m⁻³; e um reator de ozonização operando em batelada. O lixiviado foi utilizado sem tratamento prévio (sem alteração em seu pH) e o tempo de retenção foi de 30 min. A massa de ozônio foi determinada por um analisador H1-X-BENCH (IN USA), sendo efetivamente absorvido 1,0 g O₃ m⁻³ aos 30 min de reação (diferença entre o ozônio injetado e o não absorvido).

Para realização da OASc, o lixiviado foi previamente filtrado em papel filtro quantitativo faixa branca, a fim de remover as impurezas que pudessem prejudicar o funcionamento do sistema. O lixiviado, filtrado e contido em um reservatório sobre uma balança analítica, era succionado por uma bomba de alta pressão (Thar Process P50) (à vazão de 5 g min⁻¹), enviado ao pré-aquecedor (a 250 °C) e, em seguida, ao reator de fluxo contínuo, que era operado em condições supercríticas (600 °C e 23 MPa). As condições operacionais de T e P e o cálculo do tempo espacial (τ) foram estabelecidos a partir do estudo de Martins (2017).

A combinação dos processos (O₃+OASc) foi realizada com a O₃ precedendo a OASc, nas mesmas condições utilizadas nos processos individuais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, é apresentada a caracterização dos lixiviados bruto e tratado pelos processos avaliados (O_3 , OASc e O_3 +OASc). As vazões médias obtidas durante os ensaios de OASc, individual e combinado com o O_3 , foram, respectivamente, de $5,78 \text{ g min}^{-1}$ (τ de 25 s) e $6,83 \text{ g min}^{-1}$ (τ de 21 s).

Tabela 1 – Características do lixiviado bruto (LB) e tratado por O_3 , OASc e O_3 +OASc

Parâmetro	LB	O_3	OASc	O_3 +OASc	Limites ¹
pH	8,3	8,4	8,0	7,5	5,0 – 9,0 ^a
Cor Aparente (mg Pt-Co L ⁻¹)	936	842	396	337	-
Turbidez (UNT)	85	89	320	69	100 ^b
DBO (mg L ⁻¹)	165	137	29	36	50 ^c
DQO (mg L ⁻¹)	1048	852	417	389	200 ^c
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	10160	6826	2931	2833	-
ST (mg L ⁻¹)	6941	6574	167	88	-
SDT (mg L ⁻¹)	6801	6458	143	79	500 ^b
SST (mg L ⁻¹)	141	116	23	9	-

Notas: (1) Limite máximo para lançamento em corpo receptor, estabelecido pelas Resoluções (a) CONAMA n° 430 (Brasil, 2011), (b) CONAMA n° 357 (Brasil, 2005) e (c) CEMA n° 070 (Paraná, 2009).

Por meio da análise da Tabela 1, verificou-se que o lixiviado bruto apresentou concentrações de matéria orgânica (DBO e DQO), turbidez e sólidos (SDT) acima dos limites permitidos para lançamento, bem como elevada presença de sais (alta CE), evidenciando a necessidade de seu tratamento.

Quando aplicados individualmente, os processos de O_3 e de OASc, nas condições avaliadas, não foram suficientes para que o efluente tratado atingisse os parâmetros de lançamento em corpos hídricos receptores. Apesar disso, o processo de OASc se apresentou mais efetivo que a O_3 na redução da maioria dos parâmetros, com exceção da turbidez, que aumentou significativamente. Esse aumento pode ter ocorrido pela formação de coque no interior do reator – ação muito comum na oxidação de efluentes a altas temperaturas ou, ainda, pela própria oxidação, que precipita compostos inorgânicos, devido à sua baixa solubilidade em condições supercríticas, conforme relatado por Barner et al. (1992).

No processo combinado (O_3 +OASc), as mais significativas remoções dos parâmetros avaliados foram cor aparente, turbidez e SST. A eficiência no processo combinado aumentou as remoções, em relação aos processos de O_3 e de OASc individuais, respectivamente, em

54% e 6% (cor aparente), 23% e 295% (turbidez) e 76% e 10% (SST). Além disso, o processo combinado removeu maior concentração de sais do lixiviado, indicado pela redução na CE. Apesar de o processo O₃+OASc ter apresentado DBO levemente superior à OASc isolada, esta ainda se enquadrou no limite para lançamento do lixiviado em corpos hídricos Classe 2.

4 CONCLUSÕES

A combinação dos processos de ozonização e oxidação supercrítica (O₃+OASc) se mostrou promissora no tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Maringá/PR, uma vez que houve significativo aumento na qualidade do efluente final em relação aos processos individuais.

O processo O₃+OASc forneceu as maiores remoções para a maioria dos parâmetros analisados, apresentando reduções de 64% de cor, 78% de DBO, 63% de DQO, 99% de ST e SDT, 94% de SST e 72% de CE. Dessa forma, o processo conjunto de O₃+OASc, aplicado como tratamento para o lixiviado em estudo, se viabilizou como forma de atingir as legislações vigentes e possibilitar o seu lançamento em corpos hídricos.

REFERÊNCIAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, *Standard methods for the examination of water and wastewater*.USA: APHA, 1998.

BARNER HE, HUANG CY, JOHNSON T, JACOBS G, MARTCH MA, Supercritical water oxidation: an emerging technology. *J. Hazard. Mater.*, v. 31, p. 1-17, 1992.

BILA DM, AZEVEDO EB, DEZOTTI M, Ozonização e processos oxidativos avançados. In: DEZOTTI M (Coord.). *Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos*. Rio de Janeiro: Epapers, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama. *Resolução n° 357, de 17 de março de 2005*.

BRASIL.Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, *Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011*.

HACH Company, *Procedures Manual of Spectrophotometer DR/2010*. USA: Hach

Company, 1996.

KJELDSSEN P, BARLAZ MA, ROOKER AP, BAUNA, LEDIN A, CHRISTENSEN TH, Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, v. 32, p. 297-336, 2002.

MARTINS DCC, *Tratamento de solução modelo de ácido húmico e lixiviado de aterro sanitário via oxidação em água supercrítica*. Dissertação (Mestrado em Eng. Química), UEM, 2017, 133 p.

PARANÁ. Conselho Estadual de Meio Ambiente - CEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, *Resolução n° 070, de 01 de outubro de 2009*.

WEIJIN G, XUEJUN D, Degradation of landfill leachate using transpiring-wall supercritical water oxidation (SCWO) reactor. *Waste Manage.*, v. 30, p. 2103-2107, 2010.