

ANÁLISE DA REMOÇÃO DE TURBIDEZ E FÓSFORO DE LIXIVIADO POR ESPUMA DE POLIURETANO

LUÍSA ANGELO DOS ANJOS¹; CAROLINA FACCIIO DEMARCO²; ROBSON ADREAZZA³

¹Universidade Federal de Pelotas – luisaangelo22@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – carol_demarco@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – robsonandreazza@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional exponencial juntamente com a produção e consumo de insumos e bens vem evidenciando cada vez mais os desafios do manejo e disposição dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. Dados levantados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022) apontam que durante o ano de 2022 o brasileiro produziu 81,8 milhões de toneladas de resíduos no total, sendo que destes, 39% (29,7 milhões de toneladas) tiveram destinação final inadequada.

O lixiviado é um líquido escuro e tóxico formado por um processo complexo do fluxo de águas e a ação de microrganismos nos aterros, necessitando de tratamento adequado para poder ser devidamente reinserido no meio e no ciclo hidrológico (ABDEL-SHAIFY et al., 2023). O Fósforo (P) pode ser encontrado nos efluentes como fosfato na forma inorgânica, sendo um dos principais agentes causadores de sérios problemas ambientais como a eutrofização dos corpos hídricos, quando presente em quantidades exacerbadas (FUJIOKA, 2020).

Assim, o objetivo deste estudo é produzir um material inovador para a descontaminação ambiental: uma espuma de PU carregada com Óxido de Ferro (III), para a remoção de turbidez e P de amostras de lixiviado do aterro sanitário do município de Candiota/RS.

O mecanismo de remoção realizado pela espuma – e diversos outros materiais bastante difundidos na literatura, como o carvão ativado, argilas e turfa – é a adsorção, um processo que realiza a transferência de “local” de um adsorvato, que se acumula na superfície do material denominado adsorvente, concretizando a transferência de massa, e cumprindo o principal objetivo do processo: separar os componentes dos fluidos (ALMEIDA et al., 2019).

2. METODOLOGIA

Os materiais, dosagens e metodologia utilizados foram baseados e adaptados no trabalho de DELUCIS (2018), com a utilização do método de expansão livre. No primeiro momento, no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, foram montadas formas de madeira quadradas forradas com papel pardo como agente desmoldante. Os materiais utilizados foram o óleo de mamona, glicerina P.A ($C_3H_5(OH)_3$), e óleo de silicone como polióis; a água destilada como agente expensor; o etilenoglicol ($HOCH_2CH_2OH$) como extensor de cadeia; o Óxido de Ferro (III) como carga; o MDI (Isotane DM) como diisocianato e a amina (N-Benzildimetilamina) como catalisador.

A Figura 1 ilustra as etapas do processo de mistura em detalhes. Após a mistura, e terminada a expansão da espuma, a forma foi levada a uma sala com controle de temperatura e umidade, onde descansou por 24 horas. A seguir, o PU

foi levado ao Laboratório de Análise de Águas e Efluentes, onde foi desenformado e pós-curado a 60 °C durante 2 horas em uma estufa. A espuma foi armazenada no local por 2 semanas em temperatura, pressão e umidade ambientes, antes de ser cortada em cubos de aproximadamente 1 cm³.



Figura 1: Método de expansão livre para PU. Fonte: DELUCIS, 2018.

Para o cálculo da densidade aparente (D) da espuma foi feita a divisão da sua massa pelo seu volume, conforme a Equação 1.

$$D = \frac{m}{V} \quad (\text{Equação 1})$$

Para a análise da microscopia ótica da espuma foi utilizado o Microscópio Biológico Olympus modelo CX41. Todas as análises de adsorção foram realizadas no equipamento Jar Test modelo JT102 da marca Milan na velocidade de 70 rpm, em temperatura ambiente e em duplicata.

O lixiviado utilizado foi coletado e trazido em duas bombonas de 10 litros no mês de setembro do ano de 2022, do Aterro sanitário Metade Sul em Candiota-RS.

Foram feitos quatro tratamentos de 1L cada, sendo dos dois primeiros, um utilizando o lixiviado em seu estado bruto e 0,5 g de espuma (5 cubos) e o outro uma diluição de 10% e 0,5 g de espuma ambos com o pH original do lixiviado, de aproximadamente 7. Enquanto isso, dos dois segundos, um foi utilizado o lixiviado em seu estado bruto e 1,5 g de espuma (13 cubos), e o outro uma diluição de 10% e 1,5 g de espuma ambos com o pH ajustado para 4. Ademais, foram utilizadas placas de isopor nos recipientes do Jar Test, na busca de manter o PU submerso, aumentando a superfície de contato da reação.

Para a leitura da turbidez e do pH das amostras, as alíquotas de 3 mL foram diluídas em 10 mL de água destilada em tubos Falcon de 15 mL para possibilitar a leitura em triplicata nos aparelhos turbidímetro e pHmetro. A leitura foi feita em triplicata visto a grande variação observada durante a análise.

Para o cálculo da remoção de turbidez (R (%)) pela espuma produzida, foi utilizada a Equação 2, onde C_o é a concentração inicial da solução e C_e é a concentração da solução no equilíbrio.

$$R (\%) = \frac{C_o - C_e}{C_o} \cdot 100 \quad (\text{Equação 2})$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram utilizados 10 corpos de prova a partir dos quais se calculou a média dos seus valores de densidade e o desvio padrão entre eles, a fim de chegar ao valor de densidade aparente final, utilizando a Equação 1. O valor final obtido de D foi de 113,69 (kg/m³), com desvio padrão de 4,36. A densidade aparente de uma espuma de PU pode ser influenciada por fatores como a relação de mistura e proporção dos componentes, o teor de água, a adição de aditivos na mistura (surfactantes, agentes de expansão, cargas, etc.), o processo e os métodos de fabricação, dentre outros (SANT ANNA, 2008).

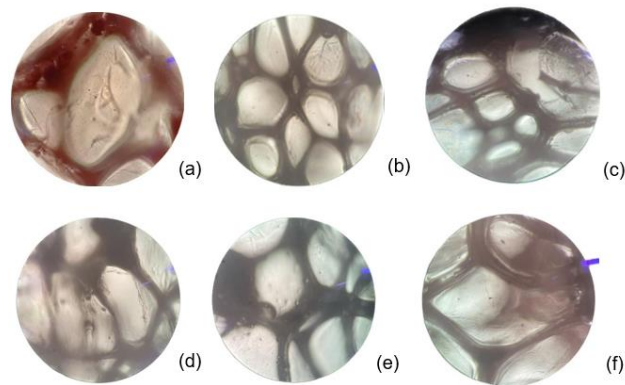


Figura 2: (a) Microscopia ótica de um corpo de prova da espuma de PU, em ampliação de 20x. (b), (c), (d), (e) e (f) Microscopia ótica de cinco corpos de prova diferentes das espumas de PU, em ampliação de 10x.

As células da espuma de PU apresentaram formato alongado (elíptico), com distribuição homogênea, como se observa na Figura 2, que apresenta os poros microcelulares da espuma de PU. A estrutura celular foi majoritariamente composta por células fechadas, orientadas na direção de expansão. DELUCIS (2018) sugere que estes aspectos indicam que houve a adequada formação da espuma.

A Figura 3 apresenta dois diferentes resultados: no (a) o gráfico das concentrações iniciais e finais (3h) de P do experimento e em (b) o gráfico da remoção de turbidez em função do tempo.

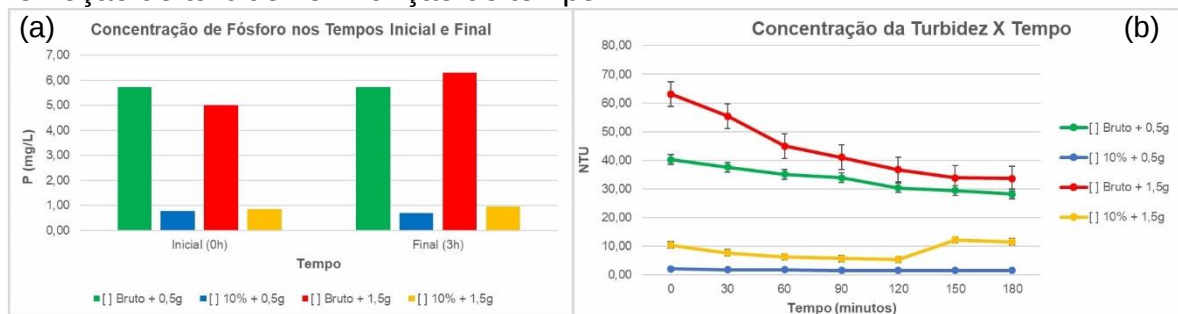


Figura 3: (a) Concentração de fósforo nos tempos inicial e final (b) Concentração da Turbidez em relação ao tempo.

Observa-se na comparação do tempo inicial e final na Figura 3 (a) que não foram obtidos valores satisfatórios de remoção de P. Com exceção ao tratamento com lixiviado bruto e 1,5 g de espuma, que obteve 0,17% de eficiência de remoção de P, todos os outros tratamentos não chegaram a eficiências acima de 0%. Esses resultados podem ter ocorrido pela precipitação do P no próprio lixiviado utilizado no estudo, caracterizado inicialmente com apenas 5,87 mg/L de P, possivelmente devido as condições inadequadas de armazenamento da amostra, pelo fenômeno de liberação secundária, que na ausência de ácidos voláteis pode atrapalhar a remoção (GATTI, 2013).

Por outro lado, na Figura 3 (b) observa-se que os tratamentos que obtiveram maior remoção da turbidez foram os com o lixiviado bruto e 1,5 g de adsorvente, seguido do que usou 0,5 g. As eficiências de remoção observadas a partir do uso da Equação 2 foram de 46,75% e 29,89%, respectivamente. Os tratamentos realizados em 10% de concentração de lixiviado, por outro lado, apresentaram uma eficiência de remoção menor: o teste com 0,5 g de espuma obteve 27,88%, enquanto o com 1,5 g de espuma não chegou a valores acima de 0% de remoção de turbidez.

Em todos os tratamentos houveram pequenas variações no pH em relação ao tempo: de 7,95 a 8,2 para bruto + 0,5 g; 7,2 a 7,6 para 10% + 0,5 g; 4 a 4,25 para bruto + 1,5 g; e 4 a 4,75 para 10% + 1,5 g. Isto pode ser explicado pela formação de íons H^+ na solução durante a reação (NABIÇO, 2018).

4. CONCLUSÕES

A espuma apresentou propriedades bastantes promissoras quanto a densidade aparente, com valor relativamente alto em comparação a outras espumas vistas na literatura, enquanto a microscopia ótica indicou que houve uma boa formação do polímero.

Além disso, o PU desenvolvido no presente estudo tem potencial para ser utilizado em processos de remoção de turbidez de lixiviado, com a condição ideal da utilização de 1,5 g de adsorvente, pH ácido (aproximadamente 4) e o lixiviado em seu estado bruto.

Por outro lado, não foram obtidos altos valores de remoção de P. Mais estudos podem ser desenvolvidos para uma obter maior eficiência.

A partir do presente estudo sugere-se experimentar diferentes quantidades de aditivos, composições e cargas na espuma, buscando obter as qualidades necessárias para a remoção de turbidez, adsorção de P e outros contaminantes como os metais pesados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-SHAFY, H. I. et al. Landfill leachate: Sources, nature, organic composition, and treatment: An environmental overview. **Ain Shams Engineering Journal**, p. 102293, 2023.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022**. Local. Acessado em 19 set. 2023. Online. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>.

ALMEIDA, J. C. et al. Chromium removal from contaminated waters using nanomaterials—a review. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 118, p. 277-291, 2019.

DELUCIS, Rafael de Ávila. **Efeito da incorporação de resíduos de base florestal em propriedades de bioespumas rígidas de poliuretano**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

FUJIOKA, A. M. A. et al. Avaliação da eficiência da remoção de nitrogênio e fósforo em lagoas de estabilização no tratamento de lixiviado e esgoto sanitário. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 12049-12058, 2020.

GATTI, Raphael Augusto Ferreira. **Avaliação da remoção orgânica e nitrogenada de reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo para o tratamento de efluente bovino**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão PR. Paraná. 2013.

NABIÇO, Carlos André Gonçalves Baptista. **Processo de adsorção de ácido clorídrico em carvões activados: Efeito do pH da solução e da dureza da água**. Tese de Doutorado (Engenharia Química e Bioquímica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 2013.

SANT ANNA, Sabrina Sá e. **Utilização de um rejeito da fabricação do alumínio como carga inorgânica em espumas flexíveis de poliuretano**. Tese de Doutorado (Pós-Graduação Em Química) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Minas Gerais, 2008.