

FOTO-REATORES: UMA REVISÃO PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES

GUILHERME PEREIRA SCHOELER¹; PIERRE LUZ DE SOUZA²;
NICOLE FERNANDES DA SILVA³; RUBIA FLORES ROMANI⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – gschoeler@outlook.com

²Universidade Federal de Pelotas – pierresouzals@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – nicolefernandes1995@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – fgrubia@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O tratamento de águas e efluentes é indispensável para reduzir a poluição ocasionada nos recursos hídricos (ANA, 2016), no entanto a presença de compostos não biodegradáveis em águas residuárias são de difícil remoção quando empregados os processos convencionais de tratamento de efluentes (Radjenovic, 2007; Flores, 2012).

Tem sido reportado que a utilização de Processos Oxidativos Avançados (POAs) no tratamento de efluentes líquidos associado ao uso da radiação solar, apresentam resultados interessantes, tanto em relação à sustentabilidade, pelo emprego de fontes renováveis de energia, mas também por conferirem resultados promissores na remoção de compostos recalcitrantes (Martínez-Huitle & Brillas, 2009; Starling, 2016; Brito e Silva, 2012; Queiroz et al, 2015).

Estudos de diversas configurações de reatores para o tratamento fotocatalítico têm sido desenvolvidos na Plataforma Solar de Almeria, na Espanha, no Instituto de Energia Solar, na Alemanha e na Universidade do Porto em Portugal (Cassano e Alfano, 2000; Malato et al, 2002; Vilar et al, 2011) os quais resultaram em importantes contribuições para o processo químico de tratamento, porém, ainda são necessários avanços quanto ao planejamento e dimensionamento dos reatores para difundir sua implementação (Fioreze et al, 2014).

Desta forma a utilização da radiação com POAs para o tratamento de efluentes ainda enfrenta questões técnicas quanto a viabilidade econômica do processo de forma a garantir sua aplicação em escala comercial (Gálvez e Rodríguez, 2003).

Portanto, o objetivo deste trabalho é realizar uma breve revisão dos foto-reatores solares disponíveis para tratamento de águas e efluentes.

2. METODOLOGIA

A revisão é um processo de busca, estudo e apresentação da área de conhecimento como forma de responder perguntas através de publicações relevantes ao tema questionado, esse método procura selecionar estudos e resultados fundamentando a tomada de decisão prática (UNESP, 2015).

Este trabalho utilizou de um estudo exploratório, por meio de uma revisão bibliográfica dos principais autores e trabalhos da área, de modo a fundamentar a escolha de um modelo para implementação e estudos futuros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil, tem grande potencial para tecnologias que utilizam a radiação solar, uma vez que a regiões brasileiras com a menor média de radiação solar

diária estão próximos aos valores dos países da Europa que desenvolvem e empregam, inclusive em larga escala, tecnologias solares (Pereira et al, 2006; Martins et al, 2012; Silva et al, 2016).

Segundo Spasiano et al (2015), os foto-reatores podem ser divididos em três diferentes tipos: *Non-concentrating collectors* (NCCs); *Parabolic trough collectors* (PTCs); *Compound parabolic collectors* (CPCs), estes modelos diferem muito dos reatores químicos clássicos de modo que sua geometria física garanta de forma eficiente a coleta da radiação solar, secundarizando parâmetros convencionais como temperatura, pressão e mistura.

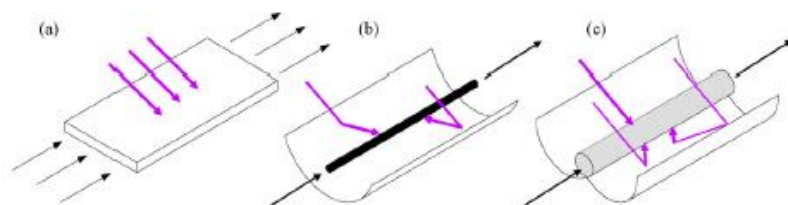


Figura 1. Configuração de reatores solares para tratamento de água. Fonte: Malato et al, 2009.

Os reatores do tipo NCC (Figura 1-a), são constituídos por uma placa, de vidro, metal ou pedra, inclinada ou plana, no qual o efluente flui (Spasiano et al, 2015), sendo estes modelos estáticos e não-rastreadores de energia solar (Gálvez e Rodríguez, 2003). A principal vantagem deste reator está no fato de capturar tanto a radiação direta quanto a difusa, além da aplicabilidade em pequena escala (Spasiano et al, 2015) com baixos custos (Malato et al, 2009). Segundo Malato et al (2009), a configuração de um foto-reator necessita ser resistente as intempéries e quimicamente inerte a radiação ultravioleta, desta forma, por terem partes abertas, reatores NCC são suscetíveis a perdas por evaporação e interferência da atmosfera (Spasiano et al, 2015). Restrições de turbulência e a necessidade de grandes áreas, também caracterizam algumas desvantagens dos reatores NCC, diminuindo sua eficiência e implementação em larga escala (Spasiano et al, 2015; Malato et al, 2009).

Os PTCs (Figura 1-b) foram desenvolvidos inicialmente nos Estados Unidos, em 1989, para aplicações térmicas. Este tipo de reator consiste em superfícies reflexivas, normalmente feitas de alumínio na qual concentram a radiação solar em um tubo transparente ao longo da linha parabólica (Spasiano et al, 2015) com necessidade de rastreamento solar (Gálvez e Rodríguez, 2003). Este tipo de configuração garante uma boa intensidade da radiação incidente, permitindo menores concentrações de foto catalisadores no sistema e dimensão relativamente pequena, no entanto devido a geometria, apenas a radiação direta é coletada, inviabilizando o uso em dias nublados (Spasiano et al, 2015; Malato et al, 2009).

Já os reatores CPC (Figura 1-c) são coletores estacionários, com superfície parabólica reflexiva em torno de tubo cilíndrico transparente (Spasiano et al, 2015), onde o refletor consiste em duas meias parábolas que se interceptam abaixo do tubo permitindo uma incidência de luz no tubo cilíndrico (Albel-Maksoud et al, 2016) sem apresentar zonas escuras (Castro et al, 2014).

Este tipo de reator é um “cruzamento” entre os modelos NCC e PTC sendo uma das melhores opções para a aplicação em reações fotocatalíticas solares, pelo fato de sua inclinação e configurações coletarem quase toda radiação que incide na área de cobertura (Gálvez e Rodríguez, 2003; Keane et al, 2014). Estes reatores também não necessitam de rastreamento solar, não possuem perda por

evaporação e possuem alta eficiência para manter o fluxo turbulento no tubo (Malato et al, 2009).

Keane et al (2014) apontam que em larga escala os foto-reatores CPC são os mais promissores, uma vez que em testes de bancada têm apresentado resultados positivos na desinfecção e desintoxicação de águas, além de possuírem baixo impacto ambiental e tecnologia acessível.

A área irradiada do coletor CPC garante um papel fundamental para desativar bactérias presentes nas águas e efluentes (Fernandez et al, 2005), e na mineralização de compostos recalcitrantes (Queiroz et al, 2015).

4. CONCLUSÕES

Diante dos autores consultados, a melhor escolha para aproveitamento da radiação solar e a aplicação de processos fotoquímicos é o reator na configuração *Compound parabolic collectors* (CPC). Com base nisso, é possível seguir com os estudos com o objetivo de projetar um foto-reator CPC para complementar o tratamento de efluentes e ou águas, que atendam ao desafio de remoção de compostos não-biodegradáveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-MAKSoud, Y. IMAM, E. RAMADAN, A. TiO₂ Solar Photocatalytic Reactor Systems: Selection of Reactor Design for Scale-up and Commercialization—Analytical Review. **Catalyst**, v.138, n.6, p.1-26, 2016.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos**: Informe 2016. Brasil: Brasília, 2016.
- BRITO, N. N. SILVA, V. B. M. Processo oxidativo avançado e sua aplicação ambiental. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.1, n.3, p. 36-47, 2012.
- CASSANO, A. E. ALFANO, O. M. Reaction engineering of suspended solid heterogeneous photocatalytic reactors. **Catalysis Today**, v. 58, p.167-197, 2000.
- CASTRO, L. A. S. MARCELINO, R. B. P. STARLING, M. C. AMORIM, C. C. LEÃO, M. M. D. Foto reator solar para remoção de poluentes e desinfecção de água: critérios de projeto e montagem. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Engenharia Química, 2014, p.1-9.
- FERNANDEZ, P. BLANCO, J. MALATO, S. Water disinfection by solar photocatalysis using compound parabolic collectors. **Catalysis Today**, v. 101, p. 345-352, 2005.
- FIGUEIREDO, M. SANTOS, E. P. SCHMACHTENBERG, N. Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v.18, n.1, p.79-91, 2014.
- FLORES, R. G. **Catalisadores e adsorventes produzidos a partir da drenagem ácida de mina de carvão e aplicação ao tratamento de efluentes líquidos** 2012. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de pós-graduação em Engenharia Química. UFSC, Florianópolis.
- GÁLVEZ, J. B. RODRÍGUEZ, S. M. **Solar detoxification**: Renewable Energies series. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2003, 187p.

- KEANE, D. A. MCGUIGAN, K. G. IBÁÑEZ, P. F. POLO-LOPEZ, M. I. BYRNE, J. A. DUNLOP, P. S. M. O'SHEA, K. DIONYSIOU, D. D. PILLAI, S. C. Solar photocatalysis for water disinfection: materials and reactor design. **Catalysis Science and Technology**, v. 4, p.1211-1226, 2014.
- MALATO, S. FERNÁNDEZ-IBÁÑEZ, P. MALDONADO, M. I. BLANCO, J. GERNJAK, W. Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends. **Catalysis Today**. v.147, p.1-59, 2009.
- MALATO, S. BLANCO, J. VIDAL, A. RICHTER, C. Photocatalysis with solar energy at a pilot-plant scale: an overview. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 37, p. 1-15, 2002.
- MARTINS, F. R. ABREU, S. L. PEREIRA, E. B. Scenarios for solar thermal energy applications in Brazil. **Energy Policy**, v. 48, p. 640-649, 2012.
- MARTÍNEZ-HUITLE, C. A. BRILLAS, E. Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: A general review. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 87, n. 3, p. 105-145, 2009.
- PEREIRA, E. B. MARTINS, F. R. ABREU, S. L. D. RUTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.
- QUEIROZ, M. T. A. SABARAM, M. G. ALVIM, L. B. QUEIROZ, C. A. LEÃO, M. M. D. AMORIM, C. C. A brief review on the importance use of solar energy in the treatment of recalcitrant effluents applying advanced oxidation processes. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n.4, p.703-724, 2015.
- RADJENOVIC, J. PETROVIC, M. BARCELÓ, D. Advanced mass spectrometric methods applied to the study of fate and removal of pharmaceuticals in wastewater treatment. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 26, n. 11, 2007.
- SILVA, T. F. C. V. FONSECA, A. SARAIVA, I. BOAVENTURA, R. A. R. VILAR, V. J. P. Scale-up and cost analysis of a photo-Fenton system for sanitary landfill leachate treatment. **Chemical Engineering Journal**, v. 283, p. 76-88, 2016.
- SPASIANO, D. MAROTTA, R. MALATO, S. FERNANDEZ-IBÁÑEZ, P. SOMMA, I. D. Solar photocatalysis: Materials, reactors, some commercial, and pre-industrialized applications. A comprehensive approach. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 170, p.90-123, 2015.
- STARLING, M. C. V. M. **Aplicação de foto-fenton solar em efluente têxtil visando à obtenção de água de reuso**. 2016. 135f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. UFMG, Belo Horizonte.
- VILAR, V. J. P. CAPELO, S. M. S. SILVA, T. F. C. V. BOAVENTURA, R. A. R. Solar photo-Fenton as a pre-oxidation step for biological treatment of landfill leachate in a pilot plant with CPCs. **Catalysis Today**, v.161, p. 228–234, 2011.
- UNESP. Tipos de Revisão de Literatura. Biblioteca Prof. Paulo de Carvalho Mattos – Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP Campus de Botucatu. 2015. Disponível em:< <http://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf>>. Acesso em:/ 25 setembro 2017.