

## Estudo da potencialidade da fotólise para tratamento de efluente hospitalar

### Study of the potential of photolysis for treating hospital effluent

Thiago Damasio Malfatti<sup>1</sup>, Laís Montagnini de Brito<sup>2</sup>, Adriane Martins de Freitas<sup>3</sup>, Karina Querne de Carvalho Passig<sup>4</sup>, Marcus Vinicius de Liz<sup>5</sup>

#### RESUMO

Os poluentes, como no caso de fármacos, apresentam potencial danoso ao meio ambiente e aos seres humanos. Essa preocupação ocorre devido ao aparecimento de bactérias resistentes a medicamentos, como no caso da *Mycobacterium tuberculosis*, que aumenta a gravidade da doença e diminui as chances de recuperação. Visto que os efluentes hospitalares apresentam grande concentração de fármacos e microrganismos patogênicos que são direcionados para a rede pública de coleta, a busca por tratamentos capazes de diminuir a concentração de fármacos e dos microrganismos são de grande interesse. Utilizando a fotólise como tratamento para o efluente hospitalar misturado com efluente sintético, 75% e 25% respectivamente, os parâmetros físico químicos apresentaram melhora, sendo o período de 3 horas com maior redução, porém para a fitotoxicidade com *Lactuca sativa*, os resultados apresentaram toxicidade de baixa a moderada e de alto a baixo índice de germinação, conforme maior o período de fotólise, menores foram os índices de germinação, podendo significar a presença de subprodutos com maior toxicidade com o decorrer da exposição a luz.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fármacos; Processos oxidativos avançados; Toxicidade.

#### ABSTRACT

Pollutants, as in the case of pharmaceuticals, have potential harm to the environment and human beings. This concern occurs due to the emergence of drug-resistant bacteria, as in the case of *Mycobacterium tuberculosis*, which increases the severity of the disease and reduces the chances of recovery. Since hospital effluents have a high concentration of drugs and pathogenic microorganisms that are directed to the public collection network, the search for treatments capable of reducing the concentration of drugs and microorganisms is of great interest. Using photolysis as a treatment for hospital effluent mixed with synthetic effluent, 75% and 25% respectively, the physical-chemical parameters showed improvement, with the 3 hours showing the greatest reduction, however for phytotoxicity with *Lactuca sativa*, the results showed toxicity from low to moderate and from high to low germination rates, the longer the photolysis period, the lower the germination rates, which could mean the presence of by-products with greater toxicity during exposure to light.

**KEYWORDS:** Pharmaceuticals; Advanced oxidative processes; Toxicity.

## INTRODUÇÃO

<sup>1</sup> Voluntário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: thiagomalfatti@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 6102791720653803.

<sup>2</sup> Bolsista do CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: laisbrito@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 4313879001974653.

<sup>3</sup> Docente do Departamento de Química e Biologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: adrianeffreitas@utfpr.edu.br. ID Lattes: 0004273272645453.

<sup>4</sup> Docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: kaquerne@utfpr.edu.br. ID Lattes: 8055585859691419.

<sup>5</sup> Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: marcusliz@utfpr.edu.br. ID Lattes: 6959317686443946.

A preocupação por parte de organizações e pesquisadores, acerca do efluente hospitalar ser direcionado para a rede coletora de esgoto sem tratamento prévio, está relacionada com descobertas como no caso da resistência a medicamentos em *Mycobacterium tuberculosis* (CROFTON et al., 1948).

Em pesquisas realizadas pela OMS, foi apresentado um panorama alarmante no Relatório global antimicrobiano e sistema de vigilância de uso Antimicrobiano (GLASS, na sigla em inglês), publicado em 2022, relacionado à resistência de bactérias causadoras de sepse e nas bactérias que causam infecções comuns, sendo observada por pesquisadores ao redor do mundo.

Nesse contexto, a Organização das Nações Unidas (ONU), realizou uma pesquisa em 2019 que chegou ao resultado de que até 2050, 10 milhões de pessoas no mundo poderão morrer por ano devido a doenças resistentes a medicamentos. Atualmente os óbitos causados por doenças que não respondem a remédios chegam a 700 mil por ano.

Como trabalhos da literatura relatam baixa eficiência dos reatores biológicos, usados mundialmente no tratamento de esgoto domésticos, para a remoção de fármacos (Queiroz, 2012), tem sido cada vez mais comum estes serem detectados na entrada e na saída de estações de tratamento de esgotos, em águas superficiais e até mesmo em água potável.

Uma técnica bastante pesquisada em soluções aquosas tem sido a aplicação dos Processos Oxidativos Avançados para tratamento de fármacos (Amiel, 2019), com alguns trabalhos avaliando sua degradação em esgoto doméstico utilizando diferentes tipos de POA, porém poucas avaliações em efluentes hospitalares.

Com o objetivo de comparar a eficiência de tratamento de efluentes hospitalares por Processos Oxidativos Avançados e reatores tipo UASB, um efluente hospitalar foi misturado a um efluente sintético, preparado em laboratório, utilizando a proporção de 75% e 25%, respectivamente. A eficiência no processo de tratamento foi avaliada por parâmetros físico-químicos e por ensaios de toxicidade com sementes de *Lactuca sativa*.

## METODOLOGIA

O efluente hospitalar coletado em um hospital da região metropolitana de Curitiba foi mantido em freezers até sua utilização, sendo descongelado e equilibrado com a temperatura ambiente para, posteriormente, ser misturado a um efluente sintético, preparado em laboratório, utilizando a proporção de 75% e 25%, respectivamente.

O efluente sintético foi preparado segundo Torres et al. (1992), apresentado na Tabela 1.

Utilizando uma câmara equipada com lâmpada de alta pressão de vapor de mercúrio (125 W), o efluente foi colocado em reator de vidro, com agitação constante por agitador magnético, e a lâmpada foi mergulhada na amostra protegida por bulbo de quartzo (Figura 1).

Para a fotólise, foram utilizados os seguintes tempos de análise, 1, 2, 3 e 4 horas, sendo avaliado nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, demanda química de oxigênio (DQO), ortofosfato, alcalinidade e ácidos voláteis, fitotoxicidade com *Lactuca sativa* (RODRIGUES-SILVA et al., 2022).

A avaliação de toxicidade foi realizada pelo índice de crescimento relativo (ICR) (YOUNG et al., 2012), onde os resultados são classificados como: inibição de crescimento das radículas (ICR < 0,8), sem efeito toxicológico (0,8 > ICR > 1,2), e

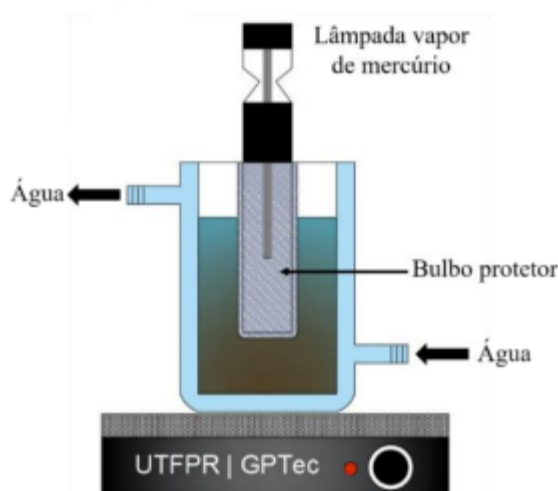
estímulo de crescimento das radículas ( $ICR > 1,2$ ). Também foi utilizado o índice de germinação (IG), admitindo no mínimo 80% de germinação para o controle (Zocconi et al, 1981). Para a classificação da toxicidade, segundo Bagur-González et al. (2011), valores de alongamento de raiz de: 0 = sem toxicidade;  $0 > x \geq -0,25$  baixa toxicidade;  $-0,25 > x \geq -0,50$  toxicidade moderada;  $-0,50 > x \geq -0,75$  alta toxicidade;  $-0,75 > x \geq -1$  toxicidade muito alta.

**Tabela 1 - Composição do Efluente Sintético Utilizado junto ao efluente hospitalar.**

Substância	Concentração (g L <sup>-1</sup> )
Extrato de carne	0,2000
Amido solúvel P.A.	0,0100
Farinha de trigo	0,2000
Sacarose	0,0175
Cloreto de amônio P.A.	0,0510
Cloreto de sódio P.A.	0,2500
Cloreto de magnésio P.A.	0,0070
Cloreto de cálcio anidro P.A.	0,0045
Fosfato de potássio monohidratado P.A.	0,0264
Bicarbonato de sódio P.A.	0,2000

Fonte: Adaptação de Torres et al. (1992)

**Figura 1 - Reator fotoquímico utilizado para fotólise**



Fonte: RODRIGUES-SILVA et al., 2022

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos antes e após a fotólise estão dispostos nas Tabelas 2.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos do afluente e efluente após fotólise

Tempo	DQO <sup>1</sup>	Nitrogênio Amoniacal <sup>2</sup>	Nitrato <sup>3</sup>	Ortofosfato <sup>4</sup>	Alcalinidade	Ácidos voláteis
1 h	382,0	67,7	7,9	11,5	146,2	378,0
2 h	258,3	57,1	4,2	10,4	141,2	337,5
3 h	236,1	86,6	2,0	11,3	141,2	380,2
4 h	309,5	75,6	3,3	12,7	145,0	362,2
Bruto	377,0	25,7	0,5	10,2	145,2	339,0

Legenda: 1: DQO medido em  $\text{mg O}_2 \text{L}^{-1}$ ; 2: Nitrogênio amoniacal medido em  $\text{mgL}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_3$ ; 3: Nitrato medido em  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$ ; 4: Ortofosfato medido em  $\text{mgL}^{-1}$  de  $\text{PO}_4^{-3}$   
Fonte: Os autores, 2023

O tratamento pelo processo de fotólise, na DQO, apresentou resultado positivo, com a maior redução de 37%, no período de 3 horas.

Para nitrogênio amoniacal, ocorreu aumento, visto que a fotólise provoca a decomposição da matéria orgânica, demonstrando o potencial da fotólise, como visto em Sá (2021).

Na determinação de nitrato, o menor valor obtido foi no período de 3 horas, sendo este o tempo que apresentou maior eficiência na remoção, apresentando maior eficiência que Sá (2021).

Para o ortofosfato, o tratamento apresentou resultados próximos, não apresentando redução significativa, com resultados similares aos observados por Sá (2021).

No parâmetro de ácidos voláteis, os valores mais elevados expressam o aumento da degradação da matéria orgânica, como observado em 1 hora e 3 horas.

Os resultados obtidos para fitotoxicidade com *Lactuca sativa* estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da fitotoxicidade com *Lactuca sativa*

	Média ER	ER	IG (%)	IC R	Toxicidade
Controle	2,4 (1,6)	—	—	—	—
1 hora	2,0 (0,5)	-0,17	96,0	1,1	Baixa
2 horas	1,7 (0,5)	-0,29	81,9	0,7	Moderada
3 horas	1,6 (0,4)	-0,33	77,5	0,7	Moderada
4 horas	1,3 (0,8)	-0,27	61,6	0,7	Moderada

Fonte: Os autores, 2023.

A partir da análise, foi constatada a inibição da germinação para fotólise de 3 e 4 horas, obtendo IG inferiores a 80% e inibição de crescimento da radícula para fotólise de 2, 3 e 4 horas, apresentando valores inferiores a 0,8.

Com o aumento do período de fotólise, o índice de germinação foi diminuindo, possivelmente representando o aumento de substâncias inibidoras, que pode ser ocasionado por subprodutos formados (RODRIGUES-SILVA et al., 2022).

## CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos após a fotólise verifica-se o potencial de redução da matéria orgânica, como observado pela diminuição da DQO e o aumento do nitrogênio amoniacal. Outros parâmetros físico-químicos que apresentaram potencial de degradação foram o nitrato e nitrito, que no período de 3 horas de fotólise apresentaram redução significativa. Porém, para o ortofosfato, não foi obtida redução. Verifica-se uma baixa capacidade da fotólise em promover uma mineralização mais efetiva do processo.

A fitotoxicidade com lactuca sativa, constatou a inibição da germinação após realização da fotólise. Com relação ao índice de crescimento relativo (ICR), foi observado maior crescimento na fotólise após 1 hora de tratamento, e posterior redução no ICR levando em consideração tempos de tratamento maiores. Esses resultados podem estar relacionados com uma possível formação de subprodutos tóxicos, sendo necessário novas análises quanto aos compostos formados para uma conclusão mais precisa.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e aos Laboratórios Multiusuários de Análises Químicas (LAMAQ) e Análises Ambientais (LAMEAA) pelas análises.

## Conflito de interesse

Não há conflitos de interesse.

## REFERÊNCIAS

AMIÉL L. V. **Panorama do Tratamento de Efluentes de Indústria Farmacêutica**. UFRJ. 2019. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/12389/1/LVAmiel.pdf>. Acesso em: 28 de julho de 2023.

CROFTON, J. *et al.* Streptomycin Resistance in Pulmonary Tuberculosis. **British Medical Journal**. v. 2, 1009-1015, 1948. DOI 10.1136/bmj.2.4588.1009. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.2.4588.1009>. Acesso em: 28 de julho de 2023.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Relatório aponta maior resistência de bactérias a ação de antibióticos**. Publicado em: 12 de dezembro de 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/211154-relat%C3%B3rio-aponta-maior-resist%C3%A2ncia-de-bact%C3%A9rias-a-a%C3%A7%C3%A3o-de-antibi%C3%B3ticos>. Acesso em: 28 de julho de 2023.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Doenças resistentes a medicamentos poderão causar 10 milhões de mortes por ano no mundo**. Publicado em: 30 de abril de 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83018-doen%C3%A7as-resistentes-medicamentos-poder%C3%A>

A3o-causar-10-milh%C3%B5es-de-mortes-por-ano-no-mundo. Acesso em 28 de julho de 2023.

QUEIROZ F. B. et al. Occurrence of pharmaceuticals and endocrine disruptors in raw sewage and their behavior in UASB reactors operated at different hydraulic retention times. **Water Sci Technol**. v. 66, p. 2562-2569, 2012. DOI 10.2166/wst.2012.482. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2012.482>. Acesso em: 28 de julho de 2023.

RODRIGUES-SILVA, F. et al. Removal of micropollutants by UASB reactor and post-treatment by Fenton and photo-Fenton: Matrix effect and toxicity responses. **Environmental Pollution**, v. 212, setembro, 2022. DOI 10.1016/j.envres.2022.113396. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113396>. Acesso em: 28 de julho de 2023.

SÁ R. D. **Avaliação do tratamento de efluente de estabelecimento de apoio à saúde através de reator anaeróbio e processos oxidativo avançado**. 2021. 117 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/28158/1/tratamentoeffluenteapoiosaude.pdf>. Acesso em: 28 de julho de 2023.

TORRES, P. **Desempenho de um reator anaeróbio de manta de lodo (uasb) de bancada no tratamento de substrato sintético simulando esgotos sanitários**. 1992. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000735964>. Acesso em: 28 de julho de 2023.

YOUNG, B. J. et al. Ecotoxicology and environmental safety toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 76, p. 182-186, 2012. DOI 10.1016/j.ecoenv.2011.09.019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.09.019>. Acesso em: 28 de julho de 2023.

ZUCCONI, F. et al. Evaluating toxicity of immature compost. **Biocycle**, v. 22, 54-57, 1981. Disponível em: <https://www.scienceopen.com/document?vid=d003a586-348f-4d40-b89d-24d98889ac5e>. Acesso em: 28 de julho de 2023.