

# ***Utilização de nanomateriais para o tratamento de águas contaminadas com fenol através do processo de fotocatalise***

## ***Parte I: Construção de um reator de fotocatalise***

PAULA PIRES DE QUADROS<sup>1</sup>  
RODRIGO RIBEIRO SILVA<sup>1</sup>  
LILIANA AMARAL FÉRIS<sup>2</sup>

### RESUMO

*Tecnologias eficientes e de custo acessível, com unidades compactas e que não geram resíduos constituem-se em alternativas muito atrativas ao setor industrial. Neste contexto, a presente pesquisa objetiva o desenvolvimento de nanomateriais para o tratamento de efluentes líquidos contendo fenol através de reações fotocatalíticas. Para realização dos ensaios em batelada, um reator de escala laboratorial foi projetado e construído. Este trabalho apresenta o dimensionamento do reator, o qual baseou-se no volume de efluente a ser tratado por batelada experimentalmente e na especificação das lâmpadas UV (ultravioleta) para a capacidade de remoção de poluente em estudo e na resistência e durabilidade do material empregado. Estes estudos são inovadores no Brasil, já que a maior parte das técnicas empregadas para a remoção de fenóis empregam processos biológicos.*

**Palavras-chave:** efluentes, fotocatalise, ultravioleta, fenol.

---

<sup>1</sup> Acadêmico(a) do Curso de Engenharia Ambiental/ULBRA  
- Bolsista PROICT/ULBRA

<sup>2</sup> Professora – Orientadora do Curso de Engenharia

Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia: Energia, Materiais e Ambiente/ULBRA  
(laferis@ulbra.br)

## ABSTRACT

*Economic accessible and efficient wastewater treatment technologies are very attractive to industrial field. Also, compact units which do not generate a large volume of solid waste are also a potential alternative. In this way, the aim of this project is the nanomaterials development by photocatalytic reaction and this work shows the first part of the research. A glass reactor system was dimensioned for bench scale experiments and built, considering the effluent characteristics and volume and the UV lamps specification for phenol removal. This is an innovative research in Brazil, since the most applied technologies are based on conventional biologic processes.*

**Key words:** *effluent, photocatalysis, UV, phenol.*

## INTRODUÇÃO

A grande geração de efluentes pelos diversos segmentos industriais e o seu descarte indiscriminado em corpos de água tem sido motivo de grande preocupação por parte da população e dos órgãos de fiscalização ambiental. As águas contaminadas provenientes dos processos produtivos, quando não tratadas adequadamente podem causar impactos significativos ao meio ambiente a curto e a longo prazo.

De acordo com a lei dos crimes ambientais (9.605/98), a indústria que comete irregularidades com relação à emissão de efluentes, causando poluição ou contaminação dos cursos d'água, responde por processo administrativo, que pode penalizar com multas, paralisação ou até mesmo o encerramento das atividades (Revista Gerenciamento Ambiental, 2004).

Os efluentes apresentam características qualitativas e quantitativas diversificadas. Dependendo da natureza do processo industrial, seus efluentes podem conter elevadas concentrações de matéria orgânica, sólidos em suspensão, metais pesados, compostos tóxicos, microrganismos patogênicos, substâncias teratogênicas,

mutagênicas e cancerígenas (PHILIPPI JR. & PELICIONI, 2005).

Cabe ressaltar que, o fato das empresas adequarem seu modelo de gestão e operação buscando a sustentabilidade de suas atividades e respeitando o meio ambiente é uma condição determinada pelas novas exigências de mercado e pelas legislações cada vez mais restritivas (SANT'ANNA et al., 2003). Porém, o principal problema não está somente no volume de efluente gerado diariamente pelas indústrias e sim na concentração dos contaminantes.

Entre os diversos poluentes existentes, compostos fenólicos tem sido alvo de estudos em razão das crescentes exigências da sociedade com respeito à qualidade dos recursos hídricos (LUNA, 2000). Efluentes contendo fenol merecem atenção especial, pois se destacam pela elevada toxicidade e odor desagradável.

A maior parte das técnicas empregadas para a remoção de fenóis consiste em processos biológicos, os quais apresentam elevados tempos de residência de tratamento e níveis insuficientes de remoção de poluentes para atender aos padrões de descarte estabelecidos pela legislação

brasileira. Fato que pode ser explicado devido sua ação biocida, que inibe os processos biológicos de tratamento e, conseqüentemente, prejudica a eficiência de degradação.

Entre as diversas técnicas existentes para o tratamento de águas contaminadas, a fotocatalise surge como alternativa tecnicamente viável para a remoção de contaminantes orgânicos. Segundo Coleman et al. (2005) a fotocatalise heterogênea envolve a ativação de um sólido semiconductor, sob a forma de finas partículas em suspensão ou aderido a um suporte, por luz solar ou artificial. O princípio consiste na geração de radicais livres hidroxila (OH), que são capazes de mineralizar poluentes orgânicos a formas não tóxicas, como CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O (SURI et al. apud FERREIRA & DANIEL, 2004).

A grande vantagem é que devido os radicais hidroxila serem altamente oxidantes, reagem com grande variedade de compostos orgânicos e promovem sua mineralização para compostos não-tóxicos como gás carbônico e água. Por este motivo, ao contrário de muitos tratamentos convencionais, este processo não gera resíduos ou lodo.

Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo geral investigar e testar uma nova classe de fotocatalisador com performance elevada para o tratamento de efluentes contendo fenol através de reações de fotocatalise.

Esta pesquisa está dividida em diferentes etapas, sendo que os objetivos específicos da primeira etapa da pesquisa consistiram em projetar e construir um reator em escala laboratorial

para a realização dos ensaios de fotocatalise, com capacidade para tratar 2 litros de efluente contendo fenol. A realização dos ensaios de fotocatalise em batelada, o estudo da concentração de catalisador, do tempo de residência da reação fotocatalítica e da variação na concentração de fenol no efluente fazem parte da segunda etapa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi realizada revisão bibliográfica com o objetivo de levantar dados sobre a problemática do fenol e a aplicabilidade de reações fotocatalíticas no tratamento de substâncias orgânicas. O Standart Methods foi utilizado como referência de metodologia de determinação da concentração de fenol.

O estudo da seleção dos materiais empregados na construção do reator foi etapa fundamental para a escolha de materiais resistentes à oxidação e temperatura, considerando custo e viabilidade técnica.

A finalização desta primeira etapa do projeto consistiu na construção dos equipamentos e montagem do reator de fotocatalise.

## RESULTADOS

O reator de fotocatalise em escala laboratorial foi projetado e construído para a realização dos ensaios em batelada na próxima etapa do projeto (Figura 1).



**Figura 1-** Reator de fotocátalise.

O equipamento construído é formado por: reator de vidro, câmara de inox, difusor de ar, lâmpadas ultravioleta, agitador mecânico, medidor de fluxo e cilindro de oxigênio.

No reator de vidro será colocado o efluente para remoção do fenol através de reações fotocatalíticas (Figura 2). Para agitação do

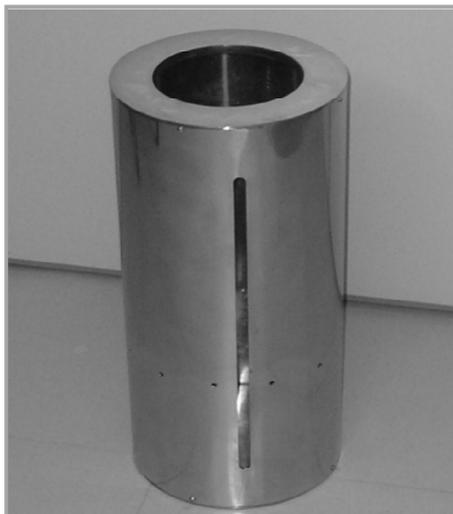
efluente e homogeneização do catalisador no interior do reator de vidro foi utilizado um agitador mecânico marca Fisaton modelo 722D com potência de 255W 115V ou 230V 60HZ; mandril vazado de diâmetro 10mm e haste de 600mm de comprimento com hélice tipo naval diâmetro 80mm; tacômetro digital para indicação da rotação (RPM).



**Figura 2** - Reator para ensaios de fotocátalise. Cilindro de vidro borossilicato graduado com capacidade para tratar 2L de efluente.

A câmara de inox tem como finalidade proteção ao reator de vidro e suporte as 12 lâmpa-

das ultravioletas instaladas radialmente em seu interior (Figura 3).



**Figura 3** - Câmara em aço inox, onde serão instaladas as lâmpadas ultra-violeta. Dados construtivos: diâmetro Interno: 19 a 25 mm; altura: 410 a 425 mm; espessura: 2 mm; abertura superior: 125 a 135 mm.

As 12 lâmpadas UV utilizadas para fornecimento de radiação artificial são comerciais e

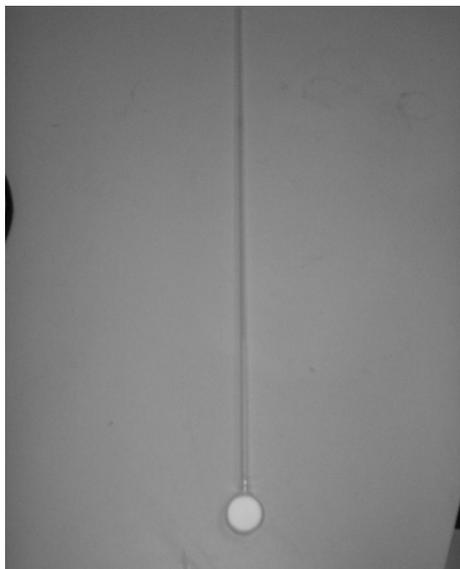
foram instadas no interior da câmara de inox (Figura 4).



**Figura 4** - Lâmpadas ultravioleta 8 Watts.

Diâmetro: 15 mm; comprimento: 300 mm. De forma a facilitar a dissolução de oxigênio no efluente e acelerar a reação de fotocatalise, foi construído

um difusor de ar em vidro borossilicato (Figura 5). Como fonte de oxigênio foi adquirido um cilindro de oxigênio 99% de pureza, marca Air Product.



**Figura 5** - Difusor de ar em vidro borossilicato. Dados construtivos. Haste: comprimento: 450 mm; diâmetro: 5 mm;

O medidor de fluxo utilizado tem por objetivo o controle do fluxo de oxigênio introduzido

no interior do efluente através do difusor de ar (Figura 6).



**Figura 6** - Medidor de fluxo marca Moriya. Vazão: 0 a 5 L/min.

## CONCLUSÕES

Os dados de especificação, construção dos equipamentos e a montagem do reator de fotocatalise constituem os resultados da primeira etapa do projeto.

Observa-se que para a realização do dimensionamento do reator de fotocatalise foram extremamente significativos os seguintes parâmetros: volume diário de efluente a ser tratado experimentalmente; especificação das lâmpadas UV (ultravioleta); resistência, durabilidade do material empregado e custos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ULBRA, ao Laboratório de resíduos; a todos os profissionais envolvidos, à Universidade Queensland (Austrália) e ao CEPPEP.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COLEMAN et al. Bactericidal effects of titanium dioxide-based photocatalysts.

*Chemical Engineering Journal*, v.113, p.55-63, 2005.

FERREIRA, I. V. L.; DANIEL, L. A fotocatalise heterogênea com  $TiO_2$  aplicada ao tratamento de esgoto sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.9, n. 4, p.335-342, out./dez. 2004.

LUNA, Airtón José. **Estudo cinético da oxidação úmida catalítica do fenol em um reator a leito de lama**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000.

PHILIPPI JR., A.; PELICIONI, M.C.F. **Educação ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: Editora Manole, 2005. (Coleção Ambiental).

REVISTA GERENCIAMENTO AMBIENTAL. Efluentes Industriais: Experiências de sucesso. São Paulo: BJ Moura Editora Ltda., ano 6, n.31, 2004.

SANT'ANNA, F.S.P.; PALUDO, D.; QUADROS, M.E. Gestão Ambiental: o reuso de águas na indústria hoteleira. In: FRANKENBERG, C. L. C.; RAYARODRIGUEZ, M. T.; CANTELLI, M. (Orgs.). **Gestão Ambiental Urbana e Industrial**. 1. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p.188-200.