

### **III-125 – TESTES DE FOTOCATÁLISE SOLAR HETEROGÊNEA NO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO**

**Camila de Almeida Porto** <sup>(1)</sup>

**Arthur Marinho Cahino**

Graduandos em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba.

**Larissa Granjeiro Lucena**

Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM/ UFPB),

**Romildo Henriques dos Anjos Junior**

Técnico em Saneamento pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB). Graduando em Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

**Elisangela Maria Rodrigues Rocha**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Eng. Civil/Geotecnia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutora em Eng. Civil/Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professora do Depto. Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Membro Efetivo do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM/ UFPB), área de concentração em saneamento ambiental.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: - e-mail: [camila.aporto@hotmail.com](mailto:camila.aporto@hotmail.com)

#### **RESUMO**

O lixiviado de aterro sanitário apresenta elevada recalcitrância, não respondendo eficientemente aos tratamentos biológicos convencionais. A fotocatalise heterogênea, um dos processos oxidativos avançados, vem sendo estudada para a degradação de diversos compostos. Este trabalho avaliou a redução da DQO e da descoloração do lixiviado de aterro utilizando a fotocatalise solar heterogênea com dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) em escala piloto (fotorreator) e de laboratório (mesa agitadora). A escala piloto alcançou uma redução de DQO de 7,10%, enquanto a descoloração obteve valores negativos. Na escala de laboratório, adicionou-se peróxido de hidrogênio sendo observado uma redução de aproximadamente 19% na amostra 3, a qual teve com a maior adição de peróxido de hidrogênio (41 mg/L) em relação as outras amostras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lixiviado de aterro sanitário, fotocatalise solar, DQO, descoloração.

#### **INTRODUÇÃO**

A adequada gestão dos resíduos é uma importante ferramenta para a conservação do meio ambiente, bem como da proteção da saúde humana. A Política Nacional de Resíduos Sólidos sancionada em 2010 estabeleceu o aterro sanitário como a forma de eliminação ambientalmente adequada. Contudo, o resíduo aterrado ainda pode comprometer a qualidade da água, do solo e do ar. Uma das fontes de contaminação é a geração de lixiviado, originado da decomposição dos resíduos (GOUVEIA, 2012).

O lixiviado de aterro sanitário é um líquido caracterizado pela recalcitrância e baixa degradabilidade devido a elevada carga orgânica, elevada concentração de espécies com núcleos aromáticos condensados e sequestrantes de radicais hidroxila (COSTA *et al.*, 2013). Essas características conferem dificuldades para os tratamentos biológicos convencionais.

A aplicação dos processos oxidativos avançados vem como uma alternativa promissora devido a seu elevado poder oxidante, capacidade de mineralização para determinados compostos, versatilidade com outros tratamentos, geralmente não necessitam de tratamento ou disposição final, possibilidade de tratamento in situ. Um deles é a fotocatalise heterogênea, cuja formação de radicais hidroxila envolve semicondutores sólidos, como o dióxido de titânio, e radiação ultravioleta (TEIXEIRA & JARDIM, 2004).

Este trabalho tem como objetivo avaliar, em escala piloto (fotorreator) e de laboratório (mesa agitadora), a redução da carga orgânica, em termos de DQO, e a cor do lixiviado do aterro sanitário metropolitano de João Pessoa, através de testes de fotocatalise solar heterogênea utilizando o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram realizados testes de laboratório (dados não apresentados) para definição da condição operacional no fotorreator. Com base nos resultados do Teste 1, optou-se em realizar um novo teste, mas em escala de laboratório novamente, para melhorar as variáveis operacionais da fotocatalise heterogênea introduzindo a adição de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) em pequenas concentrações.

### Teste 1: Fotorreator

No dia 27 de março de 2014 o teste teve início, colocando-se 35 L de lixiviado com pH 5 e concentração de 0,05 g/L de dióxido de titânio (ENOVIX). As condições foram definidas previamente por meio de um planejamento fatorial 2<sup>3</sup> com ponto central em triplicata, considerando-se as variáveis intervenientes do processo.

A acidificação ocorreu no reator com o pHmetro KASVI. As amostras foram retiradas após 1, 2, 3, 6 e 24h.

Transcorrido o tempo de cada amostra, a DQO foi determinada com base no Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias (Silva e Oliveira, 2011). A eficiência (E) do processo foi determinada pela equação 1.

$$E (\%) = \frac{DQO_{inicial} - DQO_{final}}{DQO_{inicial}} \times 100 \quad (1)$$

Para avaliar a eficiência do processo, a varredura das amostras foi realizada no espectrofotômetro Agilent 8453. Em seguida, foi determinado o número de cor (NC) pela equação 2. Para isso, foi necessário determinar o coeficiente de absorção espectral (SAC) calculado pela divisão entre a absorbância nos comprimentos de onda (Abs) de 436, 525 e 620 nm e a espessura (l) de uma célula (Primo *et al*, 2008). A eficiência da remoção da cor foi determinada pela equação 3.

$$NC = \frac{SAC_{436}^2 + SAC_{525}^2 + SAC_{620}^2}{SAC_{436} + SAC_{525} + SAC_{620}} \quad (2)$$

$$Descoloração (\%) = \left( \frac{NC_{inicial} - NC_{final}}{NC_{inicial}} \right) \times 100 \quad (3)$$

### Teste 2: Laboratório

Neste teste houve um planejamento fatorial 2<sup>3</sup> com ponto central em triplicata, sendo testada a adição do peróxido de hidrogênio no processo. Na tabela 1 encontram-se as variáveis e os níveis estudados. Os experimentos foram realizados no dia 30 de junho de 2014, colocando-se 100 ml de lixiviado em exposição ao sol por três horas nas condições estabelecidas com base em testes anteriores (dados não apresentados). A agitação foi realizada a 100 rpm por meio da mesa agitadora Marca Orbital SL 180/D.

**Tabela 1 – Variáveis e níveis estudados do planejamento fatorial.**

VARIÁVEIS	NÍVEIS		
	Inferior (-)	Central (0)	Superior (+)
TiO <sub>2</sub> (mg/L)	50	20	35
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg/L)	0	20,5	41,0
pH	5	7	9

A adição do peróxido de hidrogênio foi realizada para evitar recombinação da lacuna  $h^+/h^-$ , relatado como um dos interferentes desse processo (Teixeira e Jardim, 1998). As concentrações de peróxido de hidrogênio foram estimadas para representarem cerca de 3 e 6% do valor necessário para estabilizar a DQO do lixiviado, determinado por estequiometria.

A eficiência do processo foi avaliada seguindo a metodologia do Teste 1 (equações 1, 2 e 3).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teste 1: Fotorreator

A DQO apresentou decaimento após a segunda hora de exposição ao sol, alcançando uma eficiência de 9,61%. Depois, houve aumento seguido de uma redução e novamente aumento da DQO. A eficiência final do processo foi de 7,10%.

Na figura 1 é possível observar que durante o experimento houve um aumento da DQO, o que ocasionou em eficiência negativa. Este fato foi observado em testes anteriores realizados em escala de laboratório, em que foi utilizado o planejamento fatorial. Tal comportamento pode ser justificado pela possível recombinação de compostos, resultando em compostos que podem ter contribuído para elevação da coloração do lixiviado e DQO (MELO *et al.*, 2013).

A baixa eficiência pode ser devido à elevada concentração de compostos, impedindo a formação do radical hidroxila. Schneider *et al.* (2014) também constataram baixa eficiência da fotocatalise heterogênea utilizando o dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) quando aumentaram a concentração da bentazona.

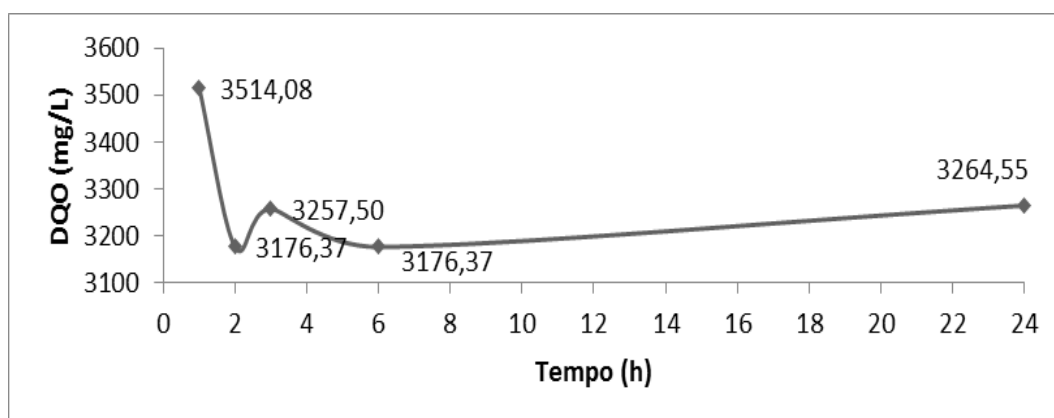


Figura 1 – Comportamento da DQO ao longo do tempo no fotorreator.

Já em relação a descoloração, percebeu-se que as duas primeiras eficiências foram negativas em relação à primeira hora de exposição, indicando a formação de novos compostos que possivelmente absorvem mais energia e consequentemente interferiram na cor do efluente ao longo do tempo (Tabela 2). As duas últimas apresentaram eficiências positivas, mas com valores pouco significativos.

Tabela 2 – Eficiência na descoloração do lixiviado de aterro sanitário.

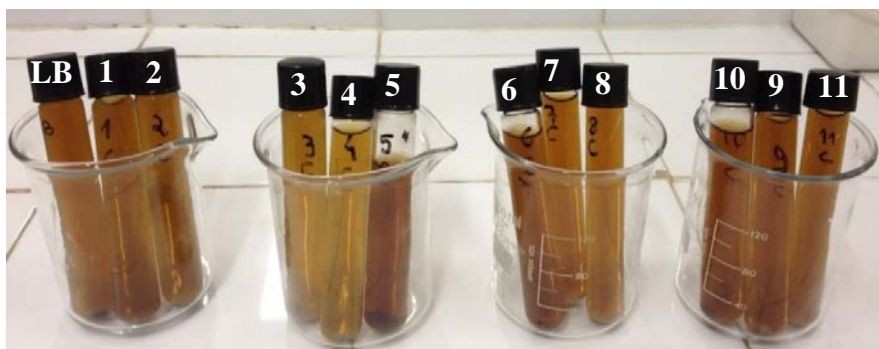
Amostra	Eficiência (%)
Após 1h	-
Após 2h	-2,596
Após 3h	-0,402
Após 6h	3,215
Após 24h	2,299

Analisando as duas variáveis respostas (DQO e cor), observou-se que as mesmas não apresentaram sempre a mesma tendência. Isto é, uma redução de DQO não resulta consequentemente na descoloração da amostra. Este fato foi constatado na segunda hora do teste em relação à primeira e, na segunda hora em relação à terceira hora de exposição.

Teste 2: Laboratório (mesa agitadora)

Tendo em vista a baixa eficiência apresentada, buscou-se aumentar a eficiência do processo com a adição do peróxido de hidrogênio.

Algumas amostras apresentaram descoloração em relação à amostra bruta (LB), como é possível ver na figura 2.



**Figura 2 – Amostras centrifugadas após o processo fotocatalítico solar em escala de laboratório.**

Em termos de DQO, ao analisar os valores em relação ao lixiviado bruto (DQO 3845,55 mg/L O<sub>2</sub>) observou-se que houveram resultados positivos, mas foram valores inferiores a 10%, independente da adição ou não do peróxido (Tabela 3). A eficiência máxima foi de 8,18% no experimento 7.

**Tabela 3 – Eficiências da DQO das amostras do planejamento fatorial após processo fotocatalítico.**

Amostras	Eficiência (%)
1	-0,20
2	-0,85
3	1,16
4	3,46
5	7,00
6	5,17
7	8,18
8	5,82
9	6,05
10	-1,91
11	5,70

Na tabela 4, encontram-se a eficiência de redução da cor das amostras. Analisando os valores obtidos, destaca-se o experimento 3 (0,05 g/L de  $\text{TiO}_2$ , 41 mg/L de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e pH 5) como o ensaio que apresentou a maior percentual de descoloração, aproximadamente 19%.

Também foi possível constatar uma intensificação da coloração em algumas amostras como observado no teste no fotorreator, neste caso, como exemplo, a amostra 5 que apresentou a menor eficiência com valor negativo igual a -21,91%.

**Tabela 4 – Eficiência na remoção da cor das amostras.**

Amostra	Descoloração (%)
1	-8,43
2	-2,83
3	18,97
4	18,49
5	-21,91
6	-5,73
7	6,66
8	13,51
9	-0,40
10	-4,65
11	-1,43

Costa *et al.* (2013) investigaram as mesmas variáveis para a degradação do lixiviado de aterro sanitário. Desconsiderando a variável resposta, os valores de eficiência apresentaram conformidade com os autores no que tange a baixa eficiência e, conseqüentemente, a inviabilidade deste tratamento para o efluente. Contudo, as melhores condições são divergentes, uma vez que o melhor resultado foi em pH 5, diferentemente dos autores que encontraram em pH 7.

## CONCLUSÕES

Em escala piloto, a redução de DQO obteve-se uma eficiência baixa, inferior a 10%, em 2 horas de reação. Por outro lado, a descoloração apenas apresentou resultados negativos.

Em escala laboratorial, a maior eficiência de descoloração foi alcançada nas condições de 50 mg/L de  $\text{TiO}_2$ , 41 mg/L de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e pH 5 (amostra 3), cujo valor foi igual a 18,97%. Em relação a DQO, a maior redução (8,18%) foi nas condições 50 mg/L de  $\text{TiO}_2$ , 82 mg/L de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e pH 9 (amostras 7).

Em ambos testes, foi observado que DQO e a coloração nem sempre estão relacionadas diretamente. Algumas amostras apresentaram eficiências negativas, indicando formação de compostos que conferem cor ao lixiviado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COSTA, M. P.D.; PANCOTTO, J. V. S.; ALCÂNTARA, M. A. K.; CAVALCANTI, A. S.; GUIMARÃES, O. L. C.; IZÁRIO FILHO, H. J. *Combinação de Processos Oxidativos Fotoirradiados por Luz Solar para Tratamento de Percolado de Aterro Sanitário: Catálise Heterogênea ( $\text{TiO}_2$ ) Versus Catálise Homogênea ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )*. *Ami-Agua, Taubaté*, v. 8, n. 1, p. 290-306, 2013.
2. GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17, p. 1503-1510, 2012.
3. KAMMRADT, P. B. *Remoção de cor de efluentes de tinturarias industriais através de processo de oxidação avançada*. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2004.

4. MELO, M. M. M.; LUCENA, L. G. ; ROCHA, E. M. R. Estudo das variáveis interferentes no processo de fotocatalise heterogênea ( $\text{TiO}_2/\text{UV}$ ) no tratamento de lixiviados de aterros sanitários visando a proteção dos corpos hídricos. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.
5. PRIMO, O.; RIVERO, M.J.; ORTIZ, I. *Photo-Fenton Process as an Efficient Alternative to the Treatment of Landfill Leachates*. Journal of Hazardous Materials. 153, 834–842, 2008.
6. SCHNEIDER, M. V.; ROSA, M. F.; LOBO, V. S.; BARICCATTI, R. A. *Degradação Fotocalítica de Bentazona com  $\text{TiO}_2$* . Eng. Sanit. Ambiental, Vol.19, No.1, 61-66, 2014.
7. SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. *Manual de análises físico-químicas de água de abastecimento e residuárias*. Campina Grande: O Autor, p. 266, 2011.
8. TEIXEIRA, C. P. A. B., JARDIM, W. F. Processos Oxidativos Avançados: Conceitos teóricos. Apostila do Laboratório de Química Ambiental. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2004.