



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

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

II-111 – COMPARAÇÃO DE UM EFLUENTE SINTÉTICO COM UM EFLUENTE REAL DO PROCESSO DE BRANQUEAMENTO DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE QUANDO SUBMETIDOS A UM PROCESSO DE TRATAMENTO ANAERÓBIO

Thiago José Momenti⁽¹⁾

Químico com Atribuições Tecnológicas pelo Instituto de Química de São Carlos (IQSC/USP). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutorando em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

Eduardo Cleto Pires

Engenheiro Mecânico formado pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Presidente da Comissão do Programa de Aperfeiçoamento do Ensino da EESC/USP. Membro do Conselho do Departamento

Endereço⁽¹⁾: Rua Américo Jacomino Canhoto, 223 – Apto 41-1 – Jardim Nova Santa Paula – São Carlos – SP - CEP: 13564350 - Brasil - Tel: (16) 33068954



tmomenti@sc.usp.br

RESUMO

A necessidade de produção de papel por processos ambientalmente corretos é um grande desafio. A polpa celulósica branqueada gera um dos efluentes mais problemáticos e estudados atualmente. O tipo de efluente gerado na planta de branqueamento é mais importante que a quantidade gerada. O efeito da DBO no corpo receptor desse resíduo não é o principal problema, o problema está na geração dos compostos organoclorados, que estão dissolvidos nesse efluente. Muitas substâncias desse grupo são tóxicas e também podem ter efeitos carcinogênicos e mutagênicos. O estudo desse tipo de efluente em sistemas de tratamento biológicos é de extrema importância e é tema de diversos trabalhos científicos. Entretanto há algumas dificuldades relacionadas com a variabilidade de composição, a obtenção, o manuseio e o armazenamento de amostras desse tipo de efluente em laboratórios de pesquisa. O objetivo desse trabalho foi, portanto, obter um efluente sintético em escala laboratorial, sob condições controladas, que pudesse simular o comportamento de um efluente gerado em uma planta de branqueamento, quando em um sistema de tratamento biológico. Para isso, partiu-se de uma amostra de polpa celulósica não-branqueada e realizou-se a etapa de branqueamento no laboratório sob condições semelhantes às industriais, obtendo-se assim o efluente desejado, que foi chamado de Efluente Sintético. A comparação foi realizada através da caracterização físico-química deste efluente e de um efluente de uma planta industrial de branqueamento, chamado de Efluente Industrial. Reatores anaeróbios operando em batelada foram utilizados para a avaliação do comportamento destes efluentes no sistema de tratamento biológico. Observou-se que o comportamento de ambos os efluentes pôde ser considerado semelhante. A avaliação foi feita através do acompanhamento da produção de gás metano e eficiências de remoção de DQO e AOX.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento Biológico Anaeróbio, Papel e Celulose, Branqueamento, Efluente Sintético.

INTRODUÇÃO

A produção do papel gera significativas quantidades de águas residuárias, aproximadamente 60 m³/ton de papel produzido, mesmo quando se utiliza as mais modernas e eficientes técnicas operacionais (THOMPSON et al, 2001).

Segundo SHIMP & OWENS (1993), uma típica indústria de celulose *kraft* (1000 t/dia) pode despejar um montante equivalente ao esgoto doméstico de uma cidade de 120 mil habitantes.

A planta de branqueamento na indústria de papel e celulose é a principal fonte de poluição. Nos efluentes gerados nesse processo encontram-se compostos clorados derivados da lignina e dos carboidratos, constituintes da madeira, os chamados compostos organoclorados, que são considerados muito tóxicos, de difícil caracterização e de massa molecular variável.

O estudo desses efluentes em um sistema de tratamento biológico é de grande importância quando se pretende adotar medidas para reduzir a poluição gerada. Entretanto, uma caracterização desse efluente é extremamente complexa, já que os compostos presentes podem variar muito de uma amostra para outra. Esta variabilidade é um dos fatores complicantes no desenvolvimento de projetos de pesquisa que utilizam esses efluentes. Além disso, a necessidade de obtenção de amostras desse tipo de efluente, geralmente encontra problemas relacionados ao seu transporte, manuseio e armazenamento, devido a toxicidade deste efluente.

A obtenção de um efluente sintético do processo industrial de branqueamento da polpa celulósica, em laboratório e sob condições controladas, e a sua comparação com um efluente real do processo industrial, quando submetido a um processo de tratamento biológico, pode gerar resultados no sentido de diminuir essas dificuldades encontradas no desenvolvimento de projetos de pesquisa que utilizam esse tipo de efluente como substrato.

MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de branqueamento

Para a realização do processo de branqueamento no laboratório foi empregada uma amostra de polpa *kraft* não branqueada. Na primeira etapa do processo de branqueamento, utilizou-se dióxido de cloro (D) e em seguida realizou-se uma etapa de extração alcalina (E) com hidróxido de sódio. Essa foi a sequência escolhida devido as possibilidades encontradas no laboratório de pesquisa e pela semelhança com a sequência usada na indústria fornecedora das amostras de efluentes. A amostra de efluente gerado no laboratório foi chamada de "Efluente Sintético". A amostra de efluente real, fornecida pela fábrica, foi chamada de "Efluente industrial".

Caracterização dos efluentes

Após a obtenção dos efluentes desejados, realizou-se uma caracterização dessas amostras (Efluente Sintético e Efluente Industrial), através de análises DQO, sólidos, cor, pH, alcalinidade, ácidos voláteis, cloretos, fosfatos, nitrogênio, metais e AOX.

Avaliação do comportamento dos efluentes nos reatores anaeróbios

Após a caracterização dos dois efluentes, submeteu-se as amostras a um processo de tratamento biológico, reatores anaeróbios operando em batelada. Esse tratamento foi realizado objetivando uma comparação dos comportamentos desses efluentes quando submetidos a um tratamento anaeróbio.

Frascos de vidro com tampas de borracha de 1L foram utilizados como reatores. Esses frascos foram inoculados com lodo anaeróbio granulado proveniente de um reator UASB, do qual foram feitos exames de microscopia óptica para verificar a diversidade de microrganismos capazes de promover a digestão anaeróbia.

O inóculo e os efluentes de interesse foram adicionados nos reatores na proporção 10 e 90% em volume, respectivamente. O *head-space* nos reatores foi de 50% do volume total do reator.

Os frascos-reatores foram então posicionados em uma incubadora com agitação. A temperatura foi selecionada para 30° C e a agitação para 150 rpm. Com isso foi possível manter as mesmas condições ambientais de operação para todos os reatores.

O monitoramento dos sistemas foi realizado através de determinações da produção de biogás, a porcentagem de gás metano (CH₄), no *head-space* de todos os reatores.

Durante os 47 dias de monitoramento dos sistemas, foram escolhidos 6 dias em que dois frascos (um operando com o Efluente Sintético e o outro com o Efluente Industrial) eram abertos após a análise da porcentagem de gás metano e analisados.

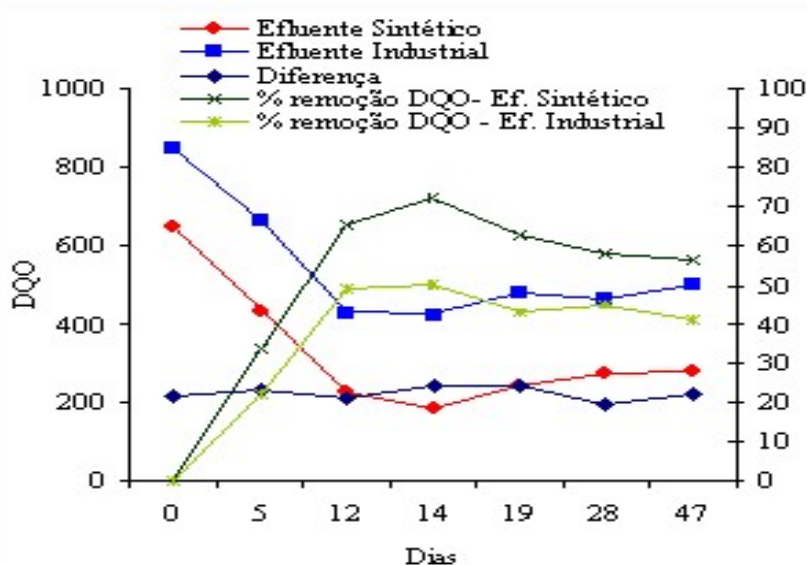
Com os efluentes tratados, foram realizadas análises para avaliação da eficiência do sistema de tratamento. As análises realizadas foram DQO, pH, alcalinidade, ácidos voláteis e AOX. Foram realizados também exames de microscopia óptica com amostras do lodo dos reatores.

RESULTADOS

Pelos resultados obtidos pode-se perceber que ocorreu uma remoção de DQO dos efluentes. As remoções obtidas foram 46,8% para o Efluente Industrial e 63,1% para o Efluente Sintético.

A Figura 1 mostra uma comparação do comportamento em relação ao parâmetro DQO, para ambos os sistemas de reatores. Pode-se perceber pelas tendências das curvas, que apesar de os sistemas terem partido de concentrações de DQO diferentes, 866mg/L para o Efluente Industrial e 649mg/L para o Efluente Sintético, o comportamento foi semelhante quanto a remoção de DQO e eficiência dessa remoção. Para melhor observar esse comportamento, verificou-se a diferença dos valores obtidos desse parâmetro em todos os pontos, para os dois efluentes. Esse resultado pode ser observado na curva intitulada "diferença". Observa-se que esta tem um comportamento praticamente constante, o que indica uma diferença constante entre os valores de DQO nos efluentes.

Figura 1: Comparação do comportamento dos sistemas – DQO.



Foi realizado também um ajuste dos dados experimentais de DQO, aplicando-se um modelo cinético de primeira ordem com residual para sistemas em batelada com volume constante. O ajuste cinético (Figuras 2 e 3) dos dados experimentais forneceu a constante cinética de primeira ordem (k) para o processo de remoção de DQO para os dois sistemas de reatores estudados. E os resultados foram $k = 0,200 \pm 0,07 \text{ dia}^{-1}$ para o Efluente Industrial e $k = 0,212 \pm 0,07 \text{ dia}^{-1}$ para o Efluente Sintético. Os valores das constantes cinéticas muito próximos confirmam que o comportamento de ambos os efluentes, quanto a remoção de DQO, foi semelhante.

Pode-se observar a produção de gás metano dos sistemas na Figura 2. Da mesma forma que o comportamento quanto à DQO, observa-se que a produção desse gás, seguiu um comportamento semelhante para ambos os efluentes, mesmo obtendo-se proporções máximas diferentes. A porcentagem média de gás produzido no sistema operando com o Efluente Industrial foi 24,5% e 37,1% com o Efluente Sintético. Essa diferença foi devida provavelmente à diferença de concentração de compostos tóxicos, como nas concentrações de AOX observadas nos efluentes. Segundo SPEECE (1996), os efluentes provenientes do processo de branqueamento têm um efeito inibitório nas células metanogênicas, devido principalmente a presença desses compostos organoclorados.

Verificou-se também a diferença desse parâmetro para os dois efluentes. O resultado pode ser observado na curva intitulada "Diferença" na Figura 4. Observa-se que a curva obtida foi praticamente constante, o que indica uma diferença constante entre os valores desse parâmetro nos efluentes, e comprova que o comportamento dos sistemas foi semelhante.

Figura 2: Ajuste cinético dos dados experimentais de DQO aplicando modelo cinético de primeira ordem com residual, para o Efluente Industrial.

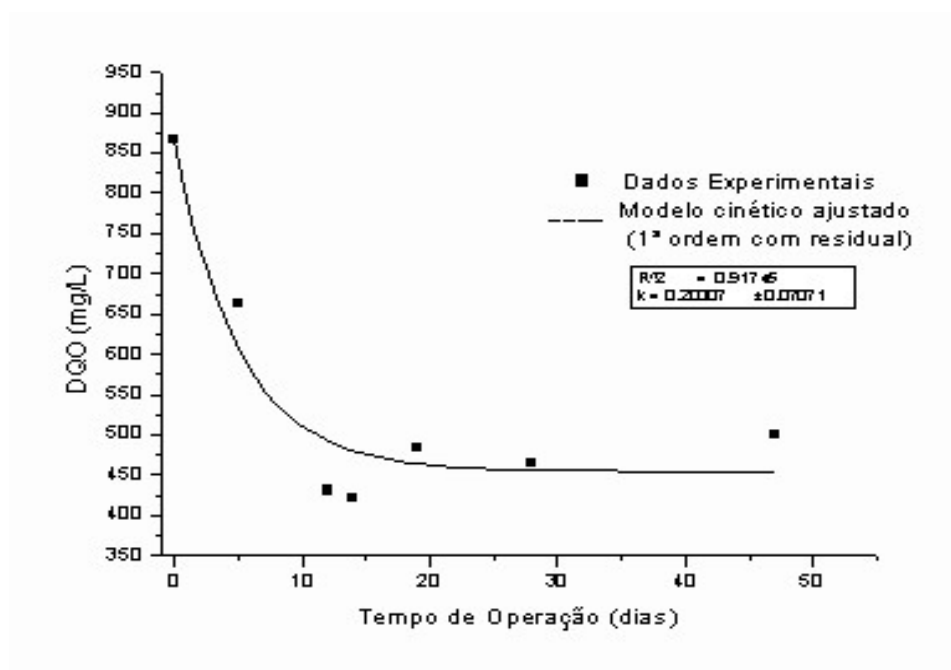
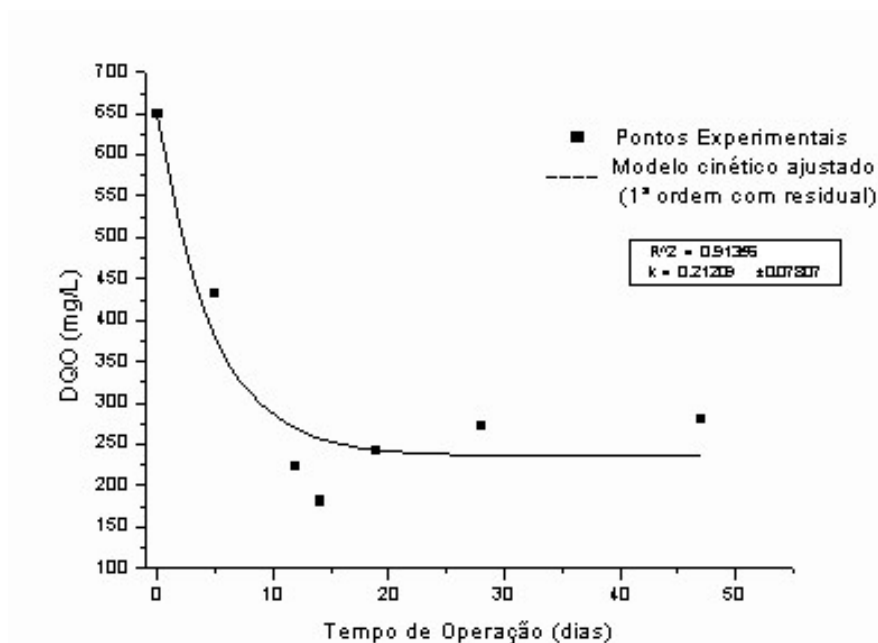


Figura 3: Ajuste cinético dos dados experimentais de DQO aplicando modelo cinético de primeira ordem com residual, para o Efluente Sintético.



A Figura 5 mostra o comportamento dos sistemas quanto a remoção de AOX. Neste gráfico é possível observar uma comparação do comportamento dos dois efluentes. É fácil observar que o comportamento dos efluentes nos sistemas de tratamento empregados foram muito semelhante.

Os resultados das análises de AOX, indicaram que ocorreu uma grande remoção de AOX pelo sistema de tratamento biológico empregado. As eficiências médias de remoção para o Efluente Industrial e o Efluente Sintético foram 87,6 e

81,3%, respectivamente, de modo que, pode-se concluir que apesar de os sistemas partirem de concentrações de AOX diferentes, o índice de remoção foi muito semelhante.

A amostra de Efluente Sintético referente ao 12º dia de operação foi perdida durante o armazenamento para realização das análises de AOX (Figura 5).

Figura 4: Produção de gás metano (%).

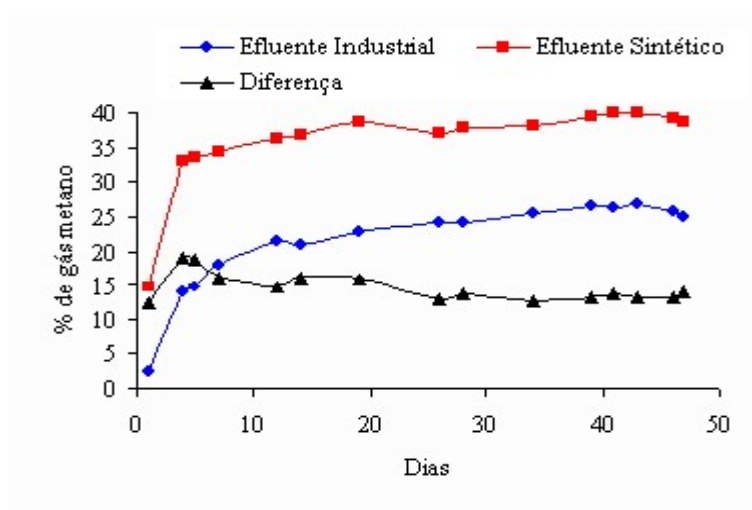
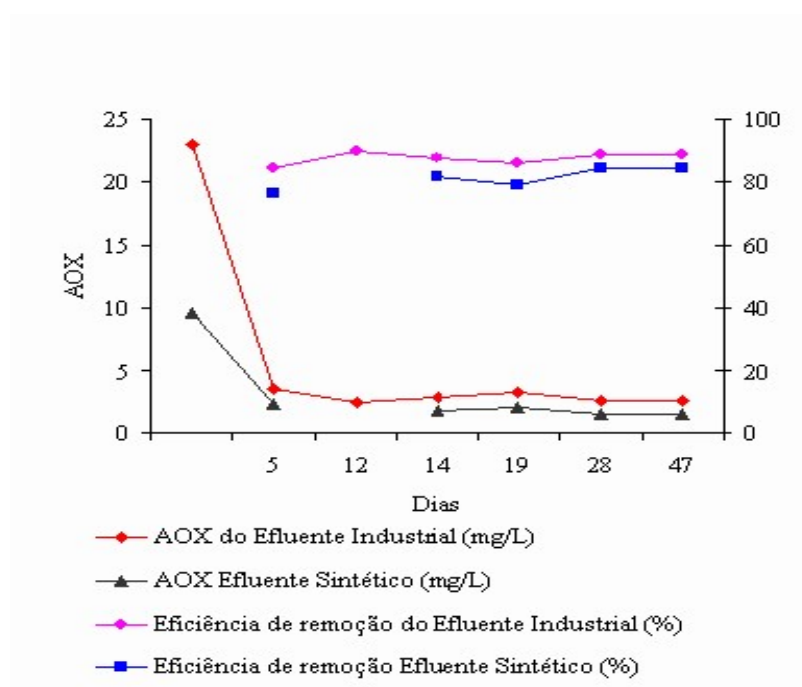


Figura 5: Comparação do comportamento dos sistemas – AOX



Quanto aos exames de microscopia óptica, estes indicaram que o lodo foi apropriado para ser utilizado como inóculo dos reatores, já que possuía os microrganismos necessários para que ocorresse a degradação anaeróbia do substrato. Foi possível também observar que não houve mudança na composição morfológica do lodo, ou seja, permaneceram os mesmos tipos de microrganismos durante os 47 dias de acompanhamento do experimento.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir desse trabalho que o comportamento do Efluente Sintético, preparado no laboratório, quando submetido a um processo de tratamento anaeróbio foi semelhante ao comportamento do Efluente Industrial, coletado de uma planta de branqueamento de uma indústria de papel e celulose.

Pode dizer também que foi desenvolvido um procedimento experimental simples para que se possa realizar o branqueamento de uma polpa celulósica em um laboratório de pesquisa e que mudanças no método podem ser estudadas e verificadas com o objetivo de melhorar os resultados desse trabalho. Para um trabalho futuro, pode-se sugerir a verificação do comportamento desse efluente sintetizado em outros sistemas de tratamento biológico, que não sejam os reatores anaeróbios em batelada. E também a realização de uma comparação desse efluente com outros efluentes industriais, provenientes de outras fábricas e que utilizem seqüências de branqueamento diferentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SHIMP, R. J.; OWENS, J. W. (1993). Pulp and paper technologies and improvements in environmental emissions to aquatic environments. *Toxicological and Environmental Chemistry*, v.40, p. 213-33.
2. SPEECE, R. E. (1996). *Anaerobic biotechnology for industrial wastewater*. Nashville Tennessee, Archae Press.
3. THOMPSON, G.; SWAIN, J.; KAY, M.; FORSTER, C. F. (2001). The treatment of pulp and paper mill effluent: a review. *Bioresource Technology*, v. 77, p. 275-86.