

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-061 – AVALIAÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE TRATAMENTO PARA REMOÇÃO DE FENOL PRESENTE EM EFLUENTES INDUSTRIAIS

Laerte de Medeiros Barros Júnior⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestre em Engenharia Química pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Química (PPGEQ/UFRN). Doutorando em Engenharia Química pelo PPGEQ/UFRN.

Márcio Silva Bezerra⁽²⁾

Aluno de Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Gorete Ribeiro de Macedo⁽³⁾

Engenheira Química com Doutorado em Engenharia Bioquímica pela Escola Politécnica da USP. Professora do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Endereço⁽¹⁾: Rua Padre Menezes, Condomínio Lara, Apt. 202 Bloco A, 1957 – Candelária – Natal – RN – CEP: 59064-120 - Brasil - Tel: (84) 206-2540

laerte@eq.ufrn.br

RESUMO

Atualmente observa-se uma crescente preocupação com a proteção do meio ambiente, fato este particularmente motivado pelo estabelecimento de uma legislação mais elaborada, assim como devido a uma maior conscientização da população a respeito dos riscos decorrentes de uma poluição ambiental descontrolada. Fenol é um substrato tóxico e inibitório para os microrganismos, mas pode servir como fonte de carbono para uma biomassa adaptada. Uma das consequências da presença de compostos recalcitrantes no tratamento biológico de efluentes é a instabilidade do processo que pode levar à "lavagem" de organismos efetivos, podendo ocasionar a falha do sistema biológico. Por este motivo, a remoção de fenol presente em águas residuárias tem sido, cada vez mais, objeto de atenção no estudo de controle de poluição de águas. Este trabalho tem como objetivo avaliar a remoção de fenol através de processos biológico e fotoquímico-biológico. Os resultados mostraram que o processo fotoquímico – biológico foi o mais eficiente na degradação do fenol, apresentando eficiências de remoção de 95,6% e 80,1% para concentrações iniciais de 60 mg/L e 1000 mg/L de fenol, respectivamente, enquanto o processo biológico obteve uma eficiência máxima de remoção de somente 49,61% para uma vazão de 0,13 g de fenol/dia. A utilização do processo fotoquímico como pré-tratamento para diminuição da toxicidade do efluente para posterior tratamento biológico, demonstrou ser viável na remoção de fenol presente em efluentes industriais.

PALAVRAS-CHAVE: Fenol, Fotoquímica, Lodos Ativados, Tratamento.

INTRODUÇÃO

No decorrer deste século, vários tipos de tratamento de efluentes industriais foram desenvolvidos e aperfeiçoados com a finalidade de atenuar a poluição causada pelo lançamento de águas residuárias industriais em corpos d'água receptores. Com o desenvolvimento de novas tecnologias, os efluentes provenientes das indústrias vêm sofrendo constantes alterações em suas composições, através da inclusão de grande número de compostos químicos utilizados ou gerados na linha de processamento industrial (Costa, 1999).

A remoção de fenol presente em águas residuárias tem sido, cada vez mais, objeto de atenção no estudo de controle de poluição de águas. Este composto deve ser removido em níveis aceitáveis pela legislação ambiental devido à demanda

de oxigênio, geração de maus odores, toxicidade à vida aquática, além de causar a eutrofização, modificando a biota e criando um desequilíbrio na cadeia da vida aquática.

O processo fotoquímico tem se apresentado nos últimos anos como uma importante alternativa em tecnologias aplicadas ao meio ambiente através de processos de degradação de substâncias orgânicas em efluentes líquidos e gasosos. No tratamento de efluentes líquidos, a sua aplicação nas indústrias está aumentando, principalmente como um processo de pré-tratamento para diminuir a toxicidade e posterior tratamento biológico.

Até o momento, os métodos de tratamento biológico constituem o processo mais econômico de tratamento secundário de efluente hídrico, sendo um exemplo clássico de aplicação bem sucedida, de processo em grande escala na área de biotecnologia, resultante da aplicação de conhecimentos coordenados da engenharia e da microbiologia (Santiago, 1985).

Este trabalho tem com objetivo avaliar o desempenho do processo biológico, com lodo em fase de adaptação, com relação ao processo combinado: pré-tratamento fotoquímico com posterior tratamento biológico, para remoção de fenol presente em efluentes industriais, de modo a produzir um efluente de acordo com os limites máximos de descarga impostos pela legislação em vigor (CONAMA 20).

MATERIAIS E MÉTODOS

Teste de Estanqueidade

Testes de estanqueidade do sistema biológico foram realizados para a garantia das condições hidráulicas, preenchendo-se com água todas as unidades constituintes, de modo a impedir a variação dos parâmetros operacionais estabelecidos, tais como: idade do lodo, vazões de alimentação, de descarte e de recirculação, que influenciam diretamente nos resultados finais do trabalho.

Despejo Sintético

Uma solução sintética de micronutrientes de concentrações conhecidas e facilmente reproduzíveis, contendo fenol como composto tóxico, foi utilizado como afluente do sistema de lodo ativado (Tabela 1).

Tabela 1: Composição do Efluente Sintético (g/m³) (Xiong et al., 1998)

MgSO ₄ .7H ₂ O	41,7
KH ₂ PO ₄	25,3
NaHCO ₃	37,5
CaCl ₂	28,3
NH ₄ Cl	23,8
Fenol	60

Processo Fotoquímico

O reator fotoquímico empregado é anular, com um volume líquido de 1 L. Uma pressão média da lâmpada de vapor de mercúrio de 550W foi utilizada como fonte de luz. Uma jaqueta de vidro de borossilicato foi utilizada para recircular água com a finalidade de resfriar a lâmpada. O reator fotoquímico foi conectado a um tanque de recirculação, com um volume de 1,5 L. Uma bomba centrífuga foi usada para recircular o meio reacional, a uma taxa de fluxo de cerca de 1,5 mL/min. A temperatura do tanque foi controlada por um banho termostático a 30°C, recirculando água na jaqueta. A bomba peristáltica foi usada para adicionar uma solução de peróxido de hidrogênio no sistema a uma vazão fixa e desejada.

A solução sintética de fenol com diferentes concentrações (60 e 1000 mg/L) foi colocada no tanque de recirculação. O pH da solução foi ajustado para 3, pela adição de pequenas quantidades de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄). A reação iniciou pela adição simultânea das soluções de FeSO₄.7H₂O (1mM) e H₂O₂ (100mM).

Duas mostras, 5 mL cada, foram retiradas uma vez por dia e adicionado um agente inibidor em cada uma delas. Este procedimento foi realizado para interromper uma possível degradação residual. Após a adição do inibidor, a amostra foi filtrada (0,22 µm Durapore membrane, Millipore) para remover íons ferro precipitados. O desempenho do reator será avaliado pelo monitoramento da Demanda Química de Oxigênio (DQO) e do Carbono Orgânico Total (COT). O sistema experimental é mostrado na Figura 1.

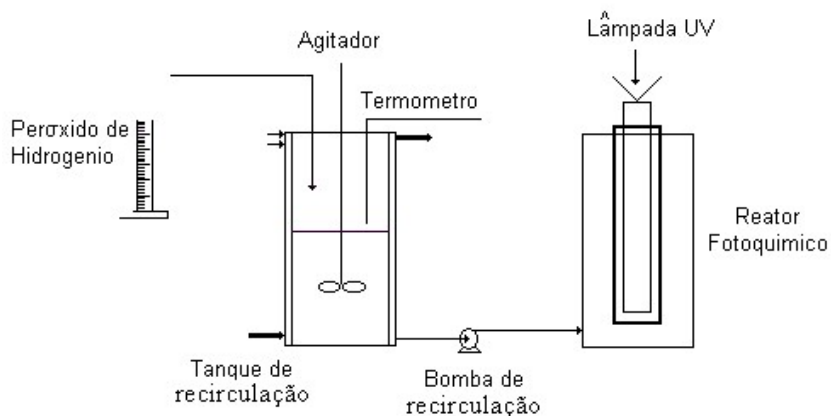


Figura 1: Esquema do Reator Fotoquímico

Processo Biológico

Um sistema de lodo ativado, operando de modo contínuo, consistindo de um tanque aerado com um volume de 5 L conectado a um decantador de 3 L, foi utilizado durante todo o período experimental. Uma bomba peristáltica foi utilizada para alimentação do reator e recirculação do lodo do decantador para o tanque aerado, caracterizando uma recirculação de 1:1. Ar foi fornecido através de pedras porosas do tipo utilizadas em aquários. O afluente consistia de uma solução sintética de fenol (60mg/L). Um lodo de uma Refinaria de Petróleo foi utilizado como inóculo para o sistema de lodo ativado (Figura 2).

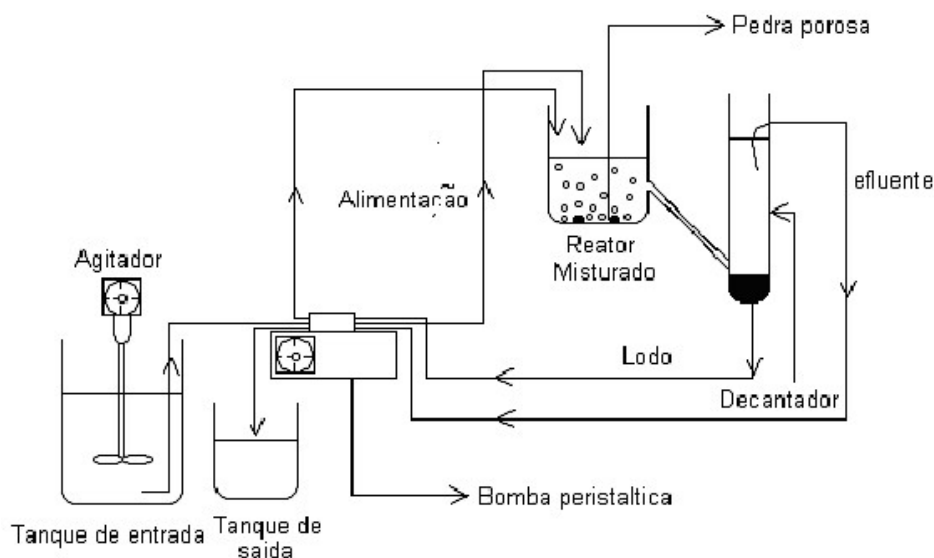


Figura 2: Sistema de Lodo Ativado

Métodos Analíticos

O desempenho dos processos foi acompanhado através de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) e Carbono Orgânico Total (COT). A coleta, a preservação das amostras e as determinações analíticas dos parâmetros físico-químicos foram conduzidas de acordo com os procedimentos descritos no "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA, 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa do estudo foi constituída de experimentos de degradação de fenol por processo biológico, sendo realizada durante 9 dias, com a utilização de um lodo de uma Refinaria de Petróleo como inóculo para o sistema de lodos ativados. As condições experimentais para este processo são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2: Condições Experimentais.

Volume do Reator	5 L
Tempo de detenção hidráulico (TDH)	37.8 h
Concentração de oxigênio dissolvido(OD)	6.5 mg/L
Temperatura	25 °C
Sólidos Suspensos Totais (SST)	2944-5868 mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis(SSV)	2560-5320 mg/L

A Figura 3 apresenta a eficiência de remoção de fenol em função do período estudado. Nestes experimentos foi aplicada uma vazão de 0,13 g de fenol/dia.

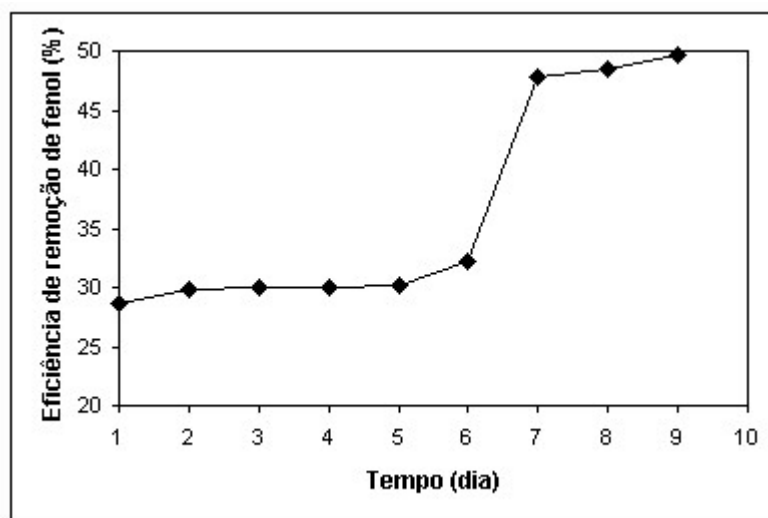


Figura 3: Eficiência de Remoção de Fenol para o Sistema de Lodo Ativado

Os resultados obtidos mostram que a degradação biológica de fenol apresentou um baixo rendimento. A eficiência máxima de remoção de fenol (E_{max}) foi de 49,61%, o que demonstra o efeito tóxico da utilização de uma vazão mássica de 0,13g de fenol/dia.

A Figura 4 mostra a variação da concentração de SSV e SST no interior do tanque de aeração para o sistema de lodo ativado.

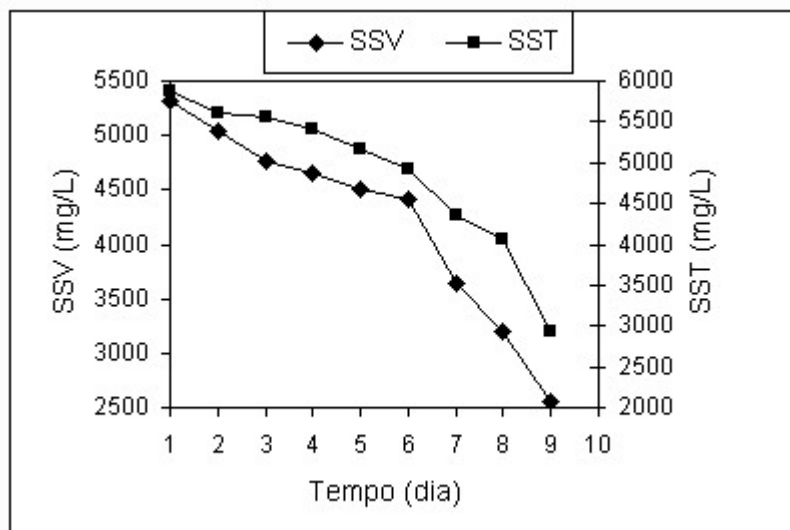


Figura 4: Variação da concentração de SSV e SST no tanque de aeração

As concentrações de SSV e SST no interior do tanque de aeração apresentaram uma tendência decrescente ao longo do período estudado. Provavelmente, ambas as diminuições foram ocasionadas pela má flocculação do lodo biológico devido ao efeito tóxico da aplicação de uma vazão mássica de 0,13 g de fenol/dia ao lodo biológico, o que ocasionou a perda de sólidos pelo efluente final.

A segunda etapa deste trabalho consistiu na determinação da eficiência do processo combinado fotoquímico-biológico (E) para diferentes concentrações de fenol (60 e 1000 mg/L). A Figura 5 apresenta a variação da eficiência de remoção do fenol em função do tipo de processo utilizado.

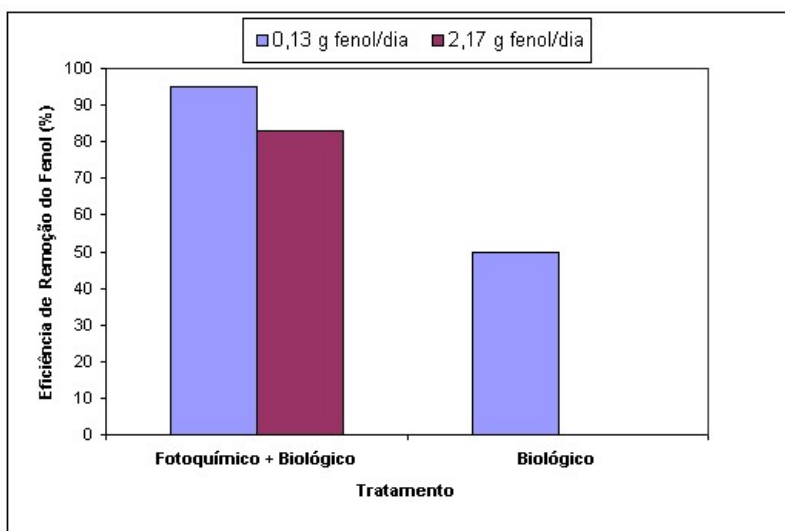


Figura 5: Variação da eficiência de remoção do fenol em função do tipo de processo utilizado

Os resultados obtidos mostram que a utilização do processo combinado fotoquímico – biológico forneceu elevadas eficiências de degradação do fenol. Para uma vazão de 0,13g fenol/dia, o processo fotoquímico-biológico foi responsável pela remoção de 95,63% do fenol utilizado inicialmente. Para uma vazão de 2,17g fenol/dia, o processo fotoquímico-biológico foi responsável pela remoção de 80,31% do fenol utilizado inicialmente.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, no conjunto de ensaios iniciais, mostraram que o processo biológico, utilizando um lodo não adaptado, apresentou baixa eficiência na remoção do fenol, enquanto o processo combinado fotoquímico – biológico apresentou elevada eficiência na degradação de fenol para as diferentes concentrações iniciais estudadas nesta etapa do trabalho. Demonstrando assim que, entre estas duas estratégias adotadas, a combinação dos dois processos: fotoquímico e biológico, apresentou maior potencial para remoção de fenol presente em efluentes industriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for examination of water and wastewater. 18 ed. Washington D.C., 1992 1316p.
2. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20, 18/06/1986.
3. COSTA, A. J. M. P. Estudo de tratabilidade de água residuária sintética simulando despejo líquido de coquerias. 1999. 207f. Tese (Doutorado em Engenharia), Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo. São Paulo.
4. SANTIAGO , V. M. Tratamento biológico em efluente de refinaria. Estudo em escala piloto. In: 13º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 38f, 1985, Maceió.
5. XIONG, X.; HIRATA, M.; TAKANASHI, H., LEE, M.; HANO, T. Analysis of acclimation behavior against nitrification inhibitors in activated sludge processes. Journal of Fermentation and Bioengineering, v. 86, n. 2, p. 207-214. 1998.